

**FERNANDA APARECIDA ALONGE MINUTTI**

**USO DE PENA DE GALINHA NA PRODUÇÃO  
DE PAINÉIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**



FERNANDA APARECIDA ALONGE MINUTTI

# USO DE PENA DE GALINHA NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação apresentada ao *Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo*, da *Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação*, da *Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"*, câmpus de Bauru, como parte dos requisitos para obtenção do título de *Mestre em Arquitetura e Urbanismo*.

Orientador: Prof. Dr. Obede Borges Faria.

Co-orientadora: Profa. Dra. Paula Valéria Coiado Chamma

BAURU  
2018

Minutti, Fernanda Aparecida Alonge.

Uso de pena de galinha na produção de painéis para construção civil / Fernanda Aparecida Alonge Minutti, 2018

110 p.

Orientador: Obede Borges Faria

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2018

1. Pena de galinha. 2. Resina uréia-formaldeído.  
3. Chapas de partículas. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. II. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de FERNANDA APARECIDA ALONGE MINUTTI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO.**

Aos 24 dias do mês de janeiro do ano de 2018, às 14:00 horas, no(a) Auditório Seção Técnica de Pós-graduação da FAAC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. OBEDE BORGES FARIA - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. JOAO ROBERTO GOMES DE FARIA do(a) Departamento de Arq Urb e Paisagismo / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicacao de Bauru, Profa. Dra. CRISTIANE INACIO DE CAMPOS do(a) Engenharia Industrial Madeireira e Engenharia de Produção / Campus de Itapeva, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de FERNANDA APARECIDA ALONGE MINUTTI, intitulada **USO DE PENA DE GALINHA NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. OBEDE BORGES FARIA



Prof. Dr. JOAO ROBERTO GOMES DE FARIA



Profa. Dra. CRISTIANE INACIO DE CAMPOS





## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a Deus, a meus pais e a meu marido, que me incentivaram em toda jornada e que me deram todo apoio para a sua realização.





## Agradecimentos

Agradeço inicialmente a Deus por ter me guiado e aberto portas para que eu chegasse a este lugar tão importante e com o qual sempre sonhei.

Agradeço imensamente a minha família, meus pais e meu marido *Rafael*, que estiveram ao meu lado e que sempre buscaram entender da melhor maneira possível os caminhos que trilhei para buscar o melhor possível. Em especial, a minha amada mãe *Rosa*, mulher em quem me apoiei e que me deu todo apoio e suporte para chegar ao fim desta tão difícil e importante parte da minha vida. A ela dedico todo o meu empenho, esforço, conhecimento e garra, pois sem ela eu não seria nada e não teria conseguido chegar tão longe. Mãe, você será sempre a responsável por tudo o que sou e que serei em minha vida, amo você.

A meu orientador *Obede Borges Faria*, que esteve ao meu lado e que pode compreender todos os momentos que passei e que sempre me guiou da melhor maneira possível para a realização deste trabalho. Agradeço também à minha co-orientadora *Paula Valeria Coiado Chamma*, por seu conhecimento.

A meus professores do Programa de Pós graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Bauru que me ofereceram todo seu conhecimento, direcionando-me aos melhores caminhos e que foram os mestres nos quais tomarei por base em minha vida.

A professora *Cristiane Inácio de Campos*, da UNESP-Campus Itapeva, que me permitiu a utilização de seu laboratório para a produção das chapas propostas nesta pesquisa, tornando-se por fim uma grande amiga e fonte inspiradora. Agradeço ainda à empresa DURATEX pelo fornecimento da resina ureia-formaldeído. Agradeço ainda a seu João Gotardi, amigo de tempos e que conseguiu que esse fornecimento acontecesse.

A todos que estiveram direta ou indiretamente ligados a minha pesquisa e que foram importantes para a sua realização.

E por fim, mas não menos importante, agradeço a meu querido avô *Miguel Pavanello*, que não está mais entre nós, mas que agradeço por ter passado parte da minha vida a seu lado e por ter me guiado com os melhores pensamentos e atitudes que alguém poderia ter tido. Hoje ofereço a conclusão desta pesquisa a ele e desejo que de onde esteja, possa sentir orgulho e muita alegria em me ver crescer e seguir minha carreira com muito amor, dedicação e uma preocupação com o futuro do planeta em que vivemos. Sem ele eu não poderia ser o que sou. Com toda certeza o amarei para sempre e o terei constantemente como um guia em minhas escolhas.



## RESUMO

MINUTTI, F. A. A. **Uso de pena de galinha na produção de painéis para construção civil**. 2018, 110 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2018.

O presente trabalho apresenta uma alternativa para a minimização do descarte atual, crescente e inadequado do resíduo agrônômico pena de galinha (*Chicken Feather*). Assim, foram estabelecidos parâmetros para gerar um novo produto, painéis de compósitos, com adição de resina ureia-formaldeído, visando verificar as propriedades e possibilidades de aplicação deste produto na construção civil. Ao longo do levantamento bibliográfico, notou-se que a pena de galinha é um tema ainda pouco explorado em pesquisas, traduzindo-se em uma lacuna a ser preenchida. Foi escolhida a resina ureia-formaldeído por ser um componente chave muito utilizado na indústria de chapas particuladas de madeira, o que facilitaria na avaliação comparativa de desempenho do novo compósito. Durante a realização da etapa experimental, constatando-se uma grande dificuldade na trituração das penas, optou-se por usá-las inteiras. Ao final desta etapa, a qualidade física das chapas foi insuficiente para a produção dos corpos de prova necessários à realização dos ensaios de caracterização física e mecânica, sendo direcionado aos ensaios de desempenho térmico, para aplicação deste compósito como isolante térmico em edificações. Com a realização destes ensaios, constatou-se o potencial de adequação do material para esta aplicação. Comparados com materiais para isolamento térmico existentes no mercado, os painéis com pena de galinha apresentaram desempenho compatível, bloqueando cerca de 20°C de temperatura entre uma face e outra. Desta forma, conclui-se que a pena de galinha é um resíduo agrônômico com considerável potencial de aproveitamento na produção de painéis, para uso como material isolante térmico em componentes para construção civil.

**Palavras Chave:** Pena de galinha. Ureia formaldeído. Compósitos. Chapa de partículas. Desempenho térmico.



## ABSTRACT

MINUTTI, F. A. A. **Use of chicken feathers in the production of panels for civil construction.** 2018, 110 p. Dissertation (Master in Architecture and e Urbanism) - School of Architecture, Arts and Communication, São Paulo State University "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2018.

The present work presents an alternative for the minimization of current, increasing and inadequate disposal of agronomic chicken feather residue. Thus, parameters were established to generate a new product, composite panels, with addition of urea-formaldehyde resin, in order to verify the properties and possibilities of application of this product in civil construction. Throughout the bibliographical survey, it was noticed that the feather of chicken is a subject still little explored in researches, translating into a lacuna to be filled. The urea-formaldehyde resin was chosen as a key component widely used in the wood particleboard industry, which would facilitate the comparative evaluation of the new composite performance. During the realization of the experimental stage, it was verified a great difficulty in the crushing of the feathers, it was chosen to use them whole. At the end of this stage, the physical quality of the panels was insufficient for the production of the test specimens necessary for the physical and mechanical characterization tests, being directed to the thermal performance tests, for the application of this composite as thermal insulation in buildings. With the accomplishment of these tests, it was verified the potential of suitability of the material for this application. Compared with existing insulation materials on the market, the panels with chicken feather showed compatible performance, blocking about 20°C of temperature between one face and another. Thus, it is concluded that the chicken feather is an agronomic residue with considerable potential for use in the production of panels, for use as thermal insulation material in components for civil construction.

**Keywords:** Chicken feather. Urea formaldehyde. Composites. Particle board. Thermal performance.



# SUMÁRIO

Capítulo 1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1 JUSTIFICATIVAS .....	22
1.2 OBJETIVOS .....	23
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	24
Capítulo 2. <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>25</b>
2.1 PENA DE GALINHA .....	27
2.1.1 Histórico .....	27
2.1.2 Definições .....	28
2.1.3 Tendências de mercado para consumo de carne de frango .....	35
2.1.4 Pesquisas com penas de galinha .....	39
2.2 RESINAS .....	42
2.2.1 Resina ureia-formaldeído .....	48
2.2.2 Resina poliuretano de mamona .....	50
2.3 COMPÓSITOS E FIBRAS NATURAIS / RESÍDUOS VEGETAIS .....	51
2.4 COMPÓSITOS E CONFORTO TÉRMICO .....	58
Capítulo 3. <b>ESTRATÉGIA METODOLÓGICA</b> .....	<b>63</b>
3.1 COLETA E PREPARAÇÃO DA PENA DE GALINHA .....	66
3.2 RESINA UREIA FORMALDEÍDO .....	68
3.3 PREPARO DAS MISTURAS .....	69
3.4 PRODUÇÃO DAS CHAPAS .....	71
3.5 PROCEDIMENOS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA .....	73
3.5.1 Ensaio de determinação de densidade .....	73
3.5.2 Ensaio de avaliação do desempenho térmico.....	74
Capítulo 4. <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>81</b>
4.1 PRODUÇÃO DAS CHAPAS .....	83
4.2 DENSIDADE APARENTE .....	87
4.3 PROPRIEDADES TÉRMICAS .....	88
Capítulo 5. <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>95</b>
Capítulo 6. <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>99</b>







CAPÍTULO *1*

# INTRODUÇÃO



**N**os meios de produção industrial, a busca por uma ampla eficiência de produtos a partir do menor custo de fabricação possível, é crescente. Segundo Assis e Colombini (2002), a questão ambiental somada à gestão empresarial é vista hoje como necessária para a sobrevivência no mercado competitivo, uma vez que os consumidores estão à procura de melhores preços, aliados a uma semelhante eficiência dos produtos tradicionais já existentes, além de procurarem alternativas que apresentem um apelo ecológico e social associados ao bem de consumo.

O termo sustentabilidade representa explorar áreas ou fazer o uso de recursos existentes, sejam eles naturais ou não, de forma a prejudicar da menor maneira possível o equilíbrio entre o meio ambiente, as comunidades humanas e toda a biosfera que dele dependem para existir.

Segundo Schmidheiny (1992)<sup>1</sup>, apud Loschiavo (2014), o termo “ecoficiente” foi criado pelo Conselho Mundial de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável (World Business Council for Sustainable Development), em 1992, no livro "Changing Course". Este conceito reúne materiais e ações que atendam às necessidades humanas, que ofereçam qualidade de vida, fazendo uso de recursos naturais de maneira racional, evitando assim seu esgotamento e que ainda ofereça um preço de mercado competitivo, atraindo consumidores.

Os avanços tecnológicos trouxeram a facilidade de desenvolvimento de materiais que buscam preservar os recursos naturais e ao mesmo tempo trazer mais agilidade e qualidade para a construção civil. Do ponto de vista da química, os polímeros são materiais de constituição macromolecular, dotados de grande maleabilidade, além de possuir a facilidade de ser transformado utilizando variações de calor e pressão, servindo de matéria-prima para a fabricação dos mais variados objetos (MACHADO, 2010).

---

<sup>1</sup> SCHMIDHEINY, STEPHAN (1992), *Changing Course*. Suíça, A Global Business Perspective on Development and the Environment.

As matérias-primas básicas para a produção de polímeros podem ser de origem vegetal, mineral ou até mesmo animal, como nitrogênio, petróleo, calcário, cloreto de sódio, areia, carvão, material vegetal, leite, entre outros. Os polímeros destacam-se pela resistência à corrosão, plasticidade, baixa densidade, isolante térmico, pequeno peso específico, possibilidade de coloração como parte integrante do material, facilidade de adaptação à produção em massa, além do relativo baixo custo, que atrai os olhares do mercado produtivo (LIMA et al., 2012).

Como alternativa para a criação de materiais de fundamentos sustentáveis e que ajudem a reduzir os impactos negativos gerados pela indústria mundial, muitos pesquisadores passaram a realizar trabalhos que envolvessem esses tipos de alternativas, tomando como base um material que possa ser utilizado como matriz, como resinas ou polímeros por exemplo, e um produto completamente diferente e fora dos padrões de uso, como resíduos agrônômicos, vegetais, entre outros sub-produtos. No presente trabalho, vislumbrou-se a possibilidade de uso de um resíduo que apresenta alguns problemas, como o grande volume de descarte, a pena de galinha.

A avicultura brasileira teve início na década de 50 com avanços da genética, com o desenvolvimento das vacinas, nutrição e equipamentos específicos para sua criação. Na década de 60 houve um grande desenvolvimento da indústria avícola brasileira, passando pela conquista do mercado internacional na década de 70, adotando técnicas de abate e corte para atender às demandas interna e externa do mercado na década de 80, até chegar aos dias atuais, em que ocorre uma expansão das granjas de processamento, chegando ao produto industrializado, cuja qualidade equivale à dos concorrentes do exterior, estando hoje o Brasil entre o topo dos maiores produtores e exportadores mundiais de carne de frango (FERNANDES, 2000).

A carne de frango caracteriza-se como um alimento de bons índices nutritivos e com baixo valor de compra, fazendo parte do cardápio da população em geral, em todas as faixas de renda, contudo, o crescimento da produção trouxe outro fator importante, que diz respeito à sociedade como um todo. O nível dos impactos negativos ao meio ambiente, gerados por essa atividade econômica, é ampliado com o aumento do volume de dejetos eliminados nas granjas, como esterco das aves e, por ocasião do abate e industrialização, a geração de efluentes líquidos, vísceras, penas, sangue e gorduras. Isso tem repercussões na qualidade de vida da população e, portanto, requer atenção e tratamento adequados (FERNANDES, 2000).

De acordo com Gunther et al. (1999), a grande quantidade de resíduos urbanos e a pequena disponibilidade de aterros sanitários já intensifica a necessidade de reciclagem, que reduz os resíduos sem uso, gera uma grande parcela de empregos e reduz o uso de energia elétrica e importação de petróleo.

A reciclagem é a revalorização dos descartes domésticos e industriais, através de várias operações que permitem que os materiais sejam reaproveitados como matéria-prima para outros produtos, aliando responsabilidade social ao desenvolvimento econômico e tecnológico. Reciclar segue as etapas de coleta e separação por tipos de materiais, revalorização que prepara os materiais separados para serem transformados em novos produtos e a transformação ou processamento dos materiais para gerar novos produtos a partir de materiais revalorizados (FILHO 2000, p. 17).

Os resíduos sólidos são definidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

Com uma grande demanda e uma crescente redução na oferta de madeiras nativas comerciais, é cada vez maior a procura e o interesse em chapas e painéis compensados e laminados de madeira reconstituída (OKINO et al., 1997).

Como elementos fundamentais na produção de painéis de partículas e de fibras, as resinas desempenham importante papel na indústria de painéis. Resinas funcionam como aglomerantes no processo de adensamento e consolidação de painéis de fibras de madeira (SILVA, 2013).

A quantidade de resina usada na formação do painel aglomerado é um fator de interferência, tanto na qualidade do painel quanto no seu custo final. Partículas menores requerem quantidades maiores de resina em comparação com as partículas maiores, na produção de painéis (IWAKIRI et al., 2012). Dentre as resinas existentes no mercado, podem ser citadas as resinas amínicas, que são: ureia-formaldeído (de maior e quase exclusivo uso nas indústrias de painéis), melamina-formaldeído e melamina-ureia-formaldeído; e as resinas fenólicas, que são: fenol-formaldeído e fenol-melamina-ureia-formaldeído. Estas serão melhor explicadas no próximo capítulo.

Diante dos resultados iniciais da produção do composto aqui proposto, utilizando a pena de galinha e a resina ureia formaldeído, despertou-se o interesse em realizar ensaios que pudessem apresentar as características e o potencial do uso deste produto no isolamento térmico de edificações, apresentando uma proposta de aplicação para este produto.

Esta pesquisa baseou-se no trabalho de Alvisi (2011). A resistência térmica foi aqui medida pela passagem de calor em regime permanente através de uma montagem em série usando uma placa de material com características conhecidas, no caso o PSAl (poliestireno de alto impacto), e o painel a ser ensaiado de pena de galinha. Foram aplicados ainda aos resultados o método proposto pela norma NBR 15220-2 (ABNT, 2003), para a análise de convergência dos métodos.

## **1.1 JUSTIFICATIVAS**

Diante das grandes transformações climáticas e ambientais ocorridas no planeta, cabe a atual e às próximas gerações procurar minimizar, ou pelo menos diminuir de forma significativa, os impactos negativos causados pelo próprio ser humano.

Na construção civil, sempre há a busca de novos produtos, pela inovação, pela beleza, conforto, preços acessíveis além da durabilidade. Esses são sempre fatores decisivos na avaliação de viabilidade técnico-econômica de um empreendimento. Muitos podem ser os motivos para a busca por materiais alternativos, especialmente como elemento arquitetônico, mas o principal deles está em mitigar os impactos ambientais dos resíduos gerados pela sociedade.

A produção de alimentos é necessidade intrínseca do ser humano, gerador de resíduos, que devem ser direcionados para um descarte apropriado ou ainda, deve-se estudar maneiras de direcionar a utilização de certos resíduos para incrementar produtos com utilidade no dia a dia. A partir de resíduos agroindustriais obtém-se ainda fibras que podem dar origem a uma nova geração de plásticos. Esses plásticos podem ser mais leves, resistentes e ecologicamente corretos do que os polímeros convencionais utilizados industrialmente.

A carne de frango é dos alimentos mais consumidos mundialmente e encontra-se em destaque por se tratar de um alimento proteico importante e acessível a todas as classes sociais. A produção do frango gera vários tipos de resíduos, dentre eles, a pena, elemento descartado em grandes volumes e que tem direcionamento apenas como incremento em rações animais, procedimento que exige cuidados e técnicas específicas

para manejo da mesma em até 24 horas após o abate. O que não é utilizado para incrementar a ração dos animais é incinerado, demonstrando um problema significativo e que precisa de melhores resultados para o descarte. Apresentar um destino mais lucrativo e potencial para este tipo de resíduo pode criar no mercado produtor de proteínas animais avícolas uma nova vertente de produção dentro de sua grade de produtos, ampliando seus lucros e demonstrando seu interesse e preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade.

Assim, este trabalho buscou apresentar e desenvolver um novo material compósito que utilize em sua composição as penas de galinha, demonstrando suas características e potenciais usos para o mercado atual. Há a intenção de avaliar e propor métodos e resultados capazes de apresentar os benefícios e potencialidades de usos para este compósito, alternativa que pode se tornar muito vantajosa e lucrativa para esse resíduo agrônômico. Esta pesquisa apresentou ainda um esquema de produção em curta escala, em laboratório, tendo recursos, equipamentos e materiais limitados em comparação a uma futura produção em larga escala para estes painéis, deixando aqui demonstrado apenas seu potencial e variedade de usos futuros.

## 1.2 OBJETIVOS

Esta é uma pesquisa de uso exploratório, com objetivo geral de produzir e caracterizar painéis de pena de galinha, um resíduo agroindustrial, com resina ureia formaldeído, dando origem a um tipo novo de compósito, contribuindo com a mitigação de problemas ambientais atuais. Seus resultados são comentados no capítulo "4. RESULTADOS E DISCUSSÕES".

Como objetivos específicos, citam-se:

- Produzir painéis buscando maximizar o consumo da pena de galinha, em relação à quantidade de resina aglomerante;
- Realizar ensaios de caracterização física (densidade e resistência térmica);
- Investigar e uma maneira mais adequada de uso da pena de galinha descartada;
- Indicar materiais semelhantes e as possíveis aplicações na construção civil, para o compósito produzido.

### 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Além deste capítulo introdutório, a dissertação é composta pelos capítulos descritos a seguir.

*Capítulo 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.* Apresentação e discussão de publicações relacionadas ao tema central do trabalho, organizado de acordo com os seguintes subtemas: Pena de galinha; Resina e Compósitos.

*Capítulo 3 - ESTRATÉGIA METODOLÓGICA.* Neste capítulo são apresentados os principais procedimentos adotados na realização da etapa experimental do trabalho. São apresentadas as características dos materiais a serem utilizados na produção dos painéis, a pena de galinha e a resina ureia-formaldeído, além dos métodos a serem utilizados para a confecção das chapas, com o processo de prensagem do compósito; e a apresentação dos métodos de ensaios adotados e forma de análise dos resultados.

*Capítulo 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.* Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos na etapa de produção das chapas e realização dos ensaios físicos e mecânicos. O capítulo está organizado de acordo com a mesma estrutura do capítulo "3. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA", com as discussões inseridas logo após cada resultado apresentado.

*Capítulo 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.* Por fim, este capítulo apresenta as possíveis conclusões do trabalho, assim como considerações sobre eventuais dificuldades enfrentadas durante sua realização e sugestões para aplicação dos resultados e trabalhos futuros.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.** Rol de todos os trabalhos e documentos citados no corpo do trabalho, apresentado de acordo com as normas pertinentes, da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.





CAPÍTULO **2**

REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA



A humanidade, através das recorrentes catástrofes naturais e do início da falta de elementos fundamentais à existência humana, como a água por exemplo, concluiu que o ser humano já havia destruído o planeta em uma escala desastrosa, sempre em busca de bens ou para chegar aos fins de lucros próprios.

Encontram-se há algum tempo, estudos e pesquisas de pessoas preocupadas com o futuro do planeta, procurando demonstrar em números, tanto os desastres causados por fatores como desmatamento, lixo, poluição, dentre outras ações antrópicas, quanto possíveis soluções para a preservação do planeta.

## 2.1 PENA DE GALINHA

O objeto desta pesquisa é a pena de *Gallusgallus domesticus*, popularmente conhecido como galo ou galinha. A pena animal é uma estrutura que evoluiu das escamas, presentes em répteis e dinossauros. O conjunto de penas presente nas aves é denominado de “plumagem”, contudo, ao longo da vida do animal há a substituição das penas degradadas pelo tempo, deixando este processo conhecido como “muda”. As penas são estruturas mortas de queratina, originária de papilas vivas da derme (de origem mesodérmica) (ANTÚNEZ, 2011).

### 2.1.1 Histórico

A avicultura industrial desenvolveu-se mais expressivamente depois da segunda metade do século XX. As origens da galinha doméstica (*Gallus domesticus*) aparecem há milhares de anos e, segundo arqueólogos mais recentes, a domesticação destes animais ocorreu há 3.000 a.C. Evidências apontam que as galinhas já existiam na Suméria no II milênio a.C. Atualmente, especialistas acreditam que quatro espécies contribuíram para o desenvolvimento da galinha moderna: a galinha Java (*Gallus varius*); do Ceilão (*Gallus lafayetti*); de Benkiva (*Gallus gallus*) que encontra-se espalhada pela Índia oriental, Malásia, Camboja, Sumatra e Filipinas, e por fim, a galinha de Monnerat (*Gallus*

*sonnerat*), presente na Índia ocidental e meridional. Tratam-se de espécies distintas e sem chances de cruzamento (SALES, 2005).

A briga de galo é considerada o esporte mais antigo da humanidade e as fêmeas de galos eram tidas como fonte de carne e ovos, sendo estas conhecidas como galinhas selvagens. No Egito, a menção às galinhas data da segunda dinastia, com referências entre os séculos XIV a.C. e IV a.C., nas quais apontam que os egípcios deram continuidade à criação destes animais, sendo responsáveis ainda pela incubação de ovos em larga escala, chocando de dez a quinze mil pintos (denominação dada aos filhotes de galinha) de uma só vez. A técnica usada para a criação destes animais era tanta, que construíam chocadeiras de tijolos de barro, onde era mantido um fogo aceso por um assistente que controlava a temperatura usando a própria pele, ajustando a temperatura ao nível necessário para a incubação (SALES, 2005).

A difusão da galinha se deu através de contratos comerciais e militares entre as regiões do mundo antigo. Referências indicam a presença de galinhas na Índia Antiga, na China e no Extremo Oriente, no Egito e na Bacia do Mediterrâneo. Foi em Roma que o animal foi domesticado e multiplicado em uma escala maior do que jamais visto em qualquer outro lugar do mundo, e desde então já existiam distinções entre galinha para corte e para postura (botar ovos) (SALES, 2005).

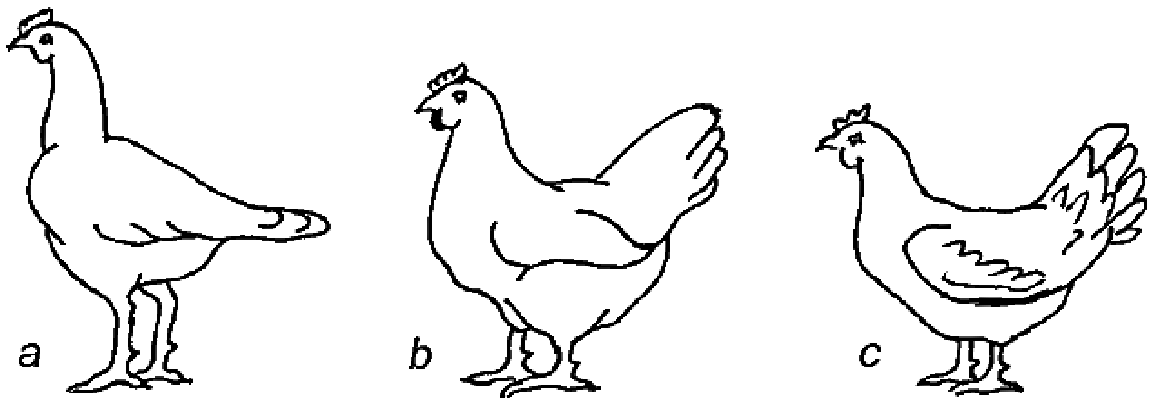
### **2.1.2 Definições**

Aves domésticas são ainda chamadas de aves de capoeira, que são aves que foram amansadas pelo homem e que se mantêm como animais domésticos, sendo aproveitadas pela carne, ovos ou pelas penas. As aves de capoeira são consideradas as galinhas, perus, gansos, patos, faisões, galinhas-da-Índia, pavões, cisnes, pombos e rolas (EEKEREN et al., 2006).

As aves de capoeira são uma fonte de proteína animal de elevado valor biológico e que podem ser criadas em condições de alimentação e recursos de habitação limitados. As galinhas são animais capazes de converter resíduos em fonte alimentar de proteína animal, sendo assim, a espécie mais importante para gerar rendimentos às famílias rurais, sendo uma criação de baixo custo e elevado rendimento. Existem dois tipos de criação de aves, a de pequena escala (avicultura de subsistência) e aviários comerciais, que fazem a criação destes animais em larga escala (EEKEREN, MAAS et al., 2006).

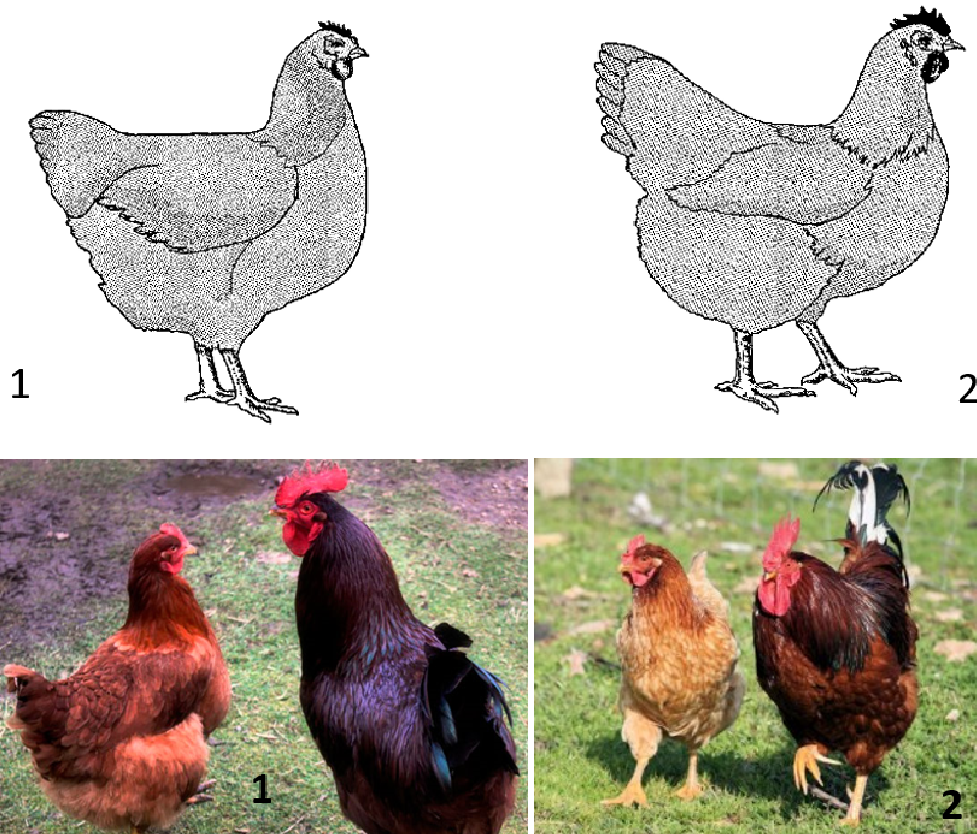
Mundialmente encontra-se mais de 300 raças de espécies de galinhas domésticas (*Gallus domesticus*), sendo diferenciadas em três categorias: raças puras para fins comerciais; raças híbridas resultantes de cruzamento e raças locais ou nacionais. As raças de galinhas para usos comerciais são separadas de acordo com a sua função produtiva (Figura 2.01):

- Postura de Ovos, sendo usadas raças de galinhas leves que põem ovos;
- Produção de carne, com raças mais pesadas ou de frangos de corte;
- Galinhas criadas tanto para pôr ovos quanto para produção de carne, as chamadas raças de duplo objetivo.



**Figura 2.01** - a) Galinha poedeira; b) Galinha para carne/corte; c) Galinha de função mista  
Fonte: EEKEREN et al. (2006)

No Brasil existem muitos pequenos criadores de galinhas, seja em pequenas granjas familiares ou para a criação voltada ao próprio consumo, sendo um alimento bem requisitado pelo consumidor, uma vez que, a sua carne é mais nutritiva e saborosa e os ovos postos também possuem mais sabor e nutrientes que os fornecidos por granjas comerciais de grande escala, que utilizam um outro tipo específico ou para fornecimento de carne (frangos de corte) ou apenas para a postura de ovos (galinhas poedeiras). As galinhas "caipiras", comuns no Brasil não possuem uma raça específica, mas sim uma mistura de raças, sendo animais fornecedores de carne, ovos e ambos. As raças *Rhode Island Vermelha* e *New Hampshire* (Figura 2.02) são as mais comuns encontradas na produção de avicultores de larga escala no Brasil, sendo aves mais robustas e carnudas, além de serem poedeiras (EEKEREN et al., 2006).



**Figura 2.02**-Galinha 1 - raça *Rhode Island Vermelha* e Galinha 2 – raça *New Hampshire*, ambas para fins duplos de fornecimento de carne e de ovos  
Fonte: EEKEREN et al. (2006) e acervo da autora

As penas são estruturas básicas das aves, variando em cores, tamanhos e formas de acordo com suas funções e posições no corpo dos animais. São estruturas mortas quando atingem seu desenvolvimento final, assim como os pelos no corpo dos mamíferos. As penas são formadas a partir de folículos provenientes da epiderme. Penas são características distintivas das aves, uma vez que penas nas asas destes animais permite que eles voem, utilizando o movimento do punho para produzir um fluxo de ar sobre as penas primárias das asas para gerar ascensão durante o voo (PIBID BIOLOGIA UEPG, 2011).

Segundo Teixeira (2017), a renovação e troca de penas acontece várias vezes durante a vida das aves no geral, evento conhecido como “MUDA”. Desde o nascimento até o período adulto, as aves realizam duas mudas de penas e só então acontece o empenamento definitivo, conhecido como empenamento de base. Nas aves poedeiras comerciais, a muda acontece somente depois de um longo período de produção de ovos, uma vez que, durante a muda destas aves não há produção de ovos, durando um

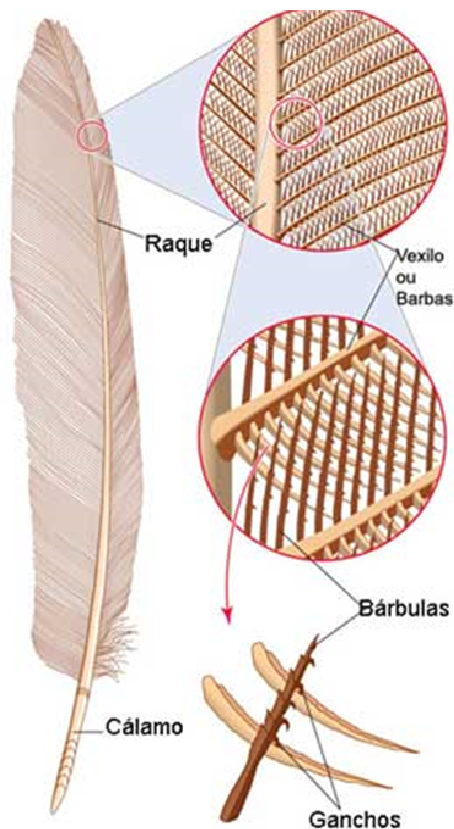
período de quatro meses. Para fins comerciais de produção em longa escala, há a indução da queda das penas acelerando o processo de muda, reiniciando rapidamente a produção de ovos, sendo este período chamado de muda forçada.

A muda forçada acontece sobre três pilares: sobre a ação de medicamentos; com métodos nutricionais ou com técnicas de manejo. O método mais utilizado é o nutricional, onde é suspenso o alimento a esses animais por um período determinado, forçando a troca de penas e o rejuvenescimento do aparelho reprodutivo. O período ideal para iniciar as técnicas de muda forçada é entre a 60ª e 65ª semana de vida dos animais, período no qual a produção de ovos ainda é baixa e a taxa de queda na postura torna-se mais rápida. Com essa técnica, após o período de muda forçada, os ovos produzidos são maiores e de melhor qualidade, atingindo melhores preços no mercado (TEIXEIRA, 2017).

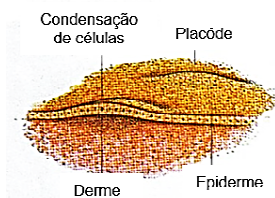
De acordo com Antúnez (2011), as penas são compostas pela seguinte estrutura (Figura 2.03):

- **Cálamo** – É a ponta oca que fica submersa na pele da ave;
- **Raque** – é a parte central da pena, continuação do cálamo e trata-se da estrutura eixo da pena;
- **Barbas** ou **Vexilos** – São ramificações das penas e que ficam presas na raque;
- **Bárbulas** – São as pequenas ramificações provenientes das barbas;

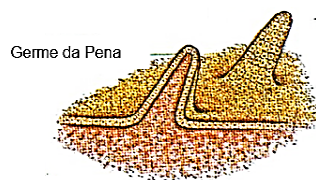
Assim como no caso dos cabelos, pelos, unhas e escamas, as penas crescem a partir da proliferação e diferenciação de queratinócitos (Figura 2.04). Essas células produtoras de queratina da epiderme realizam seu propósito de vida ao morrer, deixando atrás de si um grande depósito de queratina. As queratinas são filamentos de proteínas que se polimerizam para formar uma matriz sólida. As penas são constituídas de betaqueratinas, exclusivas de répteis e pássaros. O revestimento externo da pena em desenvolvimento, chamado bainha, é feito de alfa-queratina que é mais mole e existe em todos os vertebrados, constituindo a pele, pelos e cabelos (APRILE, 2015).



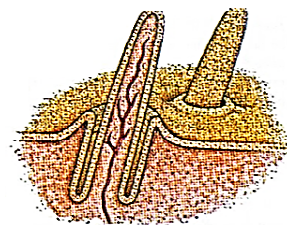
**Figura 2.03** - Composição estrutural de penas  
Fonte: Aprile (2015)



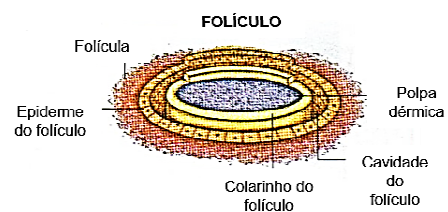
O crescimento da pena começa com o placódeo (um engrossamento da epiderme a partir de uma condensação de células da derme).



Depois o placódeo forma um único tubo alongado, que é o germe da pena.



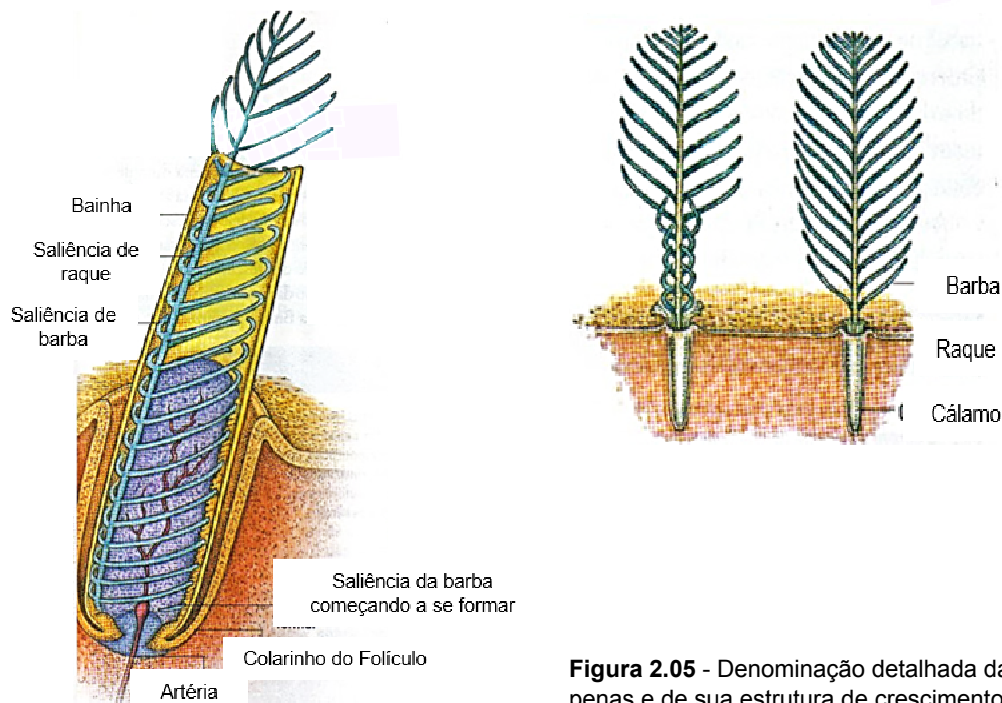
A proliferação de células em um anel em torno do germe da pena cria o folículo (detalhe abaixo), o órgão que gera a pena. Na base do folículo, no seu colarinho, continua a produção de queratinócitos, que forçam as células mais velhas a irem para cima e para fora, acabando por criar toda a pena tubular.



**Figura 2.04** -Etapas de desenvolvimento e crescimento das penas nas aves  
Fonte: Adaptado de TEIXEIRA (2017)

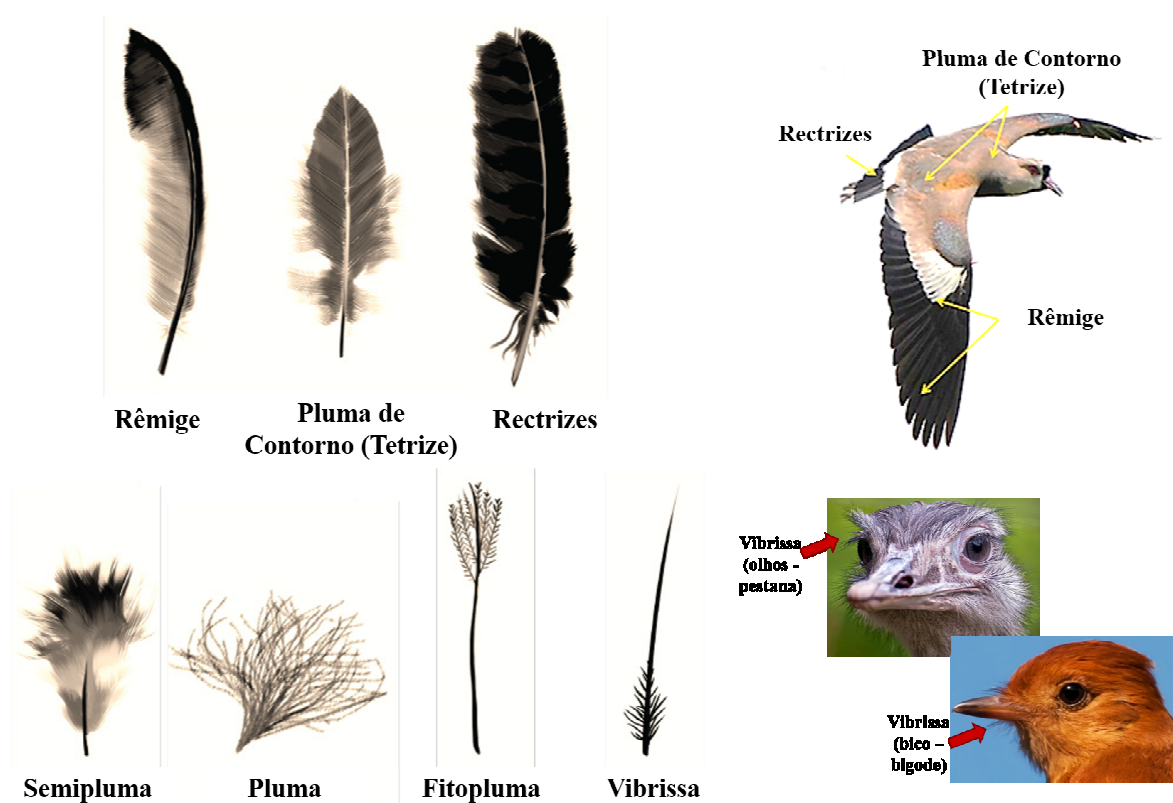


A camada mais externa da epiderme transforma-se na bainha da pena, uma estrutura temporária, que protege a pena em desenvolvimento. A camada interna da epiderme divide-se em uma série de compartimentos longitudinais, chamados de saliências das barbas. Os queratinócitos do interior das saliências das barbas crescem mais tarde e transformam-se nas barbas da pena. Desta forma, conforme o crescimento das penas, estas vão emergindo da sua bainha superficial. Em seguida, desenvolve-se até chegar à sua forma laminar. Quando ela atinge esse estágio, o colarinho do folículo forma o cálam, um tubo simples na base da pena (Figura 2.05).



**Figura 2.05** - Denominação detalhada das partes das penas e de sua estrutura de crescimento  
Fonte: Adaptado de Teixeira (2017)

Segundo Teixeira (2017), as penas podem ser classificadas em sete categorias: penas de voo, penas de contorno; semiplumas; plúmulas diversas; filoplumas; cerdas e vibrissas, representadas na Figura 2.06 e descritas a seguir.



**Figura 2.06** - Tipos gerais de penas de aves  
 Fonte: Adaptado de Cubillos (2016)

**Penas de Voo** são as penas maiores, localizadas nas asas e na cauda das aves e que serve para auxiliar na função de voo, sendo elas: rêmiges, plumas de contorno e rectrizes.

**Rêmiges** são penas longas e robustas de voo localizadas nas asas das aves

**Rectrizes** são penas longas e robustas de voo localizadas na cauda das aves

As **plumas de contorno** são as que cobrem o corpo das aves, tendo diferenciações em sua estrutura, sendo penas com textura macia, solta e “fofa”, conhecida como penugem ou plumácea. Esse tipo de pena fica na superfície exposta e tem a função de proteção da penugem de baixo desta camada, além de ser isolante térmico e poder refletir ou absorver a radiação solar. Esta é uma estrutura das penas que ficam mais distantes da base (da derme), formam uma estrutura firme chamada de vexilo, estrutura penácea semelhante à de uma folha. Dentre as penas classificadas como penas de contorno, existem as rêmiges (penas das asas) e as rectrizes (penas da cauda) que possuem a característica de serem grandes e rígidas, que são penáceas modificadas para o voo.

**Penas de termorregulação** são responsáveis por manter o equilíbrio térmico e dos processos metabólicos das aves. Estas penas auxiliam e reduzem o impacto das correntes de convecção do ar durante o voo evitando a perda de calor corporal. Segundo Cubillos (2016), essas penas são: semiplumas; plumas; fitoplumas e vibrissas.

**Semiplumas** são penas com estrutura intermediária entre as penas de contorno e as plúmulas, servindo como isolante térmico e auxiliam no preenchimento do contorno do corpo das aves.

As **plumas** existem em diversas variações, sendo penas inteiramente plumáceas, tendo a raque mais curta do que a barba, ou em alguns casos, com ausência desta estrutura. As plúmulas fornecem conforto térmico às aves adultas de todas as espécies.

As **fitoplumas** são penas finas, capilares, com barbas curtas ou bárbulas nas extremidades distais. Na maioria das aves, este tipo de pena não fica exposta e funcionam como estruturas sensoriais que auxiliam a ação das outras penas.

As **vibrissas** são penas especiais com raque rígida e com poucas barbas ou escassas barbas. Ficam localizadas em torno do bico, dos olhos (como pestanas), na cabeça ou até nos artelhos de algumas aves. São penas modificadas, localizadas principalmente na base do bico e ao redor dos olhos. Além de proteger os olhos e as narinas, as cerdas desempenham a função sensitiva.

### 2.1.3 Tendências de mercado para consumo de carne de frango

Um censo americano realizado nas áreas urbanas em 1906 indicava a relação de uma galinha para cada duas pessoas. Em 1910 o rebanho americano era de 280 milhões de aves, com a média de 80,4 aves por propriedade, período este no qual cerca de 88% das propriedades americanas possuíam aves entre suas atividades. Ao longo do trabalho com animais, percebeu-se que a presença do galo nos galinheiros gerava uma redução na qualidade e na quantidade de ovos produzidos, fazendo com que as fazendas restringissem a avicultura pela criação apenas de galinhas, que eram melhores para a carne e ainda forneciam ovos. Assim, o processo de incubação natural foi retirado do processo de reprodução das granjas, sendo considerada uma atividade antieconômica e pouco prática no processo produtivo de larga escala. O “chocar” dos ovos passou a ser visto como indesejável para os produtores, passando a dar preferência às raças com menor tendência à essa manifestação (SALES, 2005).

A avicultura vem se tornando uma das mais importantes atividades para suprimento de alimentos proteicos não só no contexto mundial, como também no Brasil. Segundo Miele e Giroto (2006), a produção mundial de carne de frango é crescente e o Brasil conquistou um lugar significativo na produção mundial deste alimento, variando de 7% em 1990 para 13% em 2004, do total mundial. Do aumento de mais de 32,3 milhões de toneladas na produção mundial nesse período, coube ao Brasil 6,3 milhões de toneladas, representando um total de 20% do crescimento mundial na produção em 2006 (Tabela 2.01) e em seguida (Tabela 2.02.) apresenta-se também um comparativo apresentando a produção mundial de carne de frango no mundo (em mil toneladas) para 2017, onze anos após a primeira estimativa apresentada.

**Tabela 2.01** - Produção mundial de carne de frango entre 1990 e 2004 (mil toneladas)

Ano/País	EUA		China		Brasil		UE 25		UE 15		Mundo
1990	8.667	24%	2.663	8%	2.356	7%	5.605	16%	5.161	15%	35.465
1995	11.486	25%	6.056	13%	4.050	9%	6.676	14%	6.087	13%	46.560
2000	13.944	24%	9.025	15%	5.981	10%	7.853	13%	6.645	11%	59.087
2004	15.536	23%	9.475	14%	8.668	13%	8.282	12%	6.817	10%	67.719
<b>Variação 1990-2004</b>	79%		256%		268%		48%		32%		91%

Fonte: Adaptado de Miele e Giroto (2006)

**Tabela 2.02** - Produção mundial de carne de frango entre 2015 e 2017, destacando-se a brasileira

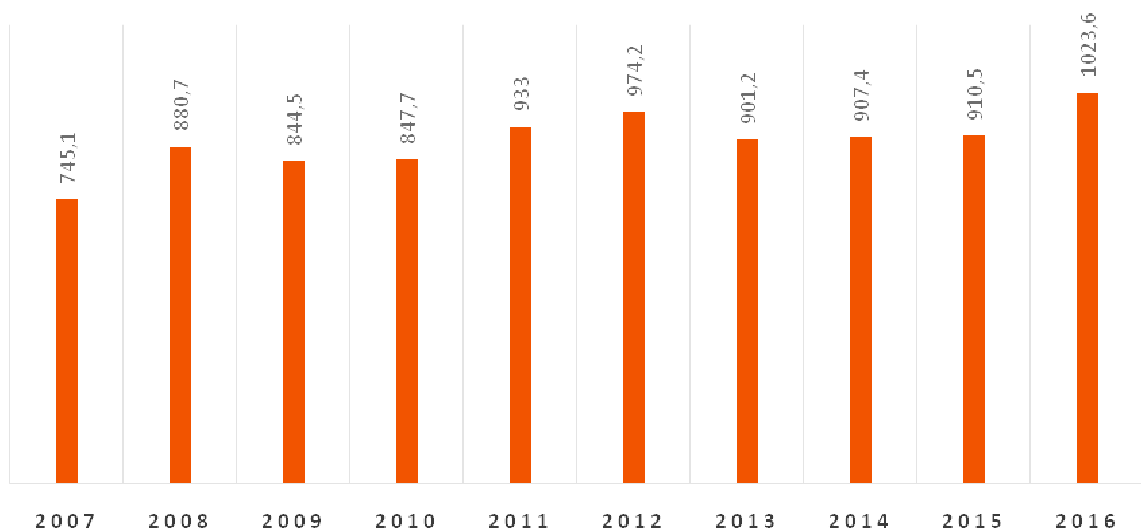
Tendência de produção mundial de carne de frango em 2017 (mil toneladas)							
PAÍS PRODUTOR	2015	2016 (PRELIMINAR)	2017 (1ª PREVISÃO)	VARIÇÃO		% DO TOTAL EM 2017	
				DE 2015 P/ 2016	DE 2016 P/ 2017		
1 EUA	17,971	18,283	18,690	1,74%	2,23%	21%	
2 BRASIL	13,146	13,605	14,080	3,49%	3,49%	16%	
3 CHINA	13,400	12,700	11,500	- 5,22%	- 9,45%	13%	
4 UNIÃO EUROPEIA	10,810	11,070	11,300	2,41%	2,08%	12%	
5 ÍNDIA	3,900	4,200	4,500	7,69%	7,14%	5%	
6 RÚSSIA	3,600	3,750	3,770	4,17%	0,53%	4%	
7 MÉXICO	3,175	3,270	3,335	2,99%	1,99%	4%	
8 ARGENTINA	2,080	2,100	2,165	0,96%	3,10%	2%	
9 TURQUIA	1,909	1,900	1,960	- 0,47%	3,16%	2%	
10 TAILÂNDIA	1,700	1,780	1,890	4,71%	6,18%	2%	
<b>SUBTOTAL</b>	<b>71,691</b>	<b>72,658</b>	<b>73,190</b>	<b>1,35%</b>	<b>0,73%</b>	<b>81%</b>	
<b>DEMAIS</b>	<b>17,003</b>	<b>16,890</b>	<b>17,258</b>	<b>- 0,66%</b>	<b>2,18%</b>	<b>19%</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>88,694</b>	<b>89,558</b>	<b>90,448</b>	<b>0,96%</b>	<b>1,01%</b>	<b>100%</b>	

Fonte: Adaptado de AVISITE (2016)

O destino da produção de carne de frango brasileira no ano de 2010 foi de 8.492.600 toneladas consumidas internamente e 3.819.700 toneladas exportadas, compreendendo nesses valores: cortes, frangos inteiros e industrializados (AVISITE, 2011).

No processo produtivo de criação de frangos, há o abate dos animais em um período de 45 dias após o nascimento, sendo abatidas aves de até 2,350 kg para o mercado brasileiro e de até 1,350 kg para o mercado externo. Apenas no primeiro trimestre de 2016 houve uma produção de 1.197.361 toneladas de carne de frango, representando um aumento de 4,62% com relação ao mesmo período de 2015 (AVISITE, 2016).

Segundo estimativas realizadas pelo USDA (*United States Department of Agriculture*), cerca de 10,755 milhões de toneladas de carne de frango foram exportadas no mundo até o primeiro trimestre de 2016, sendo que 38% deste volume corresponde ao montante de produção brasileira, 28% à produção dos EUA (Estados Unidos da América) e 34% corresponde à soma dos demais países do mundo, deixando claro o domínio de mercado ocupado pelo Brasil e EUA na comercialização de carne de frango. Em comparação à 2007, a exportação de carne de frango aumentou em quase 38% em quase uma década (Figura 2.07), chegando em 2016 com uma taxa de 1.023,6 mil toneladas exportadas até março (AVISITE, 2016).

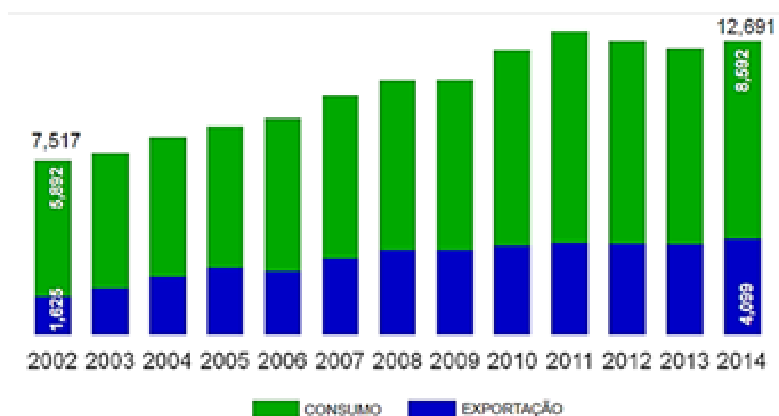


**Figura 2.07** - Demonstrativo de exportação trimestral em uma década (2007-2016), em mil toneladas  
Fonte: Adaptado de AVISITE, 2016

O Brasil apresenta uma média de consumo per capita de carne de frango de cerca de 42 kg ao ano, representando o segundo lugar mundial no consumo deste alimento. O

país representa ainda a terceira posição mundial na produção de carne de frango e é o maior exportador mundial da carne (FAMASUL, 2014).

A Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA (2015), divulgou em seu *Cenário Carnes 2014/2015* a relação de produção de carne de frango neste mesmo período, revelando ainda uma receita de ganhos no ano de 2014 no valor de US\$ 8,08 bilhões (Figura 2.08).



**Figura 2.08** - Produção brasileira de carne de frango (Milhões de Toneladas)  
Fonte: ABPA (2015)

O consumo de carnes é de grande importância na dieta e nutrição humana. A carne de frango apresenta um valor de mercado inferior ao da carne bovina, suína e de peixe, sendo assim um produto acessível à todas as faixas de renda. No Brasil, o consumo de carnes de frango e bovina apresenta-se em destaque quando comparados ao consumo de carne suína e de peixes, conforme mostrado na tabela 2.02.

**Tabela 2.02** - Produção de carnes no Brasil (mil toneladas)

CARNE	2014	2015*	Var. %
FRANGO	12,75	13,00	1,96
BOVINA	10,23	10,26	0,29
SUÍNA	3,47	3,52	1,44
PEIXE	2,22	2,28	2,70
<b>TOTAL</b>	<b>28,67</b>	<b>29,06</b>	<b>1,36</b>

Fonte: (AVISITE, 2016).

Por conter diversas partes da ave que não são próprias para o consumo, existe uma sequência no abate destes animais, dando-se a destinação mais apropriada a cada parte. Segundo Moraes e Junior (1999), no processo de sangria, encontra-se basicamente

sangue, que aparece como produto comercializável. Em seguida, tem-se o processo de depenagem, no qual dedos de borracha pequenos e firmes realizam a retirada de toda a plumagem e, no final, dedos mais longos e flexíveis garantem uma perfeita depenagem. Segundo Moraes e Junior (1999), no processo de depenagem a eliminação das penas tem início logo na remoção hídrica delas do piso durante o abate, obedecendo a normas de inspeção sanitária.

Em um processo de abate de 1.000 aves, 250 kg de penas são recuperados, alternativa vista como economicamente viável. Já no processo de evisceração e preparação da carcaça, há a limpeza dos miúdos, carcaças, peças condenadas e das vísceras não comestíveis, sendo essas partes direcionadas para a fabricação de farinhas. A grande produção de aves, gera expressivos volumes de penas, resíduo que é direcionado para a produção de farinha de penas através de digestores, processo que pode ser realizado apenas no período de 24 horas após o abate e retirada das mesmas (MORAES e JUNIOR, 1999).

As penas apresentam baixa massa, mas um elevado volume, causando um expressivo impacto ambiental com seu descarte. As penas de frango não possuem ainda uma destinação adequada ambientalmente, sendo lançadas em uma canaleta de efluente próprio para penas, sendo, posteriormente, recolhido e destinado para empresa terceirizada para o processamento e produção de rações que alimentarão outros animais.

#### **2.1.4 Pesquisas com penas de galinha**

Atualmente, a farinha de penas possui um considerável volume produzido, como exemplo na empresa PERDIGÃO (de alimentos frigoríficos), em Videiras SC, há a produção de aproximadamente 2.550 toneladas mensais de farinha, sendo também a responsável pelo consumo total da produção. Na farinha de penas, encontra-se um elevado nível de proteína bruta, porém apresenta uma qualidade reduzida em sua proteína, exigindo um processamento adequado para que ela possa ser útil nutricionalmente aos animais. Os níveis de inclusão da farinha de penas nas rações das aves são de 3% a 4% (ROCHA e SILVA, 2004).

Desta forma, quando há grandes volumes de penas, resíduo este que precisa ser usado em até 24 horas após o abate dos animais, estas são destinadas a digestores para a produção da farinha de penas que possui valor proteico em torno de 85% (MORAES e JUNIOR, 1999).

Os resíduos agrícolas provenientes do abate de aves, contendo fragmentos de vísceras, músculo, gordura, osso, sangue e penas, apresentam um elevado potencial poluente e sérios riscos de contaminação e fonte de transmissão de doenças. Assim, necessitam de procedimentos de tratamento com técnicas especiais para reduzir o potencial poluente e garantir a qualidade sanitária do material. Desta forma, estudos recentes apresentam como alternativa para descarte desse resíduo não apenas como incremento em rações animais, mas também a produção de compostagem, processo no qual ocorre a estabilização da matéria orgânica (vísceras, músculo, gordura, osso, sangue e penas) em condições de altas temperaturas (superiores a 45°C), tornando este, um produto final estabilizado, sanitizado e que não trará mais problemas de contaminação ao solo (SUNADA et al., 2014). Este processo de compostagem analisado compreendeu um período de tempo em torno de 147 dias para chegar ao tratamento final deste resíduo, demonstrando ser um destino potencial para estes resíduos, mas que demandam um tempo considerável, além de espaços construídos e fechados para a realização do procedimento com sucesso.

Considerando-se o grande volume de descarte de penas, e o minucioso trabalho, que se deve ter com as mesmas em um curto período após o abate dos animais, para o processamento destas, o processo de produção de farinha com as mesmas apresenta-se como uma alternativa sem fins significativos, uma vez que exige-se um elevado nível de cuidados com os elementos constituintes na mistura, podendo degradar-se facilmente. As penas possuem ainda como principal constituinte de sua estrutura a queratina, material impermeável e de difícil digestão, apresentando novamente um ponto desfavorável e significativo de que o descarte das penas de galinha ainda é um fator que precisa ser estudado e direcionado a melhores fins.

Os resíduos agroindustriais já foram objeto de pesquisa para autores como Reddy, Chen, e Yang (2013, p. 159) que utilizaram a casca de amendoim para extração de proteínas para a produção de filmes termoplásticos; Martinez-Hernández, Valesco-Santos e Castaño (2007, p. 405) analisaram os índices mecânicos e térmicos de compósitos poliméricos reforçados com queratina extraída de penas de galinha; Barone, Schimidt, Liebmer (2005, p. 683) desenvolveram pesquisa analisando a composição e moldagem de compósitos de polietileno reforçados com queratina extraída de penas de galinha.

Wang et al. (2012) estudaram o emprego de penas de galinha na produção de materiais para eletrodos, porque a queratina presente nestas penas, após carbonização e ativação, apresenta seus micros poros estruturados com elevada área de superfície. Utilizando-se



as penas em componentes de eletrodos, obtém-se ganho econômico, por se tratar de um resíduo de baixo valor, e ganho ambiental, pelo desenvolvimento de um material mais ecológico.

Senoz e Wool (2011) buscando materiais que tivessem a capacidade de adsorver o H<sub>2</sub> (hidrogênio), proveniente principalmente da queima de combustíveis fósseis, levantaram a hipótese de uso de penas de galinha para esta finalidade. Esta pesquisa analisou as mudanças físicas e químicas da pena de galinha durante a pirólise<sup>1</sup>, no intervalo de temperatura de 25 a 600°C, em busca de parâmetros ideais de pirolise para a produção de fibras láteis ou macromoléculas para compósitos.

Gao et al. (2014), transformaram a pena de galinha residual em nanotubos que foram empregados como catalisadores. Wang et al. (2014), analisaram uma nova proteína de fósforo desenvolvida a base de pena de galinha, juntamente com nitrogênio, onde ambos exerceram a função de retardantes de chamas e posteriormente direcionados ao uso anti-chamas em tecidos de algodão.

Zhan e Wool (2012), analisaram a capacidade de expansão termomecânica das penas de galinha para um posterior uso desta fibra na aplicação em materiais compósitos. Senoz et al. (2013), demonstraram a utilização da fibra de penas de galinha pirolisadas, direcionando o seu uso em compósitos poliméricos que exigem um elevado nível de temperatura.

Os estudos de Romanzoti (2011) propõem que a pena de galinha seja usada como o componente principal do plástico e assim os compostos exigiriam menos materiais como o polipropileno e o polietileno, derivados do petróleo. Moore, et al. (2005) produziram em sua pesquisa filmes biodegradáveis a partir da queratina presente nas penas de galinha, chegando a um plástico “verde” biodegradável.

Na etapa de revisão bibliográfica não foi encontrado qualquer trabalho que tenha estudado e/ou produzidos materiais compósitos com penas de galinha, o que confere um caráter inédito ao presente trabalho.

---

<sup>1</sup> Pirólise é o processo de decomposição de matéria orgânica submetida a altas temperaturas, em um ambiente desprovido de oxigênio. Apesar de sua definição esclarecer a necessidade da inexistência de oxigênio, vários processos ocorrem com uma pequena quantidade dele (AIRES, LOPES, *et al.*, 2003).

## 2.2 RESINAS

A preservação ambiental é atualmente um assunto de extremo interesse e que abrange uma gama significativa na área de pesquisas industriais e acadêmicas. A busca por materiais que substituam ou que eliminem o uso de produtos que afetam direta ou indiretamente o meio ambiente é crescente e vem ganhando cada vez mais espaço no ambiente corporativo mundial. Nesta parte do trabalho, serão abordadas as resinas e seus usos no mercado.

A partir de 1930, a confecção de painéis, com melhores desempenhos quanto às propriedades físicas e mecânicas, teve o uso de resinas sintéticas líquidas a base de ureia-formaldeído e fenol-formaldeído, proporcionando características fundamentais quanto à resistência e bom desempenho dos painéis produzidos, sendo este o ponto chave para a incorporação de painéis na construção civil e na fabricação de mobiliário (BELINI, FIORELLI et al., 2015).

São três, os tipos mais importantes de resinas termofixas: **isocianatos**, **resinas amínicas** (contendo a ureia-formaldeído, melamina-formaldeído e melamina-ureia-formaldeído), e **resinas fenólicas** (contendo a resina fenol-formaldeído e fenol-melamina-ureia-formaldeído). Os dois últimos grupos juntos representam 90% das resinas adesivas utilizadas em painéis de madeira, sendo a ureia-formaldeído a resina mais utilizada por indústrias de painéis, todas com origem em combustíveis fósseis (FERREIRA, 2010).

As resinas amínicas surgiram em 1908 e em 1925 foram patenteadas comercialmente na Inglaterra, contendo inicialmente uma composição equimolar de ureia e tioureia<sup>2</sup>, sendo reforçado com fibras celulósicas (SILVA, 2008). Resinas amínicas são sintéticas e pertencem ao grupo dos polímeros termofixos. Ao serem aquecidas tornam-se duras e insolúveis, apresentando composição química complexa e elevado peso molecular, após o processo de cura. Para cada situação de aplicação de painéis de madeira, é utilizado um tipo diferente de resina, sendo a exposição a umidade um dos fatores que mais influenciam nesta escolha, a fim de atender às especificações físico-mecânicas de resistência dos materiais (SILVA, 2013).

---

<sup>2</sup> **Tioureia** é um composto orgânico de carbono, nitrogênio, enxofre e hidrogênio, com a fórmula  $CSN_2H_4$  ou  $(NH_2)_2CS$ . É similar à ureia, exceto que o átomo de oxigênio é substituído por um átomo de enxofre (GENTROCHEMA, 2016).

Na procura por novas resinas de origem vegetal e não sintética, descobriu-se o tanino<sup>3</sup>, uma alternativa de produção de resina natural para diferentes tipos de madeira, material caracterizado como composto poli fenólico, com diferentes graus de condensação, sendo que na presença do formaldeído ocorre a reação de polimerização realizando a cura da resina. Este material é obtido no processo de extração de essências florestais que possuem esse potencial (FERREIRA, 2010).

Resinas funcionam como adesivos no processo de compressão (ou adensamento) e consolidação de painéis de fibras (SILVA, 2013). No processo de cura, os adesivos passam por três fases distintas: primeiro o adesivo precisará umedecer as fibras, em seguida, precisa fluir controladamente durante o processo de prensagem e ao fim, apresentará sua forma sólida. É fundamental o controle de temperatura, de viscosidade do adesivo, da distribuição uniforme pela superfície de prensagem, para o sucesso na produção dos compósitos (CAMPOS e LAHR, 2004).

*Catalisadores* são usados para acelerar o processo de cura da resina. *Extensores* são substâncias que possuem alguma ação adesiva e com função de reduzir o custo final do adesivo, auxiliando no controle da viscosidade e nas funções de movimento do adesivo, desde sua difusão até a sua cura. Possuem a característica de reduzir o custo final do adesivo, e conseqüentemente o custo final do produto fabricado (MOREIRA, 1985).

O tamanho das fibras e a distribuição uniforme da resina favorecem a confecção de um painel final de propriedades tecnológicas otimizadas. Uma forma de atingir este objetivo é fazer a pulverização da resina sobre as fibras, garantindo assim uma maior área de abrangência da resina, tornando melhor o desempenho final das chapas (SILVA, 2013).

Com uma grande demanda e uma crescente redução na oferta de madeiras nativas comerciais, tornou-se crescente a procura e o interesse por chapas e painéis compensados e laminados, de madeira reconstituída (OKINO, ANDAHUR et al., 1997).

A seguir, é apresentado o resultado de levantamento bibliográfico sobre painéis alternativos com utilização de resinas. São apresentadas informações quanto aos materiais usados para sua produção: resinas, catalisadores e soluções hidro-repelentes.

Eleotério (2000), utilizou cavacos de *Pinus oocarpa* SAIEDE e *Pinus caribaea* MORELET var *hondurensis* BARR ET GOLF, para a produção de painéis. Usou resina ureia-

---

<sup>3</sup> O **tanino** é um fenol, presente em sementes, madeiras, folhas e cascas de frutas. Serve de proteção à planta e aos seus frutos, quando ainda verdes (TINTOS E TANTOS, 2016).

formaldeído reforçada com melamina (resina com baixa emissão de formaldeído e ausência de extensor). Como catalisador, usou sulfato de amônia e, como solução hidrorrepelente, emulsão de parafina. As propriedades finais dos painéis MDF são influenciadas pela densidade média e pelo teor de resina. O aumento da densidade dos painéis reduz os espaços vazios e aumenta a área de contato entre fibras, ampliando-se assim a eficiência da resina.

Campos e Lahr (2004), utilizaram fibras de *Pinus hondurensis* e de *Eucalyptus grandis* juntamente da resina (adesivo) ureia-formaldeído (de baixa emissão de formaldeído), solução catalisadora de cloreto de sódio comercial e emulsão de parafina comercial, como elemento hidrorrepelente. Neste estudo, os painéis produzidos com dosagens de 10% e 12% de adesivo apresentaram características que permitem que sejam utilizados em ambientes úmidos e até em contato direto com a água.

Battistelle et al. (2005), utilizaram folhas caulinares de bambu, material residual da fabricação de celulose e papel, resíduos do processo de desagregação das embalagens cartonadas, resina ureia-formaldeído e emulsão de parafina como hidrorrepelente, para a produção de painéis. Os resultados foram satisfatórios, demonstrando que ao utilizar partículas com menores dimensões obtiveram-se painéis mais homogêneos e com melhores ligações internas. Assim, este material oferece uma gama de usos em diferentes produtos, apresentado-se coesos, resistentes e de boa qualidade superficial, oferecendo características favoráveis à aceitação comercial nas áreas da construção civil, sotores moveleiros ou utilitários domésticos.

Milagres et al. (2006), produziram painéis utilizando partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*, polietileno de alta e baixa densidade, polipropileno, duas resinas, sendo resina termoplásticas de polipropileno (PP) e polietileno de alta e baixa densidade (PEAD e PEBD) e ureia-formaldeído (com adição de epóxi - Araldite), o catalisador K6 e emulsão de parafina. Com o aumento de 25% para 50% no teor de resinas termoplásticas influenciou significativamente nas propriedades das chapas, reduzindo o módulo de elasticidade, índice de absorção de água e inchamento em espessura.

Beline (2007) produziu MDF utilizando fibras de madeira, adesivo ureia-formaldeído, sulfato de amônia como elemento catalisador e emulsão de parafina como solução hidrorrepelente. O autor constatou que com o aumento da intensidade de refino dos cavacos utilizados, limitava-se o comprimento medio das fibras quebradas, reduzindo a frequência de vasos e parênquima, promovendo o escurecimento desses elementos

celulares. As fibras da madeira, no processo de desfibrilamento, separaram-se normalmente na região da lamela média, conforme exame de microscopia eletrônica de varredura. Os painéis com as diferentes morfologias de fibras atenderam à norma brasileira NBR 15316-2 (ABNT, 2006), contudo, apresentou falhas no processo de inchamento dos painéis produzidos com elementos celulares de morfologia mais fina.

Mendes et al. (2007), utilizaram clones de *Eucalyptus spp.*, as resinas fenol-formaldeído (FF), melamina-ureia-formaldeído (MUF), e fenol-melamina-ureia-formaldeído (PMUF), além de emulsão de parafina para a produção de painéis. As características físicas e mecânicas dos painéis variaram de acordo com a resina utilizada, não variando apenas no ensaio de inchamento. A resina fenol-melamina-ureia-formaldeído apresentou características de redução de custos de produção de painéis OSB<sup>4</sup>.

Battistelle et al. (2008), utilizaram lodo residual de celulose e fibras de folhas caulinares de bambu *Dendrocalamus giganteus*, para a produção de painéis. Foram utilizadas resina ureia-formaldeído (CASCAMITE PB-2346) e solução de parafina. As chapas apresentaram-se com boas características, sendo um fator de comercialidade do produto. Os ensaios de caracterização física e mecânica apresentaram resultados favoráveis, considerando-se os valores permitidos por norma.

Carneiro et al. (2009), utilizaram madeira de *Pinus elliotti*, assim como as resinas Ureia-formaldeído, adesivo à base de tanino hidrolisado (adesivo tânico) acrescido do adesivo de tanino de angico-vermelho e o tanino-formaldeído na produção de painéis. O adesivo tânico utilizado nesta pesquisa foi extraído da casca do angico-vermelho e apresenta vantagens com relação a adesivos sintéticos, por ser proveniente de uma fonte natural e de servir como alternativa à indústria de painéis. Contudo, apresentam alta reatividade com o formaldeído, elevada viscosidade, além de aplicabilidade e resistência na linha de cola<sup>5</sup>. A resistência mecânica das chapas feitas com tanino de angico-vermelho ultrapassou os valores mínimos requeridos em norma. A adição de 25% de taninos ao adesivo ureia-formaldeído reduziu o MOE (módulo de elasticidade). A adição de adesivos tânicos à ureia-formaldeído amplia as propriedades mecânicas. Não apresentam porém, boas características de absorção de água e inchamento, excedendo limites. Considerou-se nesta pesquisa a viabilidade de substituição parcial ou total dos adesivos comerciais

---

<sup>4</sup> OSB é a sigla para *Oriented Strand Board* (Painel de Tiras de Madeira Orientada, em tradução livre).

<sup>5</sup> Resistência da linha de cola significa o estudo que analisa a resistência do adesivo utilizado para colagem de painéis, onde há a aplicação de adesivo em uma faixa do painel e em seguida é analisada a resistência do adesivo aplicado (SEGUNDINHO, S. et al., 2015).

de ureia por adesivos taninos de angico-vermelho, contudo, direcionado a componentes construtivos de uso em áreas internas e sem exposição à umidade.

Saldanha e Iwakiri (2009), utilizaram o *Pinus taeda* L., as resinas fenol-formaldeído, melamina-ureia-formaldeído, e fenol-melamina-ureia-formaldeído na produção de painéis tipo OSB. Os autores constataram que houve aumento na densidade dos painéis e que essa característica melhorou as propriedades de MOE (modulo de elasticidade) e MOR (modulo de ruptura) no sentido paralelo da ligação interna, enquanto que no sentido perpendicular, o MOE e MOR não foram afetados pelo aumento da densidade. Os painéis produzidos com a resina fenol-formaldeído (FF) apresentaram resultados satisfatórios em todas as propriedades avaliadas na pesquisa, com exceção do MOE e MOR no sentido perpendicular. Concluindo, a pesquisa demonstrou a viabilidade na produção de painéis para aplicações específicas, com uma densidade elevada, assim como a resina fenol-melamina-ureia-formaldeído (PMUF) também apresentou características favoráveis na aplicação em painéis OSB.

Belini et al. (2010) utilizaram o bagaço de cana-de-açúcar, com variações de 0; 25; 50; 75 e 100% , juntamente com fibras de *Eucalyptus grandis*, resina ureia-formaldeído e solução hidro-repelente de parafina para a produção de painéis. Concluiu-se pela viabilidade de uso de painéis com até 50% de bagaço de cana-de-açúcar juntamente com fibras de *Eucalyptus grandis*.

Ferreira (2010) produziu painéis utilizando *Pinus taeda*, três tipos diferentes de adesivos: ureia-formaldeído, melamina-ureia-formaldeído e tanino da casca de acácia negra (em pó). Como solução catalisadora foi usada solução de formaldeído (para o tanino-formaldeído) e sulfato de amônia (para os outros dois adesivos), além da solução hidro-repelente de parafina. O uso do tanino na modificação da resina sintética ureia-formaldeído apresentou-se vantajoso nas visões econômica e ambiental, uma vez que o tanino é um polifenol obtido da casca e cerne de essências florestais, possui simples obtenção e de fonte renovável, podendo servir ainda como elemento capturador de formaldeído livre de resinas convencionais e servindo ainda como agente desenvolvedor de propriedades dos painéis de madeira reconstituída.

Melo et al. (2010), utilizaram partículas de *Eucalyptus grandis*, duas resinas, sendo a ureia-formaldeído e tanino-formaldeído extraído da Acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild) e o sulfato de amônia e o trigo sendo utilizado como elemento extensor, para a produção de painéis. Para os painéis de mesma massa específica, o tanino-formaldeído

produziu painéis com melhor resistência mecânica, quando comparado à ureia-formaldeído. Apresenta ainda melhor estabilidade dimensional.

Fiorelli et al. (2011) produziram painéis com bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana bi-componente a base de óleo de mamona. A resina mostrou-se uma alternativa eficiente na produção de painéis de partículas a base de bagaço de cana-de-açúcar, com ganhos para a impermeabilização e bom desempenho mecânico. Este painel pode ser utilizado em elementos estruturais, em edificações comerciais e industriais, além de serem usados em ambientes internos residenciais, construções agrícolas, setor moveleiro, decorativo e para aplicações não estruturais.

Iwakiri et al. (2012), produziram painéis utilizando madeira *azedarach* (cinomomo) juntamente com partículas de *Pinus taeda*. Como resina foi utilizada a ureia-formaldeído e o sulfato de amônia agiu como catalizador. Os tratamentos que utilizaram a maior porcentagem da resina ureia-formaldeído (10%) apresentaram melhores resultados, uma vez que o recobrimento das partículas com a resina dificulta a absorção de água.

Varanda (2012) produziu painéis utilizando *Eucalyptus grandis* e casca de aveia. Usou resina bicomponente (pré-polímero e polioli) poliuretana a base de óleo de mamona e resina ureia-formaldeído (com baixa emissão de formaldeído), além do catalisador cloreto de amônia e da parafina como solução hidrorrepelente. A melhor combinação dos elementos para produção dos painéis foi de 90 a 100% de *Eucalyptus grandis*, de 0 a 10% de casca de aveia e 14% de adesivo. Nos painéis com 100% de partículas de *Eucalyptus grandis* e 14% de resina houve um maior nível de porosidade dos painéis. Os resultados obtidos atendem às normas nacionais e internacionais, sendo um produto com características para ser aplicado nas indústrias de painéis, móveis, embalagens e na área da construção civil.

Silva et al. (2013), produziram painéis utilizando partículas de *Leucaena leucocephalae* e resina poliuretana (mono componente e bi componente) derivada do óleo da mamona. Os resultados foram favoráveis quanto às características físicas e mecânicas dos painéis, contudo, o autor ressalta a importância de novos estudos na busca pela utilização de menores teores de resina (inferiores a 10%) para reduzir os custos de produção.

Belini et al. (2014) produziram painéis a partir do bagaço de cana-de-açúcar e de fibras de *Eucalyptus grandis*, com resina ureia-formaldeído e como solução hidrorrepelente foi usada parafina. As variações de resina ureia formaldeído nos tratamentos não apresentou modificações significativas nos painéis finais. Contudo, nos tratamentos que

utilizaram bagaço de cana-de-açúcar houve a ausência de resistência contra ataques de cupins, exigindo o uso de protetores fungicidas e cupinícidas misturados à resina.

Pierre et al. (2014), produziram painéis utilizando *Eucalyptus grandis* e serragem, material reciclado de paletes. Como adesivo foi utilizada ureia-formaldeído em solução aquosa, o cloreto de amônia como catalisador e a parafina sólida como solução hidrorrepelente. A adição de resíduos madeireiros de serragem e do material reciclado de paletes (em proporção de 15 a 35%) em painéis aglomerados não apresentou mudanças significativas quanto ao desempenho físico (absorção de água). Os painéis apresentaram especificações mínimas de desempenho para absorção e inchamento em espessura, e os valores de densidades dos painéis não foram grandes.

A seguir são apresentadas informações mais detalhadas para dois tipos de resinas amínicas, a ureia-formaldeído, utilizada no presente trabalho.

### **2.2.1 Resina ureia-formaldeído**

A ureia-formaldeído é uma resina termofixa opaca, originária do aquecimento da ureia e do formaldeído em solução de amoníaco ou piridina. Encontra-se disponível em forma líquida viscosa ou como pó seco, que necessita da adição de água para o uso. É usada como aditivo em revestimentos de madeira, adesivos e agentes de ligação (BRANCO, 2012). A maior desvantagem dessa resina é a liberação do formaldeído durante o processo de aquecimento, substância tóxica ao ser humano. Tem-se buscado diversas alternativas para redução das emissões desta substância, tais como:

- Alterar a formulação da resina ureia-formaldeído (UF) – como por exemplo reduzir a razão molar formaldeído/ureia;
- Adicionar materiais captadores de formaldeído diretamente à resina;
- Adicionar separadamente captadores de formaldeído à madeira;
- Tratar os painéis após sua fabricação com aplicação de captadores de formaldeído ou com aplicação de revestimentos ou laminados; e,
- Mudar totalmente para outro sistema adesivo.

Dentre todas as alternativas, a mais praticada é a tentativa de reduzir a razão molar formaldeído/ureia das resinas. Nas décadas de 1970 e 1980 as razões de formaldeído/ureia eram de 1,6, enquanto atualmente já foram realizadas pesquisas com a razão formaldeído/ureia de 1,0, ou ainda menos. Esta redução traz a baixa tolerância



destas resinas às variações de processo, contudo, mantém esta resina liderando o *ranking* de resinas versáteis para produtos derivados da madeira (SILVA, 2008).

A resina melamina-formaldeído necessita de cura a quente (115°C a 160°C) semelhante à da ureia-formaldeído (cura a frio 20°C; cura a quente 160°C), além de apresentar resistência a umidade, sendo utilizada na fabricação de painéis para áreas externas e molhadas. Devido ao processo de fabricação desta resina, seu custo de mercado é elevado, principalmente quando comparado aos valores da ureia-formaldeído (CAMPOS e LAHR, 2004).

Estudos recentes buscam produzir painéis sustentáveis, que utilizem elementos compostos em sua formulação e não somente o uso de madeira ou da resina ureia-formaldeído. Em alguns processos produtivos, utiliza-se farinha de cereais juntamente à resina, porque a farinha em grande quantidade é capaz de retardar o processo de cura, servindo como um catalisador, garantindo melhores resultados finais aos painéis (CAMPOS e LAHR, 2004).

Na tabela 2.06 são apontadas as vantagens e desvantagens da resina ureia-formaldeído.

**Tabela 2.06** - Vantagens e desvantagens da resina ureia-formaldeído

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo custo</li> <li>• Facilidade de uso sob diversas condições de cura</li> <li>• Baixas temperaturas de cura</li> <li>• Solubilidade em água</li> <li>• Resistência a microrganismos</li> <li>• Dureza</li> <li>• Consideráveis propriedades térmicas</li> <li>• Ausência de cor da resina após o processo de cura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de resistência em condições de umidade e calor</li> <li>• Liberação de formaldeído durante o processo de cura (substância tóxica a saúde humana)</li> <li>• Possibilidade de usos apenas em ambientes internos</li> </ul>

Fonte: Silva (2008)

A resina ureia-formaldeído não é classificada como quimicamente perigosa, contudo, o formol que a constitui (n° CAS 50-00-0) é considerado como elemento de toxicidade do composto. Sua toxicidade é provocada quando inalado, ingerido ou quando há contato com os olhos ou com a pele, causando sintomas como: sensação de queimação, tosse, vermelhidão, dores de cabeça, náuseas, falta de ar, choque e colapso (KATSUKAKE, 2009).

Os efeitos de contaminação do meio ambiente por esta resina são mínimos, sendo tóxico apenas para organismos aquáticos. Segundo Katsukake (2009) a NFPA (*National Fire Protection Association*) este composto é classificado como substância que apresenta risco à saúde ou toxicidade, atingindo grau 1 de 5, correspondente a substâncias que podem causar irritações, porém com pequenas sequelas.

### **2.2.2 Resina poliuretana da mamona**

Segundo Silva (2003), os poliuretanos foram desenvolvidos por Otto Bayer em 1937, e sua comercialização iniciou-se com a fabricação de espumas rígidas, adesivos e tintas. Este tipo de resina possui grande versatilidade de usos e aplicações.

As resinas poliuretanos podem derivar do petróleo ou de fontes naturais, mais conhecidos como “biomonômeros”, que são obtidos de fontes renováveis, como óleos vegetais, extraídos de: soja, milho, açafrão, girassol, amendoim, oliva e mamona, entre outros (SILVA, 2003).

A mamona (*Ricinus communis*) é também conhecida mundialmente como “Castor Oil” ou ainda como caturra, no Brasil. Trata-se de uma planta da família das euforbiáceas, da qual é extraído o óleo de mamona, ou óleo de rícino, presente em suas sementes. Esta planta, abundante no Brasil, é encontrada em regiões tropicais e subtropicais (DIAS, 2005).

O óleo de mamona permite a sintetização de polióis e pré-polímeros de diferentes características mas, quando misturados, dão origem a um poliuretano. A mistura de poliól e pré-polímero (a base de mamona), a frio, conduz a reação de polimerização da mistura. Esta reação leva à formação da poliuretana, variando quanto a porcentagem de poliól que induzirá a índices de maior ou menor dureza, uma vez que a possibilidade de uso de um catalisador na reação terá a finalidade de aumentar o tempo da reação (DIAS, 2005).

O primeiro adesivo derivado do óleo de mamona foi desenvolvido pelo Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo. Esta resina é encontrada na forma de um líquido viscoso proveniente do processo de compressão das sementes ou a partir da extração com solvente. A partir da síntese do poliól e do pré-polímero (proveniente do óleo da mamona), tem-se a origem do poliuretano (BERTOLINI, 2011).

Conforme explicado mais detalhadamente no capítulo "4. RESULTADOS E DISCUSSÕES", as chapas se mostraram com acabamento superficial irregular e com pouca coesão (penas parcialmente soltas), como mostrado na Figura 3.12. Como

alternativa para redução deste problema, regularizando as superfícies e aumentando sua resistência, optou-se por realizar a pintura das chapas com duas demãos de resina poliuretana derivada da mamona, mesma solução adotada por outros autores.

### 2.3 COMPÓSITOS E FIBRAS NATURAIS / RESÍDUOS VEGETAIS

Com o avanço tecnológico e com o crescimento de necessidades da era atual, houve o desenvolvimento de novos produtos capazes de supri-las, como os materiais compósitos. Os compósitos tiveram início nas primeiras sociedades agrícolas e com o passar do tempo, foram esquecidos, voltando ao uso nas décadas de 1980 e 1990, nas quais foram utilizados de maneira crescente para melhorar o desempenho de veículos espaciais e de aviões militares (VENTURA, 2009).

O desenvolvimento das técnicas e materiais existentes atualmente surgiu basicamente da necessidade de usos mais complexos. Os primeiros seres humanos já utilizavam instrumentos feitos a partir de pedras e ossos de animais para auxiliar nas atividades diárias. Ao longo do tempo (Figura 2.11), a variedade de materiais foi evoluindo, conforme sua oferta, características e resistência, chegando ao mercado com uma forte gama produtos (ZHIGILEI, 2010).

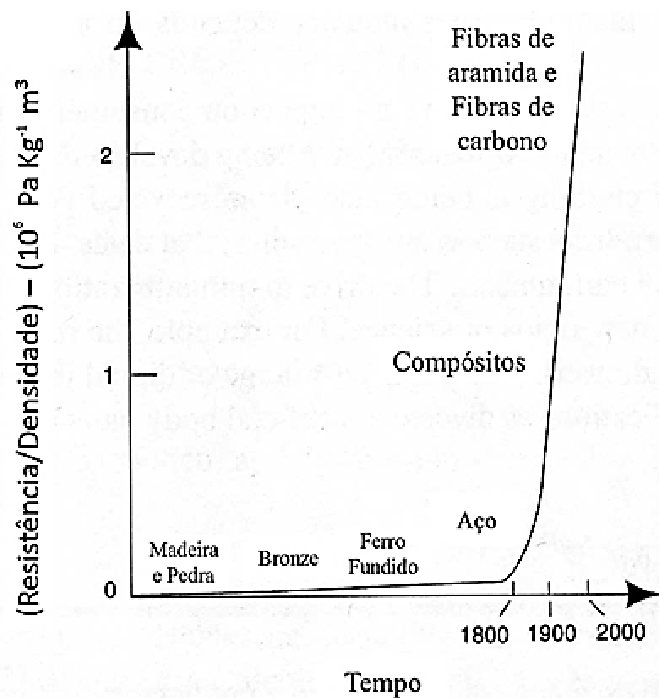


Figura 2.11- Evolução da relação resistência/densidade dos materiais ao longo do tempo  
Fonte: ZHIGILEI, 2010)

Compósitos são materiais de combinação macroscópica entre dois ou mais constituintes, resultando em algumas características superiores e outras inferiores aos existentes em seus constituintes originais. Portanto, pode-se concluir que existe uma infinidade de produtos possíveis de serem desenvolvidos. A produção destes materiais é feita a partir da mistura (química e/ou física) de uma fase contínua e outra descontínua (elemento de reforço e matriz) e podem aparecer na forma de partículas, fibras ou mantas (JUNIOR, 2013).

Materiais compósitos de fibras naturais como madeira, ossos, ramos finos de plantas têm sido produzidos ao longo dos séculos. Os povos Egípcios já utilizavam materiais compósitos de fibras naturais, como papiros para produzirem barcos, velas e cordas desde cerca de 4.000 a.C. (VENTURA, 2009).

Por um grande período cronológico, a produção de compósitos não encontrava-se disponível facilmente no mercado, porém atualmente os compósitos vêm sendo utilizados e consumidos, principalmente nas indústrias automotivas e de construção civil. Estas áreas aderiram ao uso deste material devido ao baixo peso e aos melhores desempenhos, principalmente mecânicos, superiores aos dos materiais convencionais (TORRES, 2013).

Segundo Ventura (2009), alguns materiais compósitos vêm sendo estruturados e desenvolvidos para substituir ligas metálicas, cerâmicas e poliméricos, atendendo às exigências tecnológicas, sendo constituído de duas fases: a matriz e o reforço. Na fase chamada de matriz, pode-se ter um metal, um polímero ou um material cerâmico, que são materiais que funcionarão como estrutura do material compósito e exercerá a função de preencher os espaços vazios deixados pelo material reforço. A fase reforço apresenta variadas formas e pode ser classificada em três categorias: compósitos particulados, compósitos de fibras descontínuas e compósitos de fibras contínuas. Os materiais integrantes dos reforços de compósitos são responsáveis por garantir força e rigidez, além de ampliarem a resistência ao calor, corrosão e condutividade.

A partir dos anos de 1960, o aço teve grande utilização no mercado da construção civil, na construção de casas, estruturas, pontes e monumentos, contudo, por suas desvantagens, como a fácil corrosão, dificuldades no manuseio e seu elevado peso, este material passou a ser substituído e teve seu uso reduzido a partir dos anos de 1990. Diante das transformações do mercado e desenvolvimento tecnológico, muitos materiais foram desenvolvidos buscando oferecer maior durabilidade, custo baixo e maiores

facilidades de usos e foi então que surgiram os materiais compósitos poliméricos, passando a serem empregados em diversos segmentos, como nas indústrias aeronáutica, aeroespacial, militar, naval, automobilística e de materiais esportivos. A partir da década de 90 a construção civil também buscou incorporar este tipo de material, uma vez que se tratava de um material leve, mais eficiente e durável do que qualquer outro produto até então utilizado (CARNEIRO e TEIXEIRA, 2015).

Os materiais compósitos poliméricos podem ser utilizados para reparo e reforço de estruturas convencionais de concreto e também no projeto de estruturas novas. Eles são comercialmente encontrados no mercado da construção na forma de tecidos bidirecionais, laminados unidirecionais, perfis e barras. (CARNEIRO e TEIXEIRA, 2008, p. 55).

Os materiais compósitos comuns usados frequentemente na indústria são a fibra de vidro em matriz epóxi e a fibra de carbono também em matriz de epóxi. Tem-se ainda como material compósito o concreto armado formado por uma matriz de concreto (cimento, areia e pedra) e pelo reforço do aço (CARAN, 2000).

O uso de fibras naturais, como uma variedade significativa do reforço, oferece um aumento da força da matriz, destacando as características desejadas das duas fases. As fibras vegetais são as mais antigas fibras de reforço, seguidas pelo vidro, fibras de cerâmicos e por fim metais sendo utilizadas para proporcionar aos compósitos rigidez e resistência térmica (VENTURA, 2009).

As pesquisas com o uso de recursos naturais incrementados aos polímeros é um assunto em crescente expansão, evidenciando neste processo o uso de fibras naturais. Assim, o desenvolvimento de pesquisas envolvendo materiais poliméricos e compósitos é crescente e contribuem com a preservação ambiental, melhorando o padrão de vida da população. O ramo de utilização das fibras naturais é amplo, desde o uso na indústria têxtil até o reforço de matrizes poliméricas termoplásticas e termofixas. Atualmente, existe ainda a utilização de compósitos produzidos com fibras naturais vegetais na indústria automotiva, sendo uma iniciativa ligada tanto a questões técnicas quanto comerciais (SILVA et al., 2009).

A utilização de fibras naturais de origem vegetal deve ser priorizada devido a sua grande variedade e oferta de plantas disponíveis na biodiversidade do planeta, facilmente acessadas para pesquisa, além de ser uma fonte de recurso renovável. A preocupação com a preservação ambiental e o reduzido valor nos custos finais do produto são fatores importantes, considerando a utilização de fibras naturais em materiais compósitos (MARINELLI et al., 2008).

Junior (2013) produziu compósitos poliméricos utilizando diferentes teores de fibra do *curauá* (abacaxi) *in natura* juntamente ao polímero polietileno de baixa densidade (PEBD). Marinelli et al (2008), desenvolveram e caracterizaram compósitos poliméricos de matriz de poliéster isoftálica reforçados com fibras de *curauá* e compósitos híbridos por fibras de vidro e *curauá*. Yamaji e Bonduelle (2004), realizaram pesquisas utilizando materiais reciclados, utilizando o polietileno de baixa densidade (PEBD), madeira em pó e serragem. Margem (2013) produziu compósitos constituídos de uma matriz polimérica de epóxi e poliéster, incorporados a porções de 10, 20 e 30% de fibra de *malva*.

McLaren, Assis, et al., (2002) foram pioneiros na fabricação da primeira ponte utilizando como para a produção do compósito plástico reciclado e fibras de madeira (serragem de madeira), produzindo o compósito conhecido como "madeira plástica". A ponte, representada na Figura 2.12, foi construída no rio Hudson, rio que corta New York, nos Estados Unidos. O material desenvolvido mostrou-se adequado à construção de pontes em um curto período de tempo. Trata-se de um material sustentável, não biodegradável e muito resistente às forças externas. Por utilizar materiais reciclados em sua composição, as vantagens de seu uso são grandes, devido ao aumento do ciclo de vida dos materiais envolvidos e principalmente por se tratar de um produto econômico e competitivo no mercado. O material é ainda fácil de ser manuseado, podendo ser trabalhado com ferramentas comuns de carpintaria.



**Figura 2.12** - Ponte o construída com compósito de plástico reciclado e madeira, sobre rio Hudson  
(Fonte: McLaren et al., 2002)

Rodrigues (2008) realizou sua pesquisa com o desenvolvimento de um compósito contendo borracha residual, proveniente de pneus usados, e resina PU, proveniente do óleo de mamona, chegando a um painel como produto final. O compósito desenvolvido teve como indicações de uso:

- Placas de revestimento de pisos;
- Núcleo de painéis sanduíche;
- Aparelhos de apoio (material utilizado para colocação entre elementos estruturais, metálicos ou de concreto armado);

Segundo Rodrigues (2008), seu produto pode ser utilizado ainda nas seguintes áreas da construção civil:

- Estruturas pré-fabricadas de concreto;
- Estruturas metálicas;
- Silos e reservatórios;
- Periferia em edifícios;
- Pilares centrais de ponte;
- Apoios extremos de pontes em viga contínua de grande extensão, quando recebem uma camada de teflon sobre a qual desliza uma chapa de aço inox;
- Apoios de pontes com grande esconsidade<sup>6</sup>, quando muitas vezes são circulares em planta;
- Amortecedores de máquinas em indústrias;
- Apoios de comportas;
- Apoios de sistemas de rolamento de metrô, etc.;
- Defensas portuárias, marítimas e proteção de pilares;

Martins, Araújo e Pellizzaro (1999) produziram um compósito a partir da junção dos polímeros PEAD (polietileno de alta densidade), PEBD (polietileno de baixa densidade) e o PP (polipropileno) mais cinza de carvão, buscando a produção de um material para uso na área da construção civil. Como resultado, obtiveram um compósito leve, com absorção de água desprezível e de bons resultados à compressão.

---

<sup>6</sup> Parte complementar do ângulo que é formado pelas direções de uma ponte, um viaduto etc.

Anjos et al. (2003) procuraram desenvolver um material compósito utilizando uma matriz cimentícia que pudesse ser utilizado na construção civil. Os autores produziram o compósito utilizando cimento Portland CP IIE-32 e um reforço de polpa celulósica de bambu, proveniente de uma fábrica de papel. O produto apresentou resultados satisfatórios demonstrando ser um produto adequado para ser utilizado na construção civil, aliado o fato de ainda ser um material sustentável, que utiliza materiais naturais e renováveis em sua produção.

Eires et al. (2010) produziram um compósito utilizando granulado de cortiça (um subproduto da indústria corticeira) juntamente a pasta de celulose proveniente do descarte de papel, fibras e cânhamo. A cortiça tem origem em uma planta conhecida como *sobreiro*, muito comum em Portugal e de grande interesse para usos na construção civil, já utilizada na área, porém sem funções estruturais, possuindo o comportamento semelhante a do polímero poliestireno expandido, vermiculite, perlite expandida, vidro expandido e argila expandida de pequena dimensão. O material desenvolvido apresenta características próprias para o uso em paredes divisórias, revestimento de tetos ou na regularização de pisos e enchimento, sem oferecer a proposta de usos estruturais.

Os compósitos apresentam excelentes propriedades físicas e mecânicas, características fundamentais para usos mais complexos e duradouros. Cada compósito apresenta características particulares, conforme sua composição. Para a aplicação destes materiais em componentes construtivos, é necessário que se conheçam suas propriedades e que se verifique a necessidade e aplicação que será feita com o produto, chegando-se ao melhor projeto possível, com relação às características físicas e mecânicas. Esses materiais podem ser utilizados em construções novas, em obras de reparo e reforma ou ainda como reforço estrutural. (CARNEIRO e TEIXEIRA, 2008).

Luz, et al., (2006) desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar as propriedades mecânicas e morfológicas de compósitos produzidos utilizando o polipropileno como matriz e como reforço o bagaço e palha de cana de açúcar, que são resíduos vegetais. Ao fim, constatou-se que o compósito produzido utilizando essas fibras possui bons índices de resistência à tração, semelhante aos do polipropileno puro. Apresenta ainda, melhores índices de suporte a deformação e ruptura e de características de flexão que o polipropileno (PP) puro, apresentando uma melhoria nas características mecânicas deste compósito de PP com o reforço das fibras vegetais de palha e gabaço de cana.

Furlan et al., (2012) produziram compostos de polipropileno reforçados com dosagens variadas de casca de aveia com o propósito de analisar as características mecânicas



deste material. As amostras a partir de 30% de acréscimo da fibra apresentou redução da resistência mecânica do material. Nesta pesquisa, constatou-se que as amostras com até 20% de casca de aveia foram as amostras que apresentaram índices de resistência mecânica, melhorando as características da matriz polimérica usada, demonstrando um potencial para este novo produto.

Paiva et al., (1999) utilizaram pré polímeros na preparação de matrizes em compósitos reforçados com fibras vegetais de sisal, curauá e bagaço de cana-de-açúcar. Ao fim do estudo, as amostras dos compósitos reforçados com sisal apresentaram um aumento nas características de resistência ao impacto quando comparado com as características da matriz termofixa. Já os compósitos utilizando a fibra de curauá, tratados com NaOH (10%), também revelaram uma melhora na resistência quanto ao impacto quando comparado à matriz utilizada. Por fim, os compósitos reforçados com o bagaço da cana de açúcar não apresentaram resultados significativos quanto a resistência a impactos, mas mesmo assim os estudos demonstraram um potencial de produção destes materiais para usos futuros no lugar de produtos com características semelhantes já existentes.

Joseph et al., (1999) analisaram as propriedades e variações de compósitos de matriz poliéster reforçados por fibras curtas de sisal em busca de avaliar as interferências do uso das fibras segundo seu comprimento, teor e orientação. Constatou-se assim, que os compósitos reforçados com fibras orientadas de sisal apresentaram resistência longitudinal 10 vezes maiores que a resistência transversal e três vezes maior que a resistência de compósitos de fibras dispostos ao acaso. A resistência do compósito aumenta com teores de fibra entre 20 e 50%, enquanto níveis inferiores a 20% e superiores a 50% tornaram-se ineficiente e reduziram as características do material, demonstrando assim seu futuro em usos futuros no lugar de materiais semelhantes.

Marinelli, et al., (2008), desenvolveram pesquisa apresentando a importância do investimento para o desenvolvimento de equipamentos e o aprofundamento de pesquisas que busquem produzir materiais compósitos utilizando fibras naturais existente em nossa biodiversidade, como é o caso do algodão, juta, rami, linho, sisal, fibra de côco e o curauá, que já são usados em pesquisas com compósitos. O trabalho apresenta o grupo de estudos de compósitos do *Fênix Amazônico*, que já apresenta estudos para analisar a viabilidade do uso de fibras da madeira balsa e da embaúba, fibras vegetais de bambu e mamona em compósitos que utilizam termoplásticos, em especial poliolefinas e PVC reciclados de resíduos urbanos, apresentando seus potenciais produtivos.

Monteiro, et al., (2006), analisaram as características dos materiais fibra/matriz de compósitos de poliéster reforçados com fibra de côco. Devido às rigosidades

apresentadas pelas fibras de côco, a resistência ao sisalhamento são afetadas neste compósito, contudo, essa característica facilita a adesão da resina no processo de cura, melhorando a tensão interfacial e ampliando a resistência mecânica do compósito, demonstrando sua importância como material para usos futuros.

Balzer, et al., (2007), produziram um compósito de PVC (policloreto de vinila) rígido com reforço de fibra de bananeira nas proporções de 5%, 10% e 20% em volume sobre o PVC. Após a produção do material, foram realizados ensaios e foram feitas análises das propriedades mecânicas, apresentando aumento da resistência à tração, redução no alongamento na ruptura e aumento na resistência ao impacto, tendo ainda uma sutil redução do peso específico do compósito final, demonstrando ao final ser um material com bons níveis de desempenho mecânico e menor peso.

Agrela, et al., (2009), produziram compósitos de polietileno de alta densidade (PEAD) com reforço de fibras lignocelulósicas de piaçava nas proporções de 5%, 10% e 20% do volume de PEAD. Diante dos resultados e análises constatou-se uma redução na estabilidade térmica do compósito quando acrescido 20% da fibra de piaçava, característica que não comprometeu o processamento e moldagem de placas de compósitos nas temperaturas de 160 e 190°C.

Rosário, et al., (2011), produziram e estudaram propriedades térmicas e mecânicas de compósitos de polipropileno (PP) virgem e reciclado reforçados com fibras residuais de sisal na proporção de 30% em massa sobre o PP. Em ambos os compósitos, produzidos com o PP virgem e com o reciclado, demonstraram uma queda significativa nos índices de alongamento na ruptura enquanto a resistência na tração não demonstrou grandes variações. Por fim, constatou-se que há viabilidade de produção deste compósito usando o PP reciclado junto da fibra de resíduos de sisal.

## **2.4 COMPÓSITOS E CONFORTO TÉRMICO**

Conhecer as condições climáticas e as necessidades de conforto térmico de cada ambiente possibilita a realização de planejamentos e análises para o emprego de materiais isolantes térmicos nas edificações. O uso de materiais que possam favorecer o conforto de ambientes traz uma redução de gastos com energia elétrica, uma vez que há uma redução no uso e aplicação de sistemas de climatização de ambientes.

A arquitetura tem o poder e o dever de projetar espaços voltados ao bem estar humano, criando locais e edificações que beneficiem a permanência e uso humano com fatores projetados ao bem estar. Um dos benefícios que a arquitetura pode trazer em seus

projetos é o conforto térmico, fator de extrema influência e importância no dia a dia e no bem estar humano. É através de condições favoráveis de vida e saúde que um organismo pode funcionar com o melhor desempenho possível, reduzindo níveis de exposição ao estresse e a fadiga (FROTA e SCHIFFER, 2001).

Quando o organismo humano é capaz de fazer trocas de calor com o ambiente sem esforços, há aí uma sensação de conforto térmico sentida pelo indivíduo, favorecendo assim suas atividades rotineiras e diárias. Desta forma, a arquitetura busca estudar estratégias e materiais capazes de proporcionar sensações de conforto térmico individual para suas edificações (FROTA e SCHIFFER, 2001).

No mercado encontra-se como isolantes térmicos a lã de vidro, lã de rocha, poliestireno expandido (EPS) e a espuma poliuretana de petróleo, materiais que reúnem em suas características vantagens e desvantagens, sendo selecionados seguindo as necessidades de cada usuário. Apesar de apresentarem vantagens para uso como isolante térmico, esses materiais geram uma elevada quantidade de resíduos ao final de sua vida útil, sendo ainda produtos de origem não natural ou renováveis (CRUZ, 2006).

Assim, encontra-se na atualidade a recorrente busca por materiais e técnicas que possam mitigar impactos gerados pela presença humana no meio e do largo descarte de produtos e resíduos em todas as áreas do mercado. Pesquisas variadas estão apresentando resultados voltados a busca de materiais que possam inovar quanto a seu uso e que tenham origem de fontes renováveis ou que gerem baixo impacto em sua produção, trazendo bons resultados para o desempenho térmico como isolantes.

Cruz (2006), produziu compósitos utilizando resíduo plástico termorrígido e resina poliuretana da mamona nas proporções de 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de variações do resíduo plástico. Inicialmente foi produzido um compósito utilizando um poliol junto a um pré polímero e o resíduo polimérico apresentou-se segregado e sem homogeneização, onde as proporções com 15% e 20% de resíduo apresentaram-se quebradiços durante o desmolde. Com o fim da produção dos primeiros corpos de prova, houve a moagem destes reduzindo-os a pó, sendo direcionado para fabricação de novos compósitos para futura comparação com as propriedades térmicas dos primeiros compósitos produzidos utilizando as proporções anteriores de 5%, 10% e 15% com exceção da de 20% devido a sua baixa trabalhabilidade e difícil homogeneização. Assim, seguiu-se acrescentando a cada proporção a resina PU (poliuretana) da mamona acrescentando o poliol e em seguida o pré polímero, ficando mais quinze dias no processo de cura. Foram realizados ensaios de resistência térmica destes compósitos e ao compará-los com isolantes térmicos existentes no mercado, como lã de rocha, lã de vidro e o poliuretano petrolífero

constatou-se que o material proposto na proporção de 5% de resíduo conduz menos calor que nas proporções de 10% e 15% de resíduo, contudo, o compósito de PU da mamona acrescido de 15% de resíduo é melhor condutor que o com 10%, sendo explicada esta melhora com os vazios existentes na superfície do poliuretano de mamona com maior quantidade de resíduo, que acaba aprisionando o ar e aumentando a capacidade de isolamento do compósito.

Barreto, et al., (2016), produziram compósitos utilizando a matriz polimérica poliuretana da mamona e como reforço foi utilizado madeira em duas granulometrias distintas, em forma de pó e de raspas, sendo dosadas na proporção de 20% do reforço sobre a matriz. Ao fim, foram realizados ensaios de densidade aparente e ensaios térmicos. Constatou-se que os compósitos utilizando raspas e utilizando pó de madeira apresentaram resultados térmicos semelhantes. Assim, avaliou-se que estes compósitos reforçados com madeira demonstraram condutividade térmica inferior à apresentada pelo PU puro, indicando ser um material de grande potencial para uso e aplicação na área de materiais isolantes térmicos.

Cruz, et al., (2009), utilizaram resíduos plásticos termofixos, provenientes da maior fábrica de botões da América Latina, como carga de um compósito de poliuretano de óleo de mamona com o propósito de utilizá-lo como elemento isolante térmico de ambientes, visando o conforto térmico destes locais. O material aqui proposto mostrou, através de ensaios, conduzir menos calor para o interior de ambientes, oferecendo ainda, maior inércia térmica que os isolantes térmicos existentes no mercado (lã de rocha, lã de vidro e poliuretano petrolífero). Assim, comprovou-se que o uso de PU da mamona com o resíduo plástico é uma alternativa potencial e serve ainda como base para conceitos de material com diferencial ambiental, renovável e biodegradável.

Cravo, et al., (2015), produziram e avaliaram as propriedades térmicas de um compósito a base de resíduos agrícolas (casca de amendoim e fibra de côco) nas proporções de 50:50, juntamente com 15% de resina poliuretano bi-componente à base de óleo de mamona. Desta forma, este compósito apresenta um maior calor específico e menor difusividade térmica ao comparar os resultados aos de isolantes comerciais (lã de rocha, lã de vidro e espuma rígida de poliuretano petrolífero), demonstrando elevado potencial deste produto como isolante térmico. Neste trabalho, constatou-se ainda que o compósito estudado exibe melhor valor quanto ao atraso térmico quando comparado a materiais isolantes, confirmando sua ampla capacidade quanto à resistência térmica para a instalação avícola proposta inicialmente.

Adamy, et al., (2016), apresentaram e compararam diferentes compósitos que possuem como base o talo de girassol, quanto às suas propriedades isolantes pertinentes aos requisitos de desempenho térmico mínimo estabelecidos pela norma ABNT 15575-4:2013 em sistemas de vedações verticais. Assim, demonstraram que compósitos produzidos utilizando talos de girassol apresentam um futuro promissor para uso como isolante térmico em aplicações.

Neira (2011), desenvolveu e caracterizou um compósito formado por uma espuma rígida de poliuretano derivada do óleo de mamona juntamente com sisal como elemento de reforço. Foram utilizadas fibras de sisal em forma de mantas com gramatura média de 1150g/m<sup>2</sup> e 1350g/m<sup>2</sup>, gramaturas estas que influenciaram no grau de isolamento térmico com o aumento da retenção de calor. Ao fim, constatou-se que este compósito apresenta resultados satisfatórios como isolante térmico, com resultados de desempenho térmico e mecânico favoráveis e semelhantes aos de materiais já usados nesta área atualmente.

Oliveira, et al., (2015), produziram um compósito utilizando a resina poliuretano da mamona juntamente da fibra de côco triturada, resíduo proveniente da produção de côco de uma fazenda de Minas Gerais. Diante dos resultados constatou-se que nas amostras onde a razão entre fibra e resina foi maior, houve uma redução no coeficiente de condutividade térmica, indicando que quanto menor a condutividade, menor a proporção de resina em relação à massa de fibra na composição da amostra. Por fim, o compósito produzido apresentou níveis satisfatórios e potenciais de uso em isolamento térmico comparado a outros materiais isolantes térmicos atuais.

Rizzo, et al., (2015), produziram um compósito utilizando resíduos de poliuretano rígido com reforço de fibras de bananeira e de celulose, buscando analisar suas propriedades de desempenho acústico, isolamento térmico e reação ao fogo com adição de 7% de polisulfona<sup>7</sup>. Nos compósitos com 100% de poliuretano acrescidos a 20% de fibras de bananeira e/ou 20% de celulose houve a caracterização com perda de transmissão sonora e condutividade térmica e a reação ao fogo, ou seja, apresentaram maior isolamento acústico em médias frequências, menor condutividade térmica, e a adição de polisulfona retardou o tempo total de queima do compósito. Desta forma, concluiu-se que este material apresenta potencial de uso em preenchimento de divisórias leves, ampliando o conforto térmico e acústico destes ambientes.

---

<sup>7</sup> Polisulfona – termoplástico amorfo e polar, de alta resistência mecânica e estabilidade quando exposto a elevadas temperaturas.

Rosa e Scherer (2017), avaliaram através de simulações dos resíduos agrícolas casca de arroz e sabugo de milho em compósitos para destinação de isolamento térmico para edificações na região sul do Brasil. Concluíram assim, que o uso da casca de arroz e do sabugo de milho possui um papel importante no isolamento térmico.



CAPÍTULO **3**

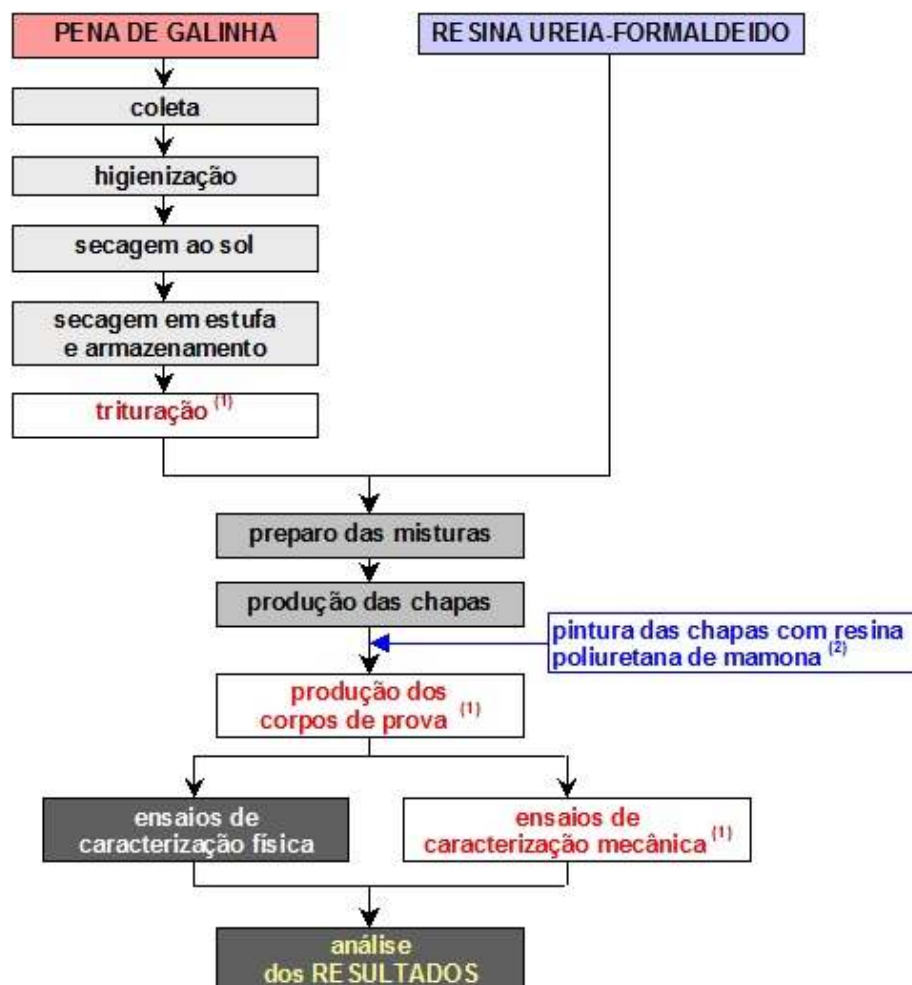
# ESTRATÉGIA METODOLÓGICA





Neste capítulo são descritos os procedimentos experimentais para produção e caracterização física e mecânica dos painéis particulados de pena de galinha com resina de ureia-formaldeído, de acordo com os objetivos do presente trabalho.

Os painéis foram produzidos no “Laboratório de Painéis e Secagem da Madeira”, da UNESP - Câmpus Experimental de Itapeva e os demais procedimentos e ensaios foram realizados no “Laboratório de Estruturas e Construção Civil”, da Faculdade de Engenharia, da UNESP - Câmpus de Bauru. As principais etapas de realização da parte experimental da pesquisa são apresentadas no fluxograma da Figura 3.01, já com os ajustes definidos durante o processo (cujas justificativas encontram-se no “Capítulo 4”).



**Figura 3.01** - Fluxograma da parte experimental da pesquisa, destacando-se três etapas excluídas <sup>(1)</sup> e outra inserida <sup>(2)</sup> durante a realização do trabalho

### 3.1 COLETA E PREPARAÇÃO DA PENA DE GALINHA

A pena de galinha, proveniente do abate comercial das aves, foi coletada em uma propriedade rural particular, localizada no município de Macatuba-SP e, por ser um abatedouro de pequena proporção, as coletas foram realizadas apenas nos dias de abate, às segundas, terças e sextas-feiras, sendo depositadas em sacos plásticos logo após serem retiradas dos animais abatidos para, em seguida, passarem pela etapa de higienização.

As penas foram inicialmente lavadas em solução de água e hipoclorito de sódio na proporção de 2 litros de hipoclorito de sódio para 20 litros de água (Figura 3.02), repetindo este processo três vezes, em baldes distintos, para eliminação de todas as impurezas provenientes do abate, como restos de pele, dejetos, sangue e gordura.



**Figura 3.02** - Penas de Galinha durante fases de lavagem em solução de água e hipoclorito de sódio

Após a lavagem, as penas seguiram para a retirada do excesso de água, em uma centrífuga caseira, permanecendo neste processo até que fosse retirado o máximo possível de água, como mostrado na Figura 3.03.



**Figura 3.03** - Centrífuga utilizada para retirada do excesso de água das penas, após a lavagem

Em seguida, as penas passaram por uma etapa de secagem ao sol (Figura 3.04), permanecendo espalhadas em uma superfície forrada com plástico por um período de quatro dias. Ao final, foram ensacadas e armazenadas.



**Figura 3.04** - Etapa de secagem das penas ao sol

Após secagem ao sol, as penas foram secadas em estufa e redução da umidade a um mínimo possível (Figura 3.05). Por falta de referências bibliográficas sobre esta etapa (específica para este material), optou-se por manter as penas em estufa por 24 horas, a temperatura de 70°C, conforme adotado por Faria (2002), para secagem de biomassa vegetal. Por fim, as penas foram armazenadas em sacos plásticos vedados, para posterior produção dos painéis.



**Figura 3.05** - Disposição das penas em bandejas metálicas, para secagem em estufa

Como já exposto, as penas são formadas por diversas partes com características muito distintas, principalmente em termos de rigidez, densidade e dimensões. Portanto, por ocasião do projeto de pesquisa, foi planejada a sua trituração com os seguintes objetivos: i) reduzir o material a fragmentos de dimensões mais uniformes; ii) obter um material

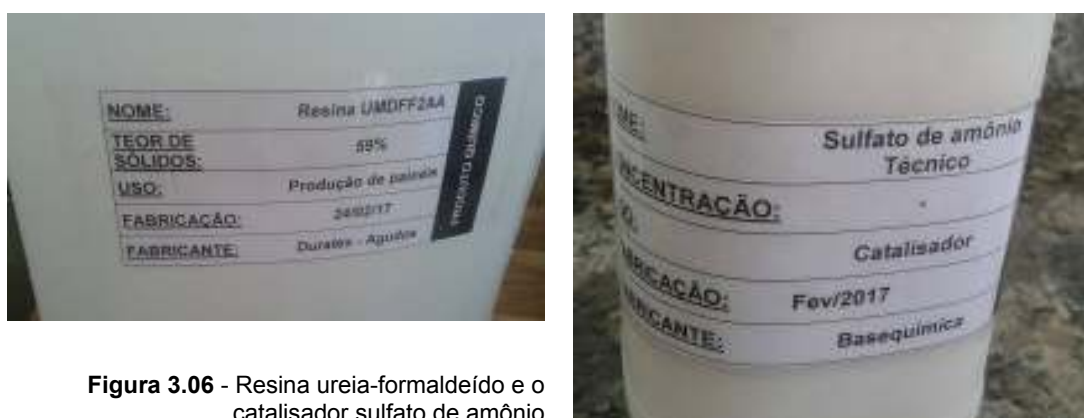
particulado mais homogêneo; iii) melhorar a eficiência da distribuição da resina e do catalisador pelo material particulado (mistura mais homogênea); iv) otimizar o processo de prensagem; e, v) obter chapas mais densas, mais homogêneas e mais bem acabadas.

No entanto, durante a realização da pesquisa, constatou-se a impossibilidade de acesso a uma máquina que fosse capaz de realizar a trituração das penas. Os trituradores forrageiros, facilmente encontráveis no mercado, não se mostraram adequados para esta operação, tendo sido experimentados dois modelos disponíveis no Laboratório de Estruturas e Construção Civil, da FEB/UNESP-Bauru. Então, foi realizada uma intensa busca em páginas internet de fabricantes de máquinas agrícolas, além de contatos diretos com avicultores, sem sucesso. Neste momento, decidiu-se por produzir as chapas com as penas inteiras, sem trituração, já que seria inviável projetar e financiar a fabricação de uma máquina específica para este fim.

### 3.2 RESINA UREIA-FORMALDEÍDO

A resina ureia-formaldeído é a mais utilizada na indústria de produção de painéis particulados de madeira. É um produto de baixo valor comercial e favorável para a produção do painel proposto no presente trabalho.

A resina utilizada possui teor de sólidos de 58 a 60% e *gel time*<sup>1</sup> de 45 a 65 segundos (Figura 3.06). Pode alcançar o processo de cura a frio (a 20°C) ou por aquecimento em prensagem a quente com temperatura até 160°C). A resina foi cedida pela indústria *Duratex*, do município de Agudos-SP e suas principais características são apresentadas na tabela 3.01.



**Figura 3.06** - Resina ureia-formaldeído e o catalisador sulfato de amônio

<sup>1</sup> *Gel time* é a expressão que indica o espaço de tempo que dura a reação entre a resina e o catalisador, para início do processo cura a frio.

**Tabela 3.01-** Características da resina ureia formaldeído, segundo o fabricante

VARIÁVEIS	VALORES
Teor de Sólidos (Estufa - 4h/105°C)	58,0 a 60,0%
Viscosidade Brookfield (25°C)	40 a 65 cP
Viscosidade CF4 (25°C)	13,0 a 25,0 segundos
PH (25°C)	7,0 a 8,5
Densidade (25°C)	mínimo 1,24 g/cm <sup>3</sup>
Gel time (Água em ebulição)	45 - 65 segundos
Tolerância em água (25°C)	mínimo 300%
Emissão de Formol	30mg/100g de chapa (Segundo a Norma NBR 15.316)
Shelf Life	20 dias

### 3.3 PREPARO DAS MISTURAS

Foram produzidas chapas com três misturas diferentes (traços), variando-se a proporção de resina de ureia-formaldeído adicionada às penas de galinha, conforme planejamento apresentado na tabela 3.02, notando-se que foram usadas quantidades iguais de resina e catalisador.

O planejamento inicial eram as seguintes proporções de resina (em relação à massa de pena): 6%, 10% e 14%. Realizou-se a mistura e a prensagem de 14%. Depois, ao realizar a prensagem da mistura de 10%, notou-se grande dificuldade na aglutinação das penas. Baseado nisso, decidiu-se não realizar a mistura de 6% e substituí-la pela de 12% (intermediária, entre 10 e 14%).

**Tabela 3.02 –** Planejamento dos tratamentos (traços)

Traço	Quantidade de componentes para cada chapa(g)			Quantidade de placas
	Pena de galinha	ureia-formaldeído	Catalisador (sulfato de amônia)	
<b>1 (10%)</b>	1.250	125	125	5
<b>2 (12%)</b>	1.250	150	150	5
<b>3 (14%)</b>	1.250	175	175	5

Os materiais de cada mistura foram pesados em balança com precisão de 0,01 g, diretamente dentro de um balde de 100 litros (Figura 3.07), para facilitar a pulverização do catalisador e da resina. Iniciou-se com a pesagem da pena, seguida pela pulverização do catalisador e da resina.



**Figura 3.07.**- Balde com as penas para a pulverização de resina e balança usada na pesagem das misturas

Foi experimentada a pulverização em um misturador de uso corrente no laboratório (Figura 3.08 a), porém, durante a rotação do equipamento as penas se acumulavam e acabavam caindo sobre o bico de aspersão (uma peça de plástico), quebrando-o. Dessa forma, chegou-se a conclusão de que este equipamento não era adequado para a mistura do material em estudo e optou-se pela mistura manual.

Na mistura manual, a resina (líquida) foi pulverizada com auxílio de um pulverizador de ar comprimido (Figura 3.08 b), aos poucos, intercalando com o revolvimento da mistura.



**Figura 3.08 - a)** Misturador de partículas, com bico de aspersão no detalhe; **b)** Pulverizador com ar comprimido

### 3.4 PRODUÇÃO DAS CHAPAS

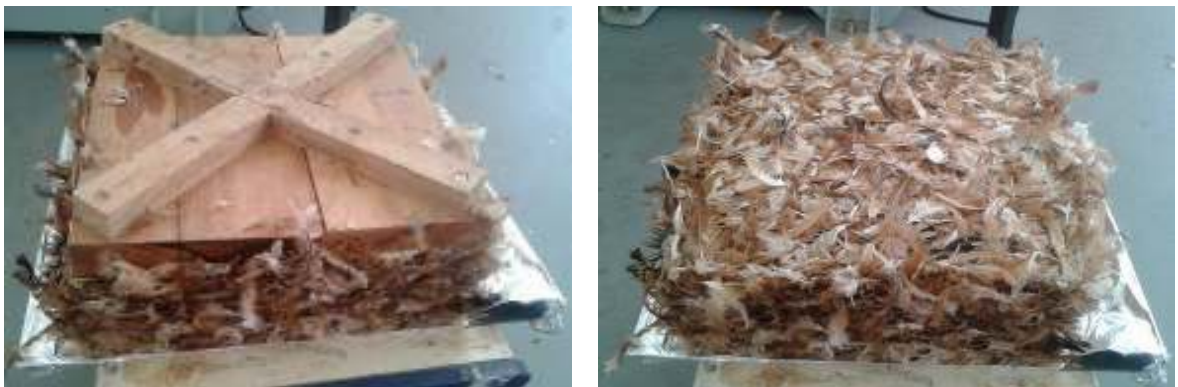
A produção das chapas se deu em duas etapas: i) **Pré-prensagem**, a frio; e, ii) **Prensagem** a quente.

Para a pré-prensagem, a mistura foi colocada em um molde de madeira, sobre uma chapa de ferro encapada com papel alumínio (para facilitar a remoção da chapa na etapa de prensagem a quente), formando o chamado colchão. O colchão colocado em uma prensa hidráulica manual, da marca "Ribeira", com capacidade de 15 toneladas (Figura 3.09). Foi aplicada uma carga de 2 tf, por 10 min.



**Figura 3.09** -. Molde de madeira com a mistura, durante a etapa de pré-prensagem a frio, em prensa manual

Após a pré-prensagem, o colchão foi retirado do molde de madeira, sobre uma mesa de apoio, para colocação de mais uma chapa de ferro na superfície superior e realização da etapa de prensagem a quente (Figura 3.10).



**Figura 3.10** -. Colchão recém saído da prensa manual, após pré-prensagem

A prensagem a quente foi realizada em uma prensa "Hidral Mac PHH 80T", com capacidade de 80 toneladas. O processo de prensagem de cada chapa foi realizado à temperatura de 160°C, em três ciclos de 3 min cada um, com intervalo de 30 seg entre os ciclos, totalizando 10 min. No intervalo de 30 seg, a tensão era aliviada, com a subida da chapa superior, para eliminação dos vapores. Foi aplicada uma carga equivalente a tensão de prensagem de 40 kfg/cm<sup>2</sup>, obtendo-se chapas com dimensões aproximadas de 42 cm x 42 cm x 1,5 cm, após o processo de resfriamento.



**Figura 3.11** - Prensa a quente  
*Hidral Mac PHH 80T*

Para melhorar a regularização e estabilidade da superfície das placas produzidas, foram aplicadas com pincel duas demãos de resina poliuretana bi-componente de óleo de mamona, em cada face (figura 3.12), conforme justificado no "Capítulo 4".



**Figura 3.12** - Preparação da resina poliuretana para posterior aplicação nas superfícies da placa



Para avaliar a quantidade exata de resina que foi incorporada às placas durante a aplicação, estas tiveram suas massas medidas e anotadas antes e depois da pintura (após secagem da resina em período de 24 h).

### 3.5 PROCEDIMENTOS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

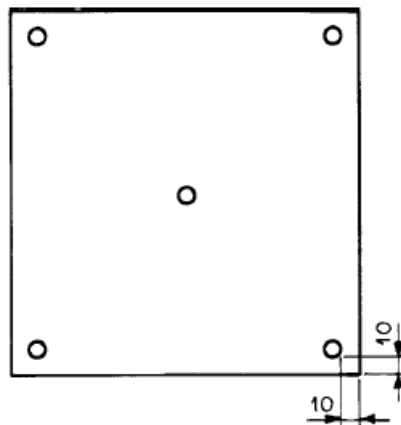
A seguir são apresentados os procedimentos dos métodos de ensaios realizados em três chapas com variações de 10, 12 e 14% de resina ureia formaldeído. Conforme apontado no fluxograma da figura 3.01, não foi possível produzir corpos de prova para realização de todos os ensaios previstos na norma brasileira para chapas de partículas de madeira. Portanto, a caracterização física se deu apenas pela determinação da densidade e do comportamento térmico.

#### 3.5.1 Ensaio de determinação da densidade

A densidade ( $d$ ) é determinada de acordo com o item "6.1" da norma ABNT NBR 14810-3 (ABNT, 2002), utilizando-se os seguintes equipamentos: i) Medidor de espessura com resolução de 0,1 mm; ii) Paquímetro com resolução de 0,1 mm; e, iii) Balança com resolução de 0,1 grama.

O comprimento e a largura foram medidos com o paquímetro e a espessura, com o medidor de espessura (micrômetro) em cinco pontos de cada corpo de prova, sendo um no centro e os demais como mostrados na Figura 3.13. A massa dos corpos de prova foi medida na balança, com resolução de 0,1 g.

O ensaio foi realizado em uma chapa de cada traço (10%, 12% e 14% de resina), em ambiente com temperatura aproximadamente constante de 20°C.



**Figura 3.13** - Pontos de medição no corpo de prova, com distâncias em milímetros  
(Fonte: ABNT NBR 14810-3)

A densidade foi calculada pela equação 1.

$$d = \frac{M}{V} \times 10^6 \quad (1)$$

sendo:  $V = L \times C \times e$

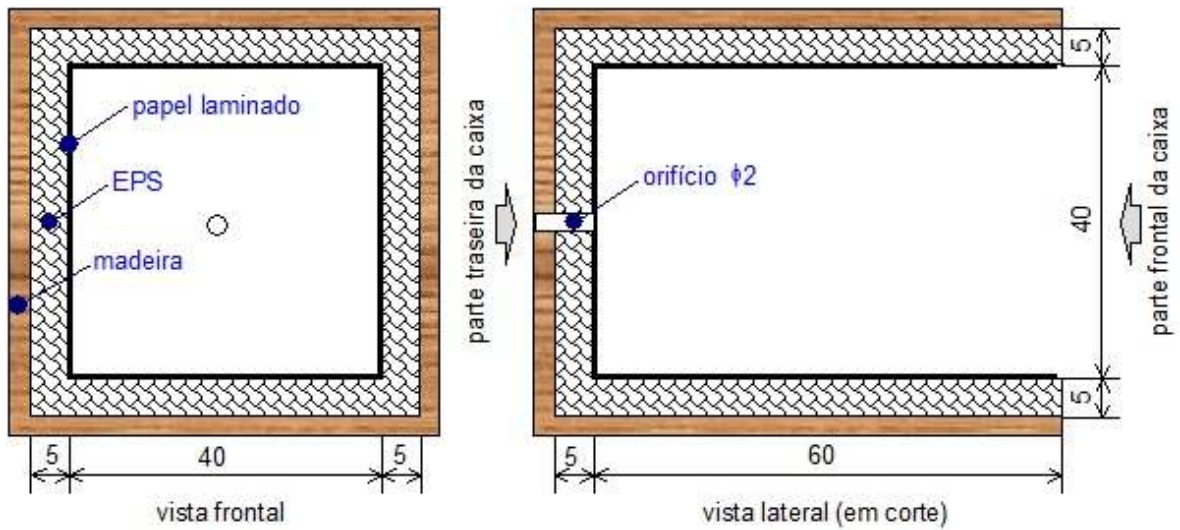
onde:  $d$  - densidade do corpo de prova (em kg/m<sup>3</sup>)  
 $M$  - massa do corpo de prova (em g)  
 $V$  - volume do corpo de prova (em g)  
 $L$  - largura do corpo de prova (em mm)  
 $C$  - comprimento do corpo de prova (em mm)  
 $e$  - espessura média do corpo de prova (em mm)

### 3.5.2 Ensaio de avaliação do desempenho térmico

Constatada a inadequação dos painéis para produção dos corpos de prova para sua caracterização física completa (de acordo com a norma brasileira para chapas de partículas de madeira), deliberou-se por realizar um ensaio de avaliação de sua capacidade de isolamento térmico. Dentre as várias propriedades térmicas dos materiais, consideraram-se mais importantes para os objetivos do presente trabalho a condutividade térmica ( $\lambda$ ) e a resistência térmica ( $R_t$ ).

A condutividade térmica representa o processo de transferência de calor, ao longo do sistema, partícula a partícula. O coeficiente de condutividade térmica é característico de cada tipo de material. Bons condutores de calor têm  $\lambda$  elevado, enquanto que os maus condutores,  $\lambda$  reduzido. "Assim como uma resistência elétrica é associada com uma condução de eletricidade, uma resistência térmica pode ser associada com uma condução de calor" (ORDENES et. al, 2008, p. 12).

Para realização dos ensaios, foi adotada a estratégia metodológica proposta por Alvisi (2011), baseada no trabalho de Varnier (2010). Em síntese, a resistência térmica foi medida pela passagem de calor em regime permanente através de uma montagem em série usando uma placa de material com características conhecidas, o PSAI (poliestireno de alto impacto), e a placa a ser ensaiada de pena de galinha. O dispositivo completo, câmara térmica ou "caixa", é esquematizado na figura 3.14 e ilustrada na figura 3.15.



**Figura 3.14** - Esquema de configuração da câmara térmica proposta por Varnier (2010) e adaptada para o ensaio de determinação da resistência térmica (dimensões em cm)

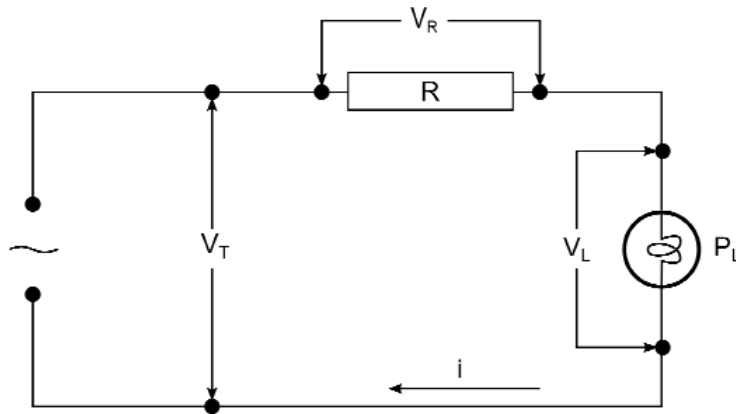
Para garantir que a temperatura interna tivesse o mínimo de perdas possível, foram colocadas tiras de espuma por todas as bordas externas da câmara.



**Figura 3.15** . Câmara térmica utilizada nos ensaios de determinação da resistência térmica, cujas dimensões efetivas da abertura são 0,300 m x 0,295 m

Para o aquecimento da câmara térmica foi utilizada uma lâmpada incandescente de 25 W (tensão de 127 V), ligada em série com um resistor de 9,2 ohms (com tensão de 1,2 V). Este resistor foi utilizado para fazer a determinação da potência elétrica real fornecida para a lâmpada (figura 3.16).

Para a realização dos ensaios, o circuito (Figura 3.16) foi ligado a um estabilizador de voltagem, equipamento utilizado para reduzir a variação na tensão de entrada para a lâmpada.



**Figura 3.16** . Esquema de funcionamento do circuito utilizado para medição da potência da lâmpada  
Fonte: ALVISI (2011)

Foram ensaiados três painéis, para 10%, 12% e 14% de resina. Os ensaios foram realizados utilizando juntamente da placa de penas mais uma placa de PSAI, material de ampla aplicação em peças internas e externas de aparelhos eletrônicos, de telecomunicações, aparelho de som de carros, cabos e armações para guarda-chuvas, gabinetes para geladeiras, peças de máquinas e veículos, caixas para rádio, televisão, microcomputadores e grades de ar condicionado. Apresenta ainda bons índices de rigidez, baixo custo, é atóxico e algumas de suas propriedades são apresentadas na tabela 3.03. As características necessárias para a análise final dos resultados seriam de densidade, condutividade térmica e calor específico.

**Tabela 3.03** - Propriedades do PSAI (poliestireno de alto impacto)

Propriedades	Unidade	Valor
Densidade (d)	g/cm <sup>3</sup>	1,04 – 1,10
Condutividade térmica (k)	W/(m·K)	1 – 3
Calor específico (c)	cal/(g.°C)	0,32 – 0,35

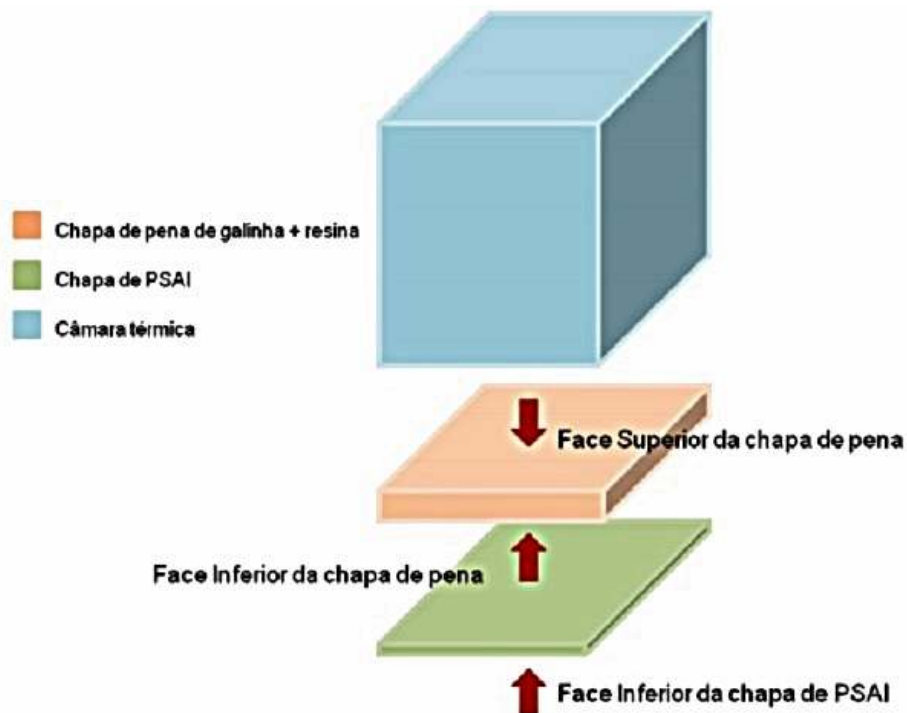
Assim, a placa de PSAI, de dimensões de 40 x 40 x 0,5cm, foi apoiada sobre duas banquetas (figura 3.17) e logo acima era colocada uma das chapas de pena a ser ensaiada (figura 3.18). A câmara tinha, na sequência, a lâmpada ligada e era sobreposta à placa de pena de galinha, permanecendo ali até que a temperatura interna se estabilizasse e o experimento pudesse ser encerrado, com o desligamento da lâmpada e

a retirada da câmara sobre a placa de pena e os sensores de análise de temperatura pudessem ter suas informações transferidas para o computador, para posterior análise.



**Figura 3.17** . Montagem do sistema de análise térmica dos painéis (bancetas de apoio, Hobos e termômetro digital)

Para o registro dos dados de temperatura, foram utilizados três sensores externos, *Hobo Pro Series* (números 4693, 4690 e 4698), sendo instalados em dois pontos centrais das chapas de pena de galinha (faces superior e inferior) e no ponto central da face inferior da chapa de PSAI, exposta ao ambiente da sala de ensaio (figuras 3.18, 3.19 e 3.20).



**Figura 3.18** - Esquema da disposição dos sensores térmicos nas chapas de pena e de PSAI



Figura 3.19 - Distribuição dos sensores dos Hobos sobre cada placa



Figura 3.20 - Termômetro digital com os cabos dos sensores e ligação de um dos cabos na face externa do painel de PSAI inferior

Para o acompanhamento da situação de estabilização da temperatura do sistema interno da câmara térmica, foi utilizada um termômetro digital multicanal *Instrutherm TH-1000*, com o uso de dois canais ligados a sensores térmicos dispostos na face interna da câmara e um na face externa da chapa de PSAI exposta ao tempo. Verificou-se quando essas temperaturas ficavam estáveis, ou seja, quando a troca de calor através do painel seguiria em regime permanente.

Para os cálculos de condutividade térmica ( $\lambda$ ) e de resistência térmica ( $R_t$ ) das chapas de pena de galinha, as temperaturas detectadas pelos Hobos foram registradas em intervalos de 10 minutos, desde o momento em que a lâmpada do interior da caixa foi acesa ( $T_0$ ) até o início da estabilização das temperaturas. Os cálculos de densidade de fluxo de calor ( $q$ ),  $\lambda$  e  $R_t$  foram realizados de acordo com as equações 2 a 4.

$$q = (V_T - V_R) \frac{V_R}{S \cdot R} \quad (2)$$

onde:  $q$  - densidade de fluxo de calor por unidade de área (em W/m<sup>2</sup>)  
 $V_T$  - tensão de entrada (em V)  
 $V_R$  - tensão do resistor (em V)  
 $S$  - área do material (em m<sup>2</sup>)  
 $R$  - resistência do resistor (em  $\Omega$ )

$$\lambda = \frac{q \cdot e}{\Delta T} \quad (3)$$

onde:  $\lambda$  - condutividade térmica (em W/m.K)  
 $e$  - espessura do material (em m)  
 $q$  - densidade de fluxo de calor por unidade de área (em W/m<sup>2</sup>)  
 $\Delta T$  - diferença de temperaturas entre duas faces (em K)

$$R_t = \frac{e}{\lambda} \quad (4)$$

onde:  $R_t$  - resistência térmica (em m<sup>2</sup>K/W)  
 $\lambda$  - condutividade térmica (em W/m.K)  
 $e$  - espessura do material (em m)

Os ensaios foram realizados na sala da máquina de ensaios do Laboratório de Engenharia Civil da UNESP, campus Bauru. Esta sala foi escolhida por poder ser utilizada exclusivamente para o ensaio, sem interferências de entrada e saída de pessoas do ambiente, além de ficar localizada dentro do laboratório e ser climatizada. A temperatura da sala foi mantida em 18°C durante todo o período de realização dos ensaios, permitindo assim a criação de um ambiente com condições mais próxima das ideais para esta natureza de ensaio. Os resultados foram tratados em planilha eletrônica *Microsoft Excel*.







CAPÍTULO **4**

# RESULTADOS E DISCUSSÕES



Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos, sua discussão e comentadas as dificuldades encontradas. Dessa forma, em uma análise global, considera-se que a hipótese inicial não se confirmou, ou seja, não é possível a produção de chapas de compósito com adição de pena de galinha / resina, utilizando-se as penas inteiras, com qualidade mínima suficiente para sua aplicação estrutural na construção civil, mas possui bons resultados para usos em isolamento térmico.

#### 4.1 PRODUÇÃO DAS CHAPAS

Após o procedimento de prensagem do compósito, conforme descrito no Capítulo 3, verificou-se nas placas uma superfície muito irregular (figura 4.01) e com desagregação do material, o que dificultaria tanto uma maior precisão em relação às dimensões da placa (espessura, comprimento e largura) quanto seu desempenho nos ensaios de caracterização físico-mecânicas.



**Figura 4.01** - Detalhe da superfície irregular do compósito após a prensagem

Cada chapa foi produzida obedecendo rigorosamente aos mesmos parâmetros de dosagem, pulverização, pré-prensagem, temperatura, pressão e tempo, ainda assim muitas acabavam “explodindo” dentro da prensa no primeiro intervalo de tempo de 5 segundos para eliminação do vapor da prensagem, comprometendo toda a chapa e forçando o seu descarte. Após a prensagem, as chapas de composto eram retiradas das chapas de ferro do molde e deixadas para o resfriamento. Nas figuras 4.02 a 4.04 são mostradas algumas das chapas produzidas, para cada um dos três traços, notando-se as irregularidades de acabamento.



**Figura 4.02** - Chapas prontas, com o traço de 10% de resina ureia-formaldeído



**Figura 4.03** - Chapas prontas, com o traço de 12% de resina ureia-formaldeído



**Figura 4.04** - Chapas prontas, com o traço de 14% de resina ureia-formaldeído

Os valores das massas são apresentados na tabela 4.01. Na tabela 4.02 são apresentadas as porcentagens de resina poliuretana incorporadas às chapas, com a pintura superficial (figura 4.05), etapa incluída com o objetivo de melhorar o acabamento superficial e reduzir a perda de penas.



**Figura 4.05** - Estado das placas durante a pesagem, antes (à esquerda) e depois (à direita) da pintura com resina

**Tabela 4.01** - Massas (em kg) das placas, antes e depois da pintura com resina poliuretana

Traços	10%		12%		14%	
	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>
1	1,045	1,575	1,325	1,600	1,220	1,540
2	1,030	1,360	1,270	1,520	1,330	1,680
3	0,745	perdida	1,155	1,440	1,050	1,330
4	1,200	1,510	0,935	1,165	1,195	1,570
5			1,215	1,440	1,360	1,640
<b>Médias</b>	1,092	1,482	1,180	1,433	1,231	1,552
<b>sd</b>	0,094	0,110	0,151	0,164	0,123	0,136

onde: M<sub>0</sub> é a massa da placa antes da pintura com resina (kg);  
M<sub>1</sub> é a massa da placa depois da pintura com resina (kg);  
sd é o desvio padrão das amostras

**Tabela 4.02** - Resultados médios de incorporação de resina poliuretana na pintura das chapas

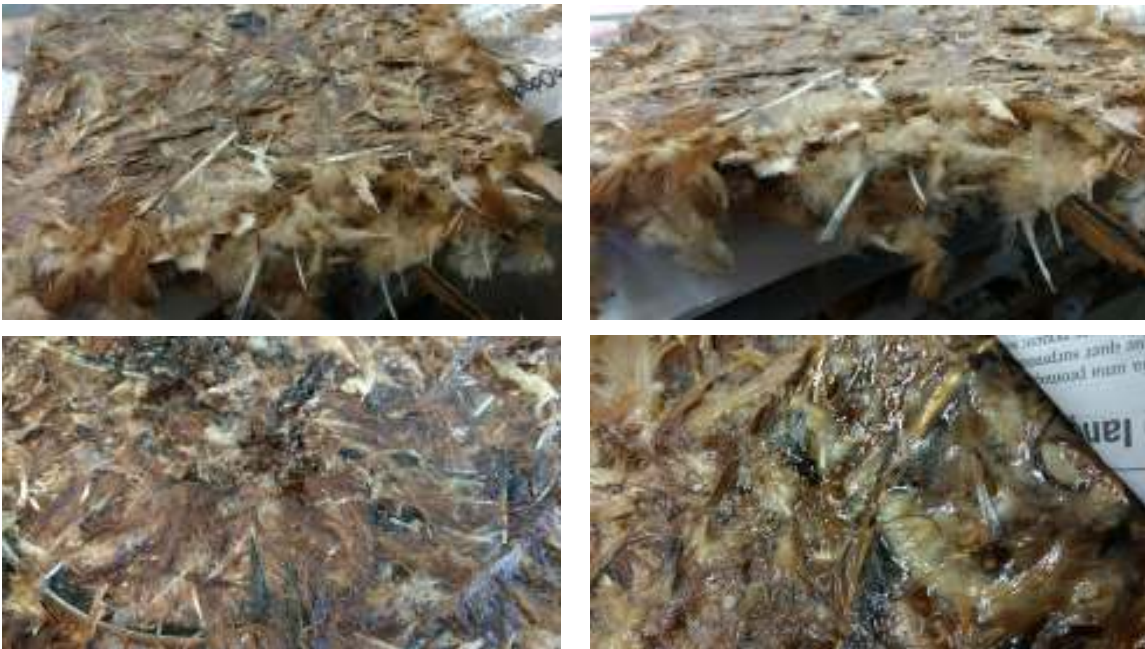
Traços	10%	12%	14%
<b>M<sub>0</sub> (kg)</b>	1,092	1,180	1,231
<b>RI (%)</b>	<b>35,71</b>	<b>21,44</b>	<b>26,08</b>

onde: M<sub>0</sub> é a massa média da placa antes da pintura com resina  
RI é a porcentagem média de resina incorporada com a pintura

Observando-se os resultados da tabela 4.02, nota-se que com o aumento da porcentagem de resina ureia-formaldeído nas chapas (traços), a massa média das chapas aumentou, o que já era esperado. No entanto, o acréscimo de resina poliuretana, para acabamento superficial das chapas, não apresenta correlação definida com o traço

(porcentagem de resina ureia-formaldeído), provavelmente porque a operação de pintura foi realizada manualmente e com controle apenas visual do acabamento final, ou seja, não foi possível o controle da espessura das camadas de pintura.

Contudo, o resultado alcançado após a pintura das placas com resina não foi satisfatório, como ilustrado nas figuras 4.06 e 4.07. Posteriormente ao processo de aplicação das resinas, as placas ainda apresentavam certas irregularidades quanto ao acabamento superficial e compactação final, que inviabilizaram o corte dos corpos de prova e, conseqüentemente, a realização de todos os ensaios de caracterização física e mecânica.



**Figura 4.06** - Algumas imagens dos painéis após pintura com resina poliuretana, notando-se aparência das bordas e superficial

A pintura com resina poliuretana comprovou ser um tratamento apenas estético, já que não houve penetração no material e não melhorou suas propriedades internas. Caso as chapas tivessem apresentado resultado satisfatório no seu interior, com possibilidades concretas de uso, poderia ser considerado que a pintura representaria algum ganho de resistência superficial (aumento de durabilidade), além da estética.



**Figura 4.07** - Aparência das linhas de corte de uma das chapas, notando-se a heterogeneidade e fragilidade da seção transversal, com desagregação do material

Na produção de compósitos, a homogeneização entre os elementos constituintes é de fundamental importância para que haja um melhor adensamento e estabilidade (ausência de desagregação) do produto final. Como já abordado nesta pesquisa, a pena de galinha é um elemento que, em sua estrutura física, contém diversas partes com diferentes tipos de dureza e resistência. Nesta pesquisa, as penas foram utilizadas de forma inteira, sem qualquer tipo de quebra de estrutura, isso fez com que a mistura entre pena e resina não fosse alcançada com êxito, formando um compósito final com estrutura quebradiça e dimensões (principalmente espessura) muito variadas.

## 4. 2 DENSIDADE APARENTE

Os resultados de densidade aparente das chapas, calculados pela equação 1, são apresentados na tabela 4.03.

**Tabela 4.03** - Densidade aparente (d) das chapas

Traços	Dimensões médias (m)			Massa - M (kg)	Densidade aparente - d (kg/m <sup>3</sup> )
	largura - L	comprimento - C	espessura - e		
10%	0,48	0,48	0,018	1,575	380
12%	0,46	0,47	0,019	1,440	351
14%	0,48	0,49	0,022	1,680	325

A pintura das chapas com resina poliuretana da mamona foi realizada manualmente e sem controle quantitativo de aplicação, conforme já explicado anteriormente, fator que pode ter influência variável na massa final de cada chapa e, portanto, em sua densidade aparente. Assim, nas chapas que apresentavam um aspecto mais uniforme, com uma melhor distribuição das penas pela superfície, não apresentando muita necessidade de uniformização, houve a aplicação de uma quantidade menor da resina poliuretana da mamona.

Dessa forma, as chapas com 10% de resina ureia-formaldeído apresentaram menor adensamento do compósito, exigindo uma maior aplicação da resina poliuretana da mamona na pintura de acabamento, fator que foi melhor observado nas chapas de 12% e de 14%, porcentagem que apresentou melhores resultados de agregação e adensamento do compósito, exigindo menor quantidade de resina para pintura.

Em decorrência destes fatos, o aumento na porcentagem de resina do compósito não resultou em aumento da densidade aparente, ao contrário, diminuiu. Contudo, esta avaliação não é muito consistente porque também houve muita imprecisão na determinação das dimensões das chapas, por causa da grande irregularidade de seus contornos, como pode ser observado nas figuras 4.05 e 4.06.

Comparando-se os resultados com os materiais isolantes térmicos relacionados no "Anexo B" da norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005), as chapas de pena apresentaram densidade aparente muito superior ao mais denso deles, a lã de rocha, que tem densidade máxima de  $200 \text{ kg/m}^3$  (tabela 4.05).

### 4.3 PROPRIEDADES TÉRMICAS

Nas figuras 4.08 a 4.10 são apresentadas graficamente as variações de temperatura nos diversos pontos (superior e inferior da chapa de pena, inferior da chapa de PSI e ambiente), para as chapas com 10%, 12% e 14% de resina, respectivamente. O tempo de estabilização das temperaturas foi de 5.400 s (90 min).

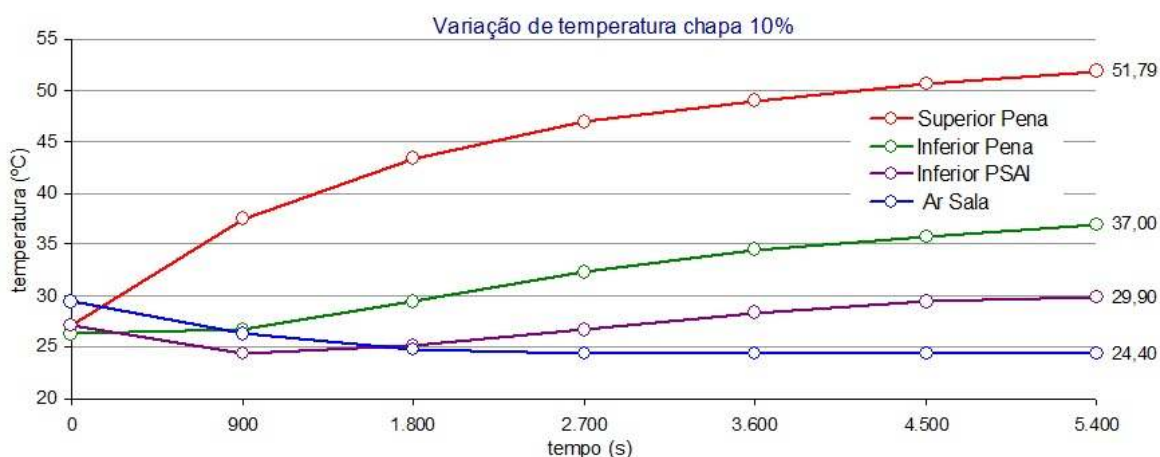


Figura 4.08 - Variação de temperatura na chapa de pena com 10% de resina



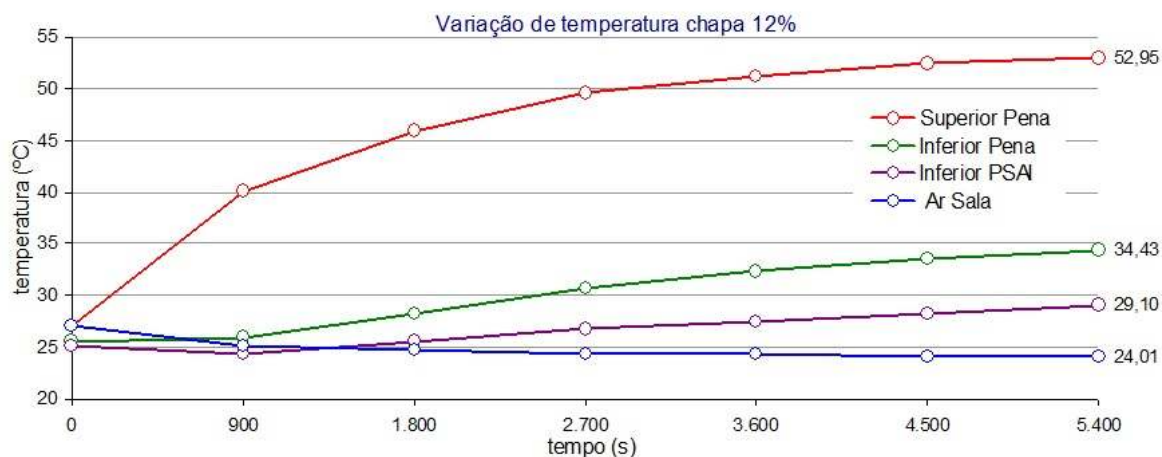


Figura 4.09 - Variação de temperatura na chapa de pena com 12% de resina

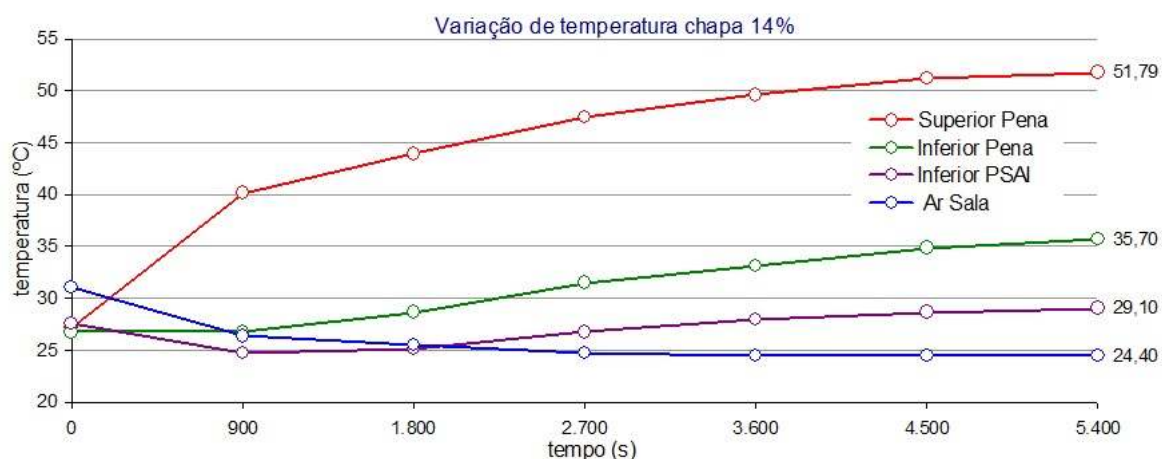


Figura 4.10 - Variação de temperatura na chapa de pena com 10% de resina

A densidade de fluxo de calor por unidade de área ( $q$ ), calculada de acordo com a equação 2, foi constante considerando-se: a resistência elétrica do resistor ( $R$ ) de **9,2  $\Omega$** ; a área de abertura da caixa ( $S$ ) de **0,0885  $m^2$**  (0,30 m x 0,295 m); tensão de entrada ( $V_T$ ) de **127 V**; e, tensão no resistor ( $V_R$ ) de **1,2 V**. Dessa forma, tem-se:

$$q = 185,409 \text{ W/m}^2$$

Para as chapas de cada traço (10%, 12% e 14%), a condutividade térmica foi calculada pela equação 3 e a resistência térmica pela equação 4, considerando-se as espessuras médias das respectivas chapas, apresentadas na tabela 4.03, e as temperaturas estabilizadas, apresentadas nas figuras 4. 8 a 4.10 (para o tempo de 5.400 s). Estes

cálculos foram feitos para os dois tipos de chapas: chapa de pena com resina e chapa de PSAI (a mesma em todas as situações). Os resultados são apresentados na tabela 4.04.

**Tabela 4.04** - Resumo dos resultados dos ensaios térmicos

Traço	espessura - e (m)		temperaturas - T (°C)				Condutividade - $\lambda$ (W/m.K)		Resist. Térmica - $R_t$ (m <sup>2</sup> K/W)	
	Pena	PSAI	Sup. Pena	Inf. Pena	Inf. PSAI	ar sala	Pena	PSAI	Pena	PSAI
10%	0,018	0,005	51,79	37,00	29,90	24,40	0,226	0,131	0,080	0,038
12%	0,019	0,005	52,95	34,43	29,10	24,01	0,190	0,174	0,100	0,029
14%	0,022	0,005	51,79	35,70	29,10	24,40	0,254	0,140	0,087	0,036
							<b>média</b>	<b>0,148</b>	<b>média</b>	<b>0,034</b>

Observando-se os resultados da tabela 4.04, nota-se que não é possível estabelecer uma correlação linear entre a porcentagem de resina incorporada ao compósito e a condutividade térmica das chapas, ou seja,  $\lambda$  reduziu com o aumento de 10% para 12% de resina, porém, aumentou para valor superior ao de 10% com o aumento de 12% para 14% de resina.

A condutividade térmica medida na chapa de PSAI (0,148 W/m.K) é muito similar ao de produtos do mercado, que é de 0,148 W/m.K, de acordo com Isoforma (2018). Isto aponta para a validade dos procedimentos adotados no presente trabalho.

Considerando-se a norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005) como referência, a chapa de pena com melhor isolamento térmico (menor  $\lambda$ , para 12% de resina) é 4,2 vezes inferior à lã de rocha, apresentada na Tabela 4.05. Portanto, do ponto de vista desta norma, a chapa de pena não seria um excelente isolante térmico, apresenta-se no mesmo nível dos seguintes materiais: concreto celular autoclavado e aglomerado de partículas de madeira ( $\lambda = 0,17$ ), argila expandida (0,16), PVC e aglomerado de fibra de madeira (0,20).

**Tabela 4.05.** Condutividade térmica e massa específica aparente de alguns materiais isolantes térmicos, de acordo com a norma NBR 15220-2

Materiais isolantes térmicos	Massa específica aparente - $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade térmica - $\lambda$ (W/mK)
Lã de rocha	20 a 200	0,045
Lã de vidro	10 a 100	0,045
Poliestireno expandido moldado	15 a 35	0,040
Poliestireno extrudado	25 a 40	0,035
Espuma rígida de poliuretano	30 a 40	0,030

**Fonte:** Adaptado de ABNT (2005)

Além dos materiais relacionados na norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005), na tabela 4.06 são apresentadas as propriedades de materiais encontradas na literatura científica. Para visualização da posição das chapas de pena de galinha neste contexto, estas informações foram reunidas graficamente (em ordem crescente do valor de  $\lambda$ ) na figura 4.11.

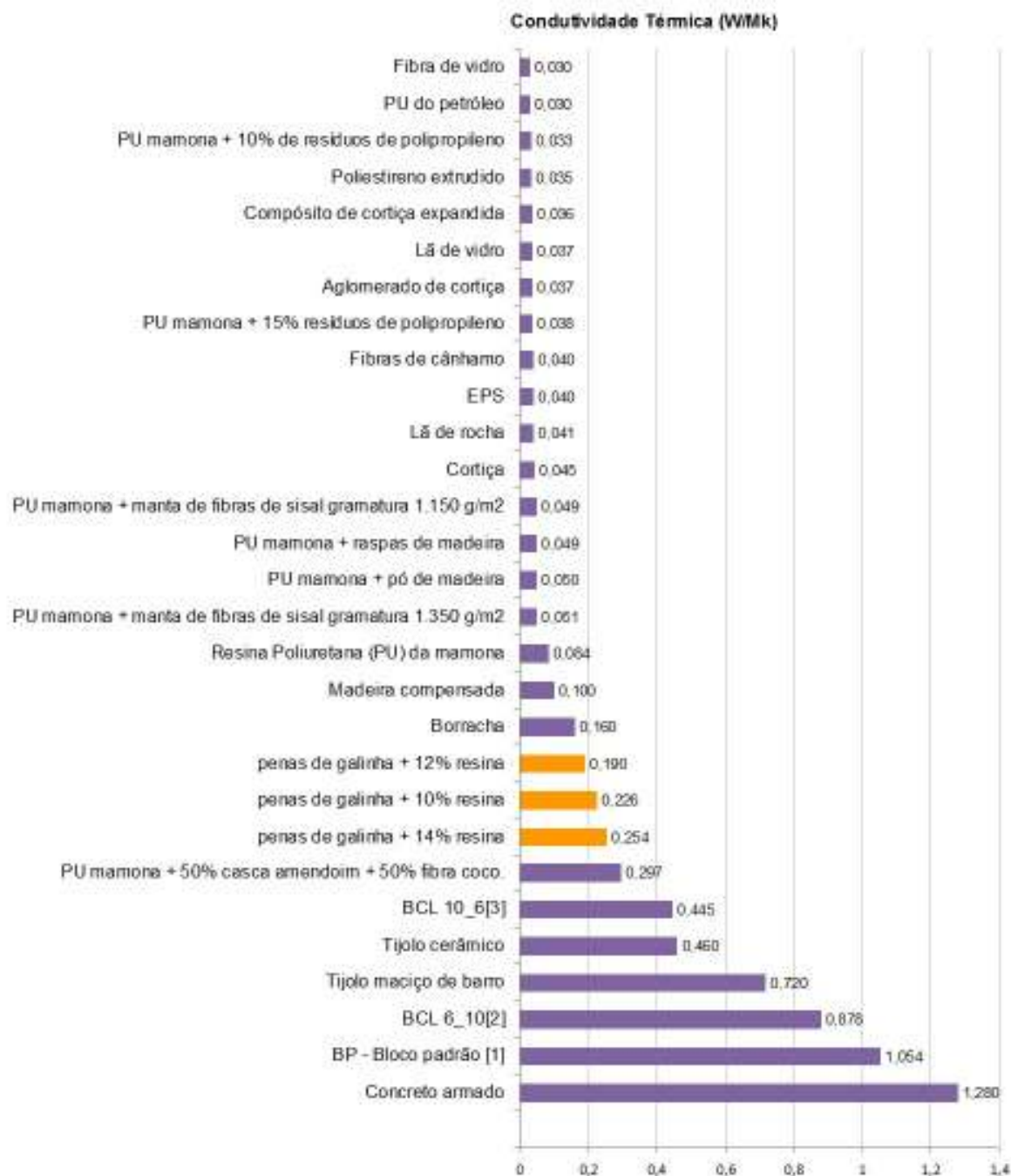
**Tabela 4.06.** Tabela de densidade e condutividade térmica de materiais empregados na construção civil

Material	Densidade g/cm <sup>3</sup>	Condutividade Térmica W/mK	Fonte
BP - Bloco padrão <sup>1</sup>	1,983	1,054	Bezerra (2003)
BCL 6_10 <sup>2</sup>	1,438	0,878	
BCL 10_6 <sup>3</sup>	1,064	0,445	
Poliestireno extrudado	0,03	0,035	Dow Portugal
EPS	0,015	0,040	ACEPE
Aglomerado de cortiça	0,064	0,037/0,040	Grupo Amorim
Espuma rígida de poliuretano	0,4	0,03	Cravo, Sartori, Balieiro, e Fiorelli (2015)
Lã de rocha	0,2	0,041	
Lã de vidro	0,1	0,045	
PU mamona + 50% fibra coco + 50% casca amendoim	0,5	0,297	
PU mamona + 10% resíduos de polipropileno	0,074	0,033	
PU mamona + 15% resíduos de polipropileno	0,104	0,038	Cruz (2006)
PU mamona	0,352	0,084	Barreto, Cunha, e Mendes, (2016)
PU mamona + raspas de madeira	0,275	0,0493	
PU mamona + pó de madeira	0,270	0,0495	
Alumínio puro	2,702	237	Neira, (2011)
PU da mamona + manta de fibras de sisal com gramatura de 1150 g/m <sup>2</sup>	2,36	0,049	
PU mamona + manta de fibras de sisal com gramatura de 1350 g/m <sup>2</sup>	2,69	0,051	
Compósito de cortiça expandida	-	0,036-0,40	Eires, Jalali, Camões, (2010)
Cortiça	0,38	0,045	
Fibras de cânhamo	0,11-0,15	0,040	
Aço	7,80	50	Watanabe (2010)
Borracha	0,91	0,16	
Cimento Portland	1,2	0,29	
Cobre	8,93	398	
Concreto armado	2,50	1,28	
Ferro	7,87	80	
Fibra de vidro	2,40	0,03	
Latão	8,50	109	
Madeira compensada	0,65	0,10	
Poliestireno extrudado	0,012 – 0,03	0,035	
Poliestireno expandido moldado	0,012 – 0,03	0,04	
Tijolo cerâmico	1,8 – 2,0	0,46	
Tijolo maciço de barro	1,8 – 2,0	0,72	

<sup>1</sup> Construído em concreto comum

<sup>2</sup> Bloco de concreto leve com proporção de EPS/areia igual a 6/10, em relação a um saco de cimento (50kg)

<sup>3</sup> Bloco de concreto leve com proporção de EPS /areia igual a 10/6, em relação a um saco de cimento (50kg)

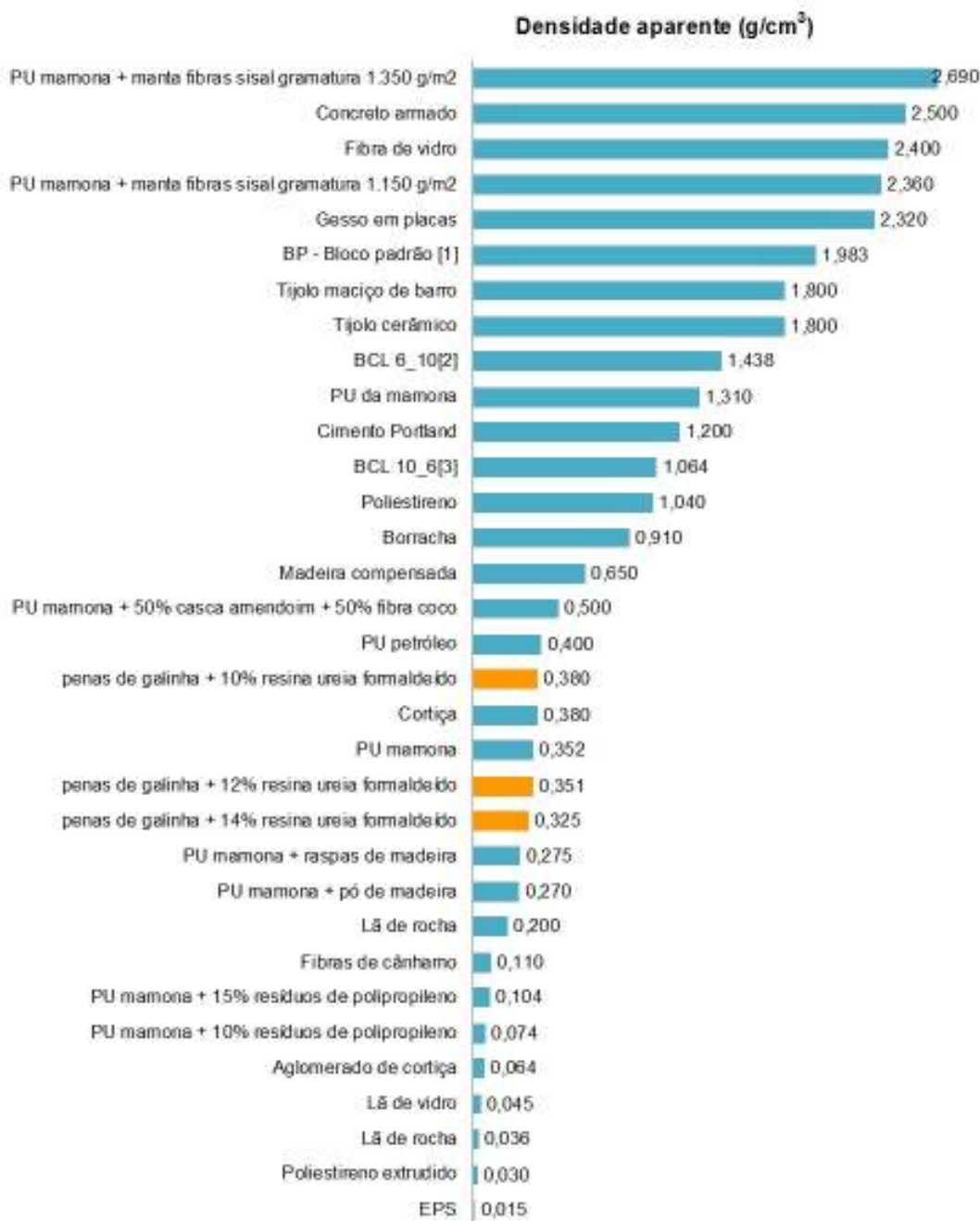


**Figura 4.11** - Condutividade térmica de materiais diversos, destacando-se as chapas de pena do presente trabalho na cor laranja

Observando-se as informações da figura 4.11, analisando-se apenas os valores absolutos, se nota que há muitos materiais melhores isolantes térmicos que as chapas de pena de galinha. Por outro lado, são muito melhores que os materiais convencionalmente usados em vedações de edificações. Portanto, poderiam ser associadas a estes, para melhorar o desempenho térmico do conjunto.

Entretanto, se para além dos aspectos meramente de valores absolutos, também se leva em consideração aspectos ambientais, considerando-se a destinação de um importante resíduo agrícola, estas chapas se mostram muito promissoras para uso na construção civil.

Para complementar esta análise, na figura 4.12 são apresentadas informações relativas à densidade aparente dos mesmos materiais, em ordem decrescente.



**Figura 4.12** - Massa específica aparente de materiais diversos, destacando-se as chapas de pena do presente trabalho na cor laranja

Observando-se as informações apresentadas na figura 4.12, constata-se que as chapas de pena de galinha situam-se entre os materiais com menores densidades. Portanto, também do ponto de vista da peso das paredes, este material se mostra promissor para associação com materiais de construção convencionais na produção de componentes de vedação (tipo "painel sanduiche").



CAPÍTULO **5**

CONSIDERAÇÕES  
FINAIS





A pesquisa desenvolvida mostra a importância do estudo de novos processos e alternativas para o aproveitamento de resíduos, que geralmente são descartados ou não recebem uma destinação final adequada, em produtos de valor agregado com potencial para serem utilizados na construção civil.

O presente trabalho buscou desenvolver e analisar as características de chapas, utilizando o resíduo agrônômico pena de galinha e resina ureia-formaldeído, para uma indicação de uso futuro na construção.

Ao longo do trabalho algumas etapas tiveram que ser alteradas ou eliminadas, como a trituração das penas de galinha, o que levou a busca pelos resultados possíveis com o uso *in natura* deste resíduo. No decorrer das etapas de laboratório, constatou-se a dificuldade em encontrar os equipamentos necessários para a trituração das penas, um fato que definiu as reais condições de uso da pena na produção de chapas. Desta forma, concluiu-se que o produto obtido não apresentou características físicas e mecânicas necessárias para usos estruturais na construção civil.

Contudo, nos ensaios de desempenho térmico, constatou-se que o produto apresenta um potencial considerável para uso como material de isolamento térmico. Por exemplo, associando-se a chapa de pena de galinha com outros materiais, é possível a produção de "painéis sanduíche" para uso como elemento de vedação em edificações, aumentando consideravelmente seu isolamento térmico sem, contudo, aumentar de forma expressiva o peso final do conjunto. As chapas de pena com média de apenas 20 mm foram capazes de reduzir a temperatura em 16,47°C entre uma face e a outra.

A produção de painéis utilizando a pena de galinha é uma ideia inovadora e promissora para o mercado da construção civil, dentro das premissas do desenvolvimento sustentável, com possibilidades de substituir alguns materiais sintéticos convencionais para isolamento térmico de edificações.

Desta forma, a pena de galinha, atualmente um resíduo agrônômico sem destinação com bons parâmetros de lucro, e até gerando despesas para seu descarte, pode se tornar uma matéria prima importante para a indústria da construção civil. Com isso, pode agregar valor à cadeia produtiva da avicultura.

Conforme constatado na etapa de revisão bibliográfica, o uso aqui proposto para a pena de galinha é inédito. Portanto, as dificuldades encontradas eram imprevisíveis, assim como sua influência no cronograma da pesquisa. Dessa forma, mais importante do que concluir qual a melhor proporção entre resina ureia-formaldeído e pena, foi iniciar o estudo e discussão dessa possibilidade, com a perspectiva de despertar o interesse por parte de futuros pesquisadores em continuar o trabalho a partir deste ponto. Assim sendo, do ponto de vista dos resultados quantitativos de propriedades das chapas, o presente trabalho poderia ser considerado como um estudo preliminar, um ponto de partida.

Para trabalhos futuros, sugere-se desenvolver algum equipamento adequado para a trituração das penas e o uso de uma matriz polimérica, como o polipropileno, proveniente de descartes industriais, para produção de chapas mais homogêneas e com melhores condições de acabamento. Dessa forma, será possível determinar mais características físicas, mecânicas e térmicas do material, para uma avaliação mais consistente de seu potencial para usos diversos na construção civil.



CAPÍTULO **6**

REFERÊNCIAS  
BIBLIOGRÁFICA



ABIPLAST. (2015). **Sobre a Empresa: ABIPLAST**. Acesso em 5 de Agosto de 2015, disponível em Site da ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria de Plástico: <http://www.abiplast.org.br/site/os-plasticos>.

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. (2015). **Cenário Carnes 2014/2015**. ABPA, São Paulo.

ADAMY, A., ROSA, F., & ROSA, L. (2016). Desempenho térmico de compósitos à base de talos de girassol em componentes de edificações. *Revista ESPACIOS*, 37 (15), 10.

AGRELA, S., GUIMARÃES, D., CARVALHO, G., CARVALHO, R., & JOSÉ, N. (Outubro de 2009). **Preparação e caracterização de compósitos de polietileno de alta densidade com resíduos de fibras de piaçava da espécie *Atalea Funifera Mart.*** 10<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Polímeros, p. 8.

AIRES, R. D. et al. (2003). **Pirólise**. Faculdades Integradas Claretianas. Rio Claro, p. 11.

ALONGE, F. A. (2013). Produtos ecoeficientes na arquitetura: as embalagens plásticas pós-uso com matéria prima. Relatório de Iniciação Científica, Universidade do Sagrado Coração, Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, Bauru. 43 p.

ALVISI, L. (2011). **Caracterização térmica de painéis compostos por fibras de bambu revestidos com argamassa**. Iniciação Científica, UNESP, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Bauru.

ANJOS, M., GHAVAMI, K., & BARBOSA, N. (2003). Compósitos à Base de Cimento Reforçados com Polpa Celulósica de Bambu. Parte I: Determinação do Teor de Reforço Ótimo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, volume 7, n. 2, 339-345.

ANTÚNEZ, A. (2011). **Penas - Anatomia e principais penas utilizadas no atado**. São Paulo, SP.

APRILE, M. (2015). **Aves** - Planos de Aula. Fonte: Uol Educação: <http://educacao.uol.com.br/planos-de-aula/medio/biologia-aves.htm>.

ASSIS, V. B., COLOMBINI, A. P. (2002) Ecoeficiência para desenvolvimento de construções sustentáveis. **Tec Hoje**. Disponível em: <[http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe\\_artigo/1073](http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1073)>. Acesso em 18 ago. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**. Resíduos sólidos. Classificação. Rio de Janeiro, 2003. 71 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 14810-3**. Chapas de madeira aglomerada - Parte 3: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2002. 51 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-2**. Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005. 38 p.

AVISITE. (2016). Produção e Mercado em Resumo. **Revista AVISITE - A Cadeia Agrícola Analisada do Ovo ao Consumidor** (102), p. 70-75.

AVISITE. **Portal da avicultura na internet**. Avisite. (2011). Disponível em: <<http://www.avisite.com.br/economia/estatistica.asp?acao=disponibilidade>>. Acesso em: 28 dez. 2011.

BALZER, P., VICENTE, L., BRIESEMEISTER, R., BECKER, D., SOLDI, V., RODOLFO JR., A., et al. (2007). Estudo das propriedades mecânicas de um compósito de PVC modificado com fibras de bananeira. **Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia**, 17 (1), 1-4.

BARONE, J.R.; SCHIMIDT, W.F.; LIEBNER, C.F.E. (2005) Compounding and molding of polyethylene composites reinforced with keratin feather fiber. **Composites Science and Technology**. v. 65, Issues 3–4, p. 683-692.

BARRETO, F., CUNHA, R., & MENDES, J. (2016). Análise térmica de um eco composto de poliuretano de mamona com rejeito de madeira. **Revista HOLOS**, 110-120.

BATTISTELLE, R. A. G., CASTRO, R., VALARELLI, I. D., SANTOS, M. F. N. (2008). Avaliação da influência dos resíduos em chapas de partículas em relação à umidade. **Revista Madeira Arquitetura e Engenharia**, São Carlos, n. 22, p. 21-36. ISSN 1806-6097.

BATTISTELLE, R. A. G., VALARELLI, I. D., SANTOS, M. F. N., MIYOSATO, T., REDIVO, C. (2005). Compósitos fabricados com resíduos de bambu, celulose e papel e Tetra Pack com aplicação em design de produtos. **Revista Madeira Arquitetura e Engenharia**, São Carlos, n. 16, p. 1-12. DOI:1806-6097.

BELINE, H. (2007). **Caracterização e alterações na estrutura anatômica da madeira do Eucalyptus grandis em três condições de desfibramento e efeito nas propriedades tecnológicas de painéis MDF**. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, Engenharia Florestal, Piracicaba, p. 89.

BELINI, U. L., LEITE, M. K., FILHO, M. T., CHAIX, G., BAUDASSE, C. LEMENAGER, N., THEVENON, M. F. (2014). Bioensaios em painéis confeccionados com eucalipto e bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 361-368, 2014. ISSN 1806-9088.

BELINI, U., FILHO, M., RODRIGUES, J., & LOUZADA, J. (2010). Anatomical and the Technological Aspects of Panels Made with Eucalypt and Sugercane Bagasse Fibers. **Revista Cerne**, 16, 48-52.

BELINI, U., FIORELLI, J., SAVASTANO JR., H., LEITE, M., & FILHO, M.T., (2015). Formaldeído livre em painéis de eucalipto e cana-de-açúcar. **Revista Ciência da Madeira** - Brazilian Journal of Wood Science, pp. 94-99.

BERTOLINI, M. S. (2011). **Emprego de resíduos de Pinus sp tratado com preservante CCB na produção de chapas de partículas homogêneas utilizando resina poliuretana à base de mamona**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 129.  
BEZERRA, L. (2003). **Análise do desempenho térmico de sistema constutivo de concreto com EPS como agregado graúdo**. Engenharia Mecânica. Natal-RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

BRANCO, R. (2012). **Resina ureia-formaldeído**. Manutenção & Suprimentos. Disponível em: <http://www.manutencoesuprimentos.com.br/conteudo/6574-uso-da-resina-ureia-formaldeid>>. Acesso em 18 de Abril de 2016.

- CAIRES, F. (2009). Tecnologia dos Polímeros. **Jornal do Plástico e Riopol**. Volume 3.
- CAMPOS, C. I.; LAHR, F. A. R. (2004). Estudo comparativo dos resultados de ensaio de tração perpendicular para MDF produzido em laboratório com fibras de Pinus e de Eucalipto utilizando ureia-formaldeído. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 32-42. ISSN 1517-7076.
- CANEVAROLO Jr., S. (2006). **Ciência dos Polímeros - um texto básico para tecnólogos e Engenheiros**. 2ª edição. Editora Artliber - ABPol . São Carlos.
- CARAN, R. J. (2000). **Estrutura e Propriedades dos Materiais. Em Introdução ao Estudo dos Materiais**. Capítulo 1, pp. 1-9. Unicamp, Campinas.
- CARASCHI, J. C., LEÃO, A. L. **Reciclagem de embalagens cartonadas para produção de compósito**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 5. 1999. Trabalhos apresentados... Águas de Lindóia: ABPol, 1999. p. 1661-1664.1 CD-ROM.
- CARNEIRO, A., VITAL, B., FREDERICO, P., CARVALHO, A., & VIDAURRE, G. (2009). Propriedades de chapas de aglomerados fabricados com adesivo tânico de Angico-Vermelho (ANADENANTHERA PEREGRINA) e ureia-formaldeído. **Revista Árvore**, volume 33, nº 3, 521-531. ISSN 1806-9088.
- CARNEIRO, L. A., & TEIXEIRA, A. (2009). Aplicação de Materiais Compósitos de Resina e Fibras na Engenharia de Construção. IME - **Revista Militar de Ciência e Tecnologia - RMCT**. ISSN 2316-4522.
- CARNEIRO, L., & TEIXEIRA, A. (2008). Propriedades e Características dos Materiais Compósitos Poliméricos Aplicados na Engenharia de Construção. IME - **Revista Militar de Ciência e Tecnologia - RMCT**, pp. 54-66. ISSN 2316-4522.
- CARVALHO, G., MANSUR, H., VASCONCELOS, W., & ORÍFICE, R. (2007). Obtenção de Compósitos de Resíduos de Ardósia e Polipropileno. **Jornal Polímeros: Ciência e Tecnologia**, volume 17, nº 2, 98-103. ISSN 1678-5169.
- CRAVO, J., SARTORI, D., BALIEIRO, J., & FIORELLI, J. (2015). Compósito à base de resíduos agrícolas para aplicação como forro em aviários. **Jornal BIOENG** , 9 (4), pp. 358-367.
- CRUZ, M. (2006). **Aplicação de Resíduo Insutrial para Isolamento Térmico: uma proposta para utilização do poliuretano de mamona com agregado de resíduo pçástico termofixo**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Engenharia de Produção, Natal-RN.
- CRUZ, M., FERREIRA, R., & MARINHO, G. (2009). **Aplicação de resíduo Industrial para isolamento térmico de ambientes**. *ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção* , p. 8.
- CUBILLOS, C. (2016). Birds section. **Scientific illustration** · Birds, Bogotá-Colombia.
- DIAS, F. (2005). **Aplicação da resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Ciência e Engenharia de Materiais, São Carlos.

EEKEREN, N. V. et al. (2006). **Criação de Galinhas em Pequena Escala** - Agrodock 4. Tradução de Láli de Araújo. 3. ed. Wageningen: Fundação Agromisa, v. 1, 100 p. ISBN 978-92-9081-349-1. Acesso em: 20 Maio 2017.

EIRES, R., JALALI, S., & CAMÕES, A. (2010). Novos Compósitos Eco Eficientes para Aplicações não Estruturais na Construção. **Revista Internacional Construlink**, volume 8, n° 23, p. 45-55. Universidade do Porto, Portugal. ISSN 1645-5576.

ELEOTÉRIO, J. (2000). **Propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina**. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP, Piracicaba.

FAMASUL. (2014). **Brasil é 2° Maior consumidor de Carne de Frango e Desafio é Ampliar Exportações**. Disponível em Sistema FAMASUL Mato Grosso do Sul: [http://famasul.com.br/assessoria\\_interna/brasil-e-o-2-maior-consumidor-de-carne-de-frango-e-desafio-e-ampliar-exportacoes/27401/](http://famasul.com.br/assessoria_interna/brasil-e-o-2-maior-consumidor-de-carne-de-frango-e-desafio-e-ampliar-exportacoes/27401/)>. Acesso em 11 de Maio de 2016.

FARIA, O. (2002). **Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande (Americana – SP)**. Tese de Doutorado, USP - Escola de Engenharia de São Carlos, Ciências da Engenharia Ambiental, São Carlos.

FERNANDES, E. (2000). **Dejetos na Atividade Avícola: Qual o Destino Ecologicamente Correto?** Rede CTA-UJGOIAS - Consultant, Trader and Adviser.

FERREIRA, E. (2010). **Propriedades físico mecânicas de painéis de fibras de média densidade (MDF) produzidos com resinas convencionais e modificadas com tanino e acácia negra**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 212.

FILHO, H. R. do P. (2000). Plástivida radiografa reciclagem de plástico - O esforço para a sua integração ambiental. **Banas Ambiental**. p.17- 23.

FIORELLI, J., LAHR, F., NASCIMENTO, M., SAVASTANO JR, H., & ROSSIGNOLO, J. (2011). Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona - produção e propriedades. **Revista Acta Scientiarum**, volume 33, n° 4, p. 401-406. ISSN 1807-8664.

FROTA, A., & SCHIFFER, S. (2001). **Manual de Conforto Térmico** (5 ed.). São Paulo, SP: Editora Studio Nobel.

FURLAN, L., DUARTE, U., & MAULER, R. (2012). Avaliação das propriedades de compósitos de polipropileno reforçados com casca de aveia. **Revista Química Nova**, 35 (8), 1499-1501.

GAO, L., LI, R., SUI, X., LI, R., & CHEN, Q. (2014). Conversion of Chicken Feather Waste to N-Doped Carbon Nanotubes for the Catalytic Reduction of 4-Nitrophenol. **Environmental Science & Technology**. ISSN 10191-10197.

GENTROCHEMA. Tioureia. **GENTROCHEMA**, (2016). Disponível em: <<http://www.gentrochema.nl/pt/thiourea/>>. Acesso em: 18 Janeiro 2017.

GUNTHER, W. M. R.; WIEBECK H.; PIVA, A. M. (1999). Reciclagem de plástico necessidade de maior incentivo. **Revista Limpeza Pública**, v. 51, p. 20-24.



IWAKIRI, S., MATOS, J., TRIANOSKI, R., & PRATA, J. (2012). Produção de painéis aglomerados e multicamadas de *Melia azedarach* (cinamomo) e *Pinus taeda* com diferentes teores de resina. **Revista Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 465-470. ISSN 2317-6342.

JOSEPH, K., MEDEIROS, E., & CARVALHO, L. (1999). Compósitos de matriz poliéster reforçados por fibras curtas de sisal. **Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia**, 9 (4), 136-141.

JUNIOR, O. (2013). **Produção e Caracterização de Compósitos à Base de Fibra de Curauá, Amido Termoplástico e Polietileno, Utilizando-se a Termografia**. Dissertação de Mestrado em Design, Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Programa de Pós Graduação em Design (PPGD), Belo Horizonte.

KATSUKAKE, A. (2009). **UMA REVISÃO SOBRE A RESINA URÉIA-FORMALDEÍDO (RUF) EMPREGADA NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA**. Monografia de Conclusão de Curso, Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Departamento de Química, Bauru.

LAHR, F., & CHRISTOFORO, A. (2013). **Painéis de partículas de madeira e de materiais lignocelulósicos**. 1ª edição. São Carlos, Editora USP - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. ISBN 978-85-8023-019-2.

LAVOIE, F., & BUENO, B. (2006). **O Fenômeno de Fissuramento Sob Tensão (Stress Cracking): Mecanismos de Ocorrência e Ensaios em Geo membranas**. Universidade de São Paulo, São Carlos.

LIMA, A. C. A. C. de.; ROCHA, G. S. da.; KONAGANO, N. Y. H. (2012). **A utilização de plásticos na construção civil**. COBENGE. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/104468.pdf>. Acesso em; 18 ago. 2014.

LOSCHIAVO, R. **O que é Ecoeficiência e Sustentabilidade?** Ecoeficientes. 2014. Disponível em: <<http://www.ecoeficientes.com.br/o-que-e-ecoeficiencia-e-sustentabilidade/>. > Acesso em: 18 ago. 2014.

LUZ, S., GONÇALVES, A., & ARCO JR., A. (2006). Microestrutura e propriedades mecânicas de compósitos de polipropileno reforçado com celulose de bagaço e palha de cana. **Revista Matéria**, 11 (2), 101-110.

MACHADO, F. (2010). **Plástico na Construção Civil**. Ebah. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAA9NkAF/plastico-na-construcao-civil>. > Acesso em: 18 ago. 2014.

MARGEM, J. I. (2013). **Estudo das Características Estruturais e Propriedades de Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras de Malva**. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Universidade Estadual do Norte Fluminense.

MARINELLI, A., AMBRÓSIO, J., BRANCIFORTI, M., KOBAYASHI, M., & NOBRE, A. (2008). Desenvolvimento de Compósitos Poliméricos com Fibras Vegetais Naturais da Biodiversidade: Uma contribuição para a Sustentabilidade Amazônica. **SciELO**, 92-99. ISSN 0034-8910.

MARTELLI, S. (2005). **Obtenção e Caracterização de Filmes de Queratina de Penas de Galinha**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis.

MARTINEZ, H. A. L.; VELASCO, S. C.; ICAZA, M.; CASTAÑO, V. (2007) Dynamical–mechanical and thermal analysis of polymeric composites reinforced with keratin biofibers from chicken feathers. **Composites Part B: Engineering**. v. 38, n. 3., p. 405-410.

MARTINS, A., ARAÚJO & H., PELLIZZARO, M., (1999). **Estudo de Compósitos com Produtos de Reciclagem**. Enegep, Abepro. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1999\\_a0065.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1999_a0065.pdf)>. Acesso em 10 de Março de 2015. ISSN 2318-3349.

McLAREN, M., ASSIS, G., PENSEIRO, J., MELEWSKI, P., LASHWAY, K., & KRISHNASWAMY, P. (2002). **Introducing the First Recycling Plastic Bridge in the World**. Simplifield Design of Recycled Plastic, p. 1-7.

MELO, R., SANTINI, E., HASELIM, C., STANGERLIN, D., MULLER, M., & MENEZZI, C. (2010). Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de EUCALYPTUS GRANDIS colados com ureia-formaldeído e tanino-formaldeído. **Revista Floresta**, volume 40, edição n.º 3, 497-506. ISSN 1982-4688.

MENDES, S., MENDES, L., CHAVES, M., MORI, F., SILVA, F., SILVA, J., & TRUGILHO, P. (2007). Utilização de resinas alternativas na produção de painéis OSB de clones de EUCALYPTUS spp. **Revista Cerne**, volume 13, Edição n.º 3, p. 257-263. ISSN 2317-634.

MIELE, M, GIROTTO, A.F. (2006). **Análise da Situação Atual e Perspectivas da Avicultura de Corte**. Agência CNPTIA Embrapa. Contido em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/analise\\_situacao\\_atual\\_perspectivas\\_a\\_vicultura\\_de\\_corte\\_000fzpf3ufi02wx5ok0cpoo6a551x8he.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/analise_situacao_atual_perspectivas_a_vicultura_de_corte_000fzpf3ufi02wx5ok0cpoo6a551x8he.pdf). Acessado em 12 de Dezembro de 2014.

MILAGRES, E., VITAL, B., LÚCIA, R., & PIMENTA, A. (2006). Compósitos de partículas de madeira de EUCALYPTUS GRANDIS, polipropileno e polietileno de alta e baixa densidades. **Revista Árvore**, Viçosa, volume 30, n.º 3, p. 463-470. ISSN 1806-9088.

MONTEIRO, S., TERRONES, L., CARVALHO, E., & ALMEIDA, J. (2006). Efeito da interface fibra/matriz sobre a resistência de compósitos poliméricos reforçados com fibras de côco. **Revista Matéria**, 11 (4), 395-402.

MOORE, G., MARTELLI, S., ANDREO, P., GANDOLFO, C., MACHADO, R., BOLZAN, A., & LAURINDO, J. (2005). Obtenção de Biofilmes a Partir da Queratina de Penas de Frango. **Revista Matéria**, p. 8-13. ISSN 1517-7076.

MORAES, L., & JUNIOR, D. (1999). **Gerenciamento de Resíduos de Abatedouro de Aves: Alternativas de Manejo e Tratamento**. 20 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 3618-3627.

MOREIRA, W. (1985). **Extensores alternativos para produção de compensados com resina ureia-formaldeído**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Acesso em 05 de Julho de 2016.

NEIRA, D. (2011). **Desenvolvimento de um compósito de espuma rígida de poliuretana da mamona e fibras de sisal para isolamento térmica**. Tese de Doutorado, Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Natal.

NOGUEIRA, J., SILVA, A., & SILVA, E. (2000). **INTRODUÇÃO A POLÍMEROS**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO, DEPARTAMENTO DE FÍSICA. CUIABÁ-MT: EDITORA GPNM. Acesso em 2015, disponível em [http://www.geocities.ws/andreathista/minicurso\\_polimero.pdf](http://www.geocities.ws/andreathista/minicurso_polimero.pdf).

OKINO, E., ANDAHUR, J., SANTANA, M., & SOUZA, M. (1997). Resistência físico-mecânica de chapas aglomeradas de bagaço de cana-de açúcar modificado quimicamente. **Scientia Florestalis**, pp. 35-42. ISSN 1413-9324.

OLIANI, S. (2013). **Conheça os tipos de plásticos**. Disponível em ECICLE sua pegada mais leve: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/44-guia-da-reciclagem/706-conheca-os-tipos-de-plastico.html>>. Acesso em 17 de Dezembro de 2014.

OLIVEIRA, W., XAVIER, A., SOUZA, P., CHAVES, C., & SILVA, L. (2015). **Determinação do coeficiente de condutividade térmica de compósitos constituídos a partir da fibra de côco**. *Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, p. 10.

ORDENES, M.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S. (2008). **Transferência de calor na envolvente da edificação**. Florianópolis: LABEE/UFSC, 2008. Apostila 8. 41 p. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila\\_08.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila_08.pdf)>. Acesso em: 14 mar. 2018.

PAIVA, J., TRINDADE, W., & FROLLINI, E. (1999). Compósitos de matriz termofixa fenólica reforçada com fibras vegetais. **Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia**, 9 (4), 170-176.

PIATTI, T., & RODRIGUES, R. (2005). **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. UFAL, editora da Universidade Federal de Alagoas, 51 páginas. Maceió/ Alagoas. CDU 678.5.

PIBID BIOLOGIA UEPG. **Penas de Aves**. (2011). Disponível em: <<http://pibid-bio-uepg.blogspot.com.br/2011/11/penas-de-aves.html>>. Acesso em: 02 Junho 2017.

PIERRE, F., BALLARIN, A., & PALMA, H. (2014). Caracterização física de painéis aglomerados de Eucalyptus grandis com adição de resíduos industriais madeireiros. **Revista Cerne**, Lavras, volume 20, n.º 2, p. 321-327. ISSN 0104-7760.

PIVA, A. M.; WIEBECK, H. (2004). **Reciclagem do Plástico - Como Fazer a Reciclagem um Negócio Lucrativo**. São Carlos: Artlber Editora Ltda., v. 1.

PLASTIVIDA. (2015). **Os Plásticos: Tipos de Plásticos**. Fonte: Plastivida Instituto Socioambiental dos Plásticos: [http://www.plastivida.org.br/2009/Plasticos\\_Tipos.aspx#PET](http://www.plastivida.org.br/2009/Plasticos_Tipos.aspx#PET). Acesso em 9 de Novembro de 2015.

REDDY, N.; CHEN, L.; YANG, Y. (2013). Thermoplastic films from peanut proteins extracted from peanut meal. **Industrial Crops and Products**. v. 43, p. 159-164.

RIZZO, M., ZENI, M., & GRISA, A. (2015). Reação ao fogo, isolamento térmico e desempenho acústico de aglomerados de poliuretano rígido com adição de fibras naturais. **Revista SCIENTIA CUM INDUSTRIA** , 3 (1), 17-22.

ROCHA, T., & SILVA, B. (2004). Utilização da Farinha de Pena na Alimentação de Animais Monogástricos. **Revista Eletrônica Nutritime**, 1, 35-43.

RODA, D. (2010). **Policarbonato (PC)**. Fonte: Tudo Sobre Plásticos: <http://www.tudosobreplasticos.com/materiais/policarbonato.asp>.

RODAS, D. (2015). **Qual a diferença entre Termoplásticos e Termofixos?** Disponível em Tudo sobre Plástico: <http://www.tudosobreplasticos.com/materiais/termo.asp>>. Acesso em 23 de Agosto de 2015.

RODRIGUES, I., PIERETI, P., LIMA, R., & BARBOSA, T. (2014). **Polímeros: Conceitos, Estruturas e Aplicação Industrial**. Trabalho de Avaliação de Disciplina - Serviço Público Federal - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

RODRIGUES, M. (2008). **Caracterização e Utilização do Resíduo da Borracha de Pneus Inservíveis em Compósitos Aplicáveis na Construção Civil**. Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental - Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

ROMANZOTI, N. (2011). **Plástico feito com penas de galinha: ecológico e econômico**. **Hypescience**. 2011. Disponível em: < <http://hypescience.com/plastico-feito-com-penas-de-galinha-ecologico-e-economico/>>. Acesso em: 04 abr. 2011.

ROSA, F., & SCHERER, M. (Agosto de 2017). **Uso de compósitos a base de resíduos agrícolas para isolamento em revestimento de paredes de alvenaria**. *6 Fórum Internacional ECOINNOVAR* , pp. 1-6.

ROSÁRIO, F., PACHEKOSKI, W., SILVEIRA, A., SANTOS, S., JUNIOR, H., & CASARIN, S. (2011). Resíduos de sisal como reforço em compósitos de polipropileno virgem e reciclado. **Revista Polímeros** , 21 (2), 90-97.

SALDANHA, L. K.; IWAKIRI, S. (2009). Influência da densidade e do tipo de resinas nas propriedades tecnológicas de painéis OSB de PINUS taeda I. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 571-576. ISSN 1982-4688.

SALES, M. N. G. (2005). As origens da Galinha Domestica e sua Difusão pelo Mundo. In: SALES, M. N. G. Criação de Galinhas em Sistemas Agroecológicos. 1. ed. Vitória-ES: **INCAPER**, v. I. Cap. 1, p. 284.

SANTOS, R. (2008). **Estudos Térmico e de Materiais de um compósito a base de gesso e EPS para Construção de Casas Populares**. Dissertação para título de Mestre em Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Natal.

SCHMIDHEINY, STEPHAN. (1992). **Changing Course**. Suíça, A Global Business Perspective on Development and the Environment.

SEGUNDINHO, P., S., A., NETO, C., GONÇALVES, F., REGAZZI, A., & JUNIOR, J. (Jan/Jun de 2015). Resistência de linhas de cola para madeiras de reflorestamento. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, 36(1), 107-116.

SENOZ, E., & WOOL, R. (2011). Hydrogen Storage on Pyrolyzed Chicken Feather Fibers. **International Journal of Hydrogen Energy**, pp. 7122-7127.

SENOZ, E., STANZIONE, J., RENO, K., WOOL, R., & MILLER, M. (2013). Pyrolyzed Chicken Feather Fibers for Biobased Composite Reinforcement. **Journal of Applied Polymer Science**. Materials Views, pp. 983-989.

SILVA, F. J. C. (2008). **Caracterização de resinas de ureia-formaldeído**. Universidade do Porto/ Faculdade de Engenharia FEUP. Cidade do Porto, p. 45.

SILVA, J. E. E. (2013). **Estudo da influência das resinas termofixas ureia-formaldeído (UF) e melamina-formaldeído (MF) nas características físicas e mecânicas de painéis MDF**. Trabalho Final de Graduação, Universidade Estadual Paulista "Júlio de mesquita Filho". Bauru, p. 65.

SILVA, R. V. (2003). **Compósito de resina poliuretano derivada de óleo de mamona e fibras vegetais**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 157.

SILVA, R., HARAGUCHI, S., MUNIZ, E., & RUBIRA, A. (2009). Aplicações de Fibras Lignocelulósicas na Química de Polímeros e em Compósitos. **Revista Química Nova**, 32, pp. 661-671.

SILVA, S., CHRISTOFORO, A., PANZERA, T., ALMEIDA, D., SEGANTINI, A., & LAHR, F. (2013). Painéis de partículas de madeira leucena e resina poliuretana derivada de óleo de mamona. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, volume 43, n.º 8, pp. 1399-1404. ISSN 0103-8478.

SULLIVAN, H., & MACK, W. (1999). **Patente – Polymeric compositions and methods for making construction materials from them**. US 5886078 A.

TEIXEIRA, S. (2017). **"Como forçar a Renovação de Penas de Galinhas"**. CPT - Comissão Pastoral da Terra. Disponível em: <[https://www.cpt.com.br/cursos-avicultura/artigos/comoforcararenovacaodepenasdasgalinhas?utm\\_campaign=Boletim+Avicultura&utm\\_content=Como+for%C3%A7ar+a+renova%C3%A7%C3%A3o+de+penas+das+galinhas%3F+%7C+Cursos+a+Dist%C3%A2ncia+CPT+%283%29&utm\\_medium=e](https://www.cpt.com.br/cursos-avicultura/artigos/comoforcararenovacaodepenasdasgalinhas?utm_campaign=Boletim+Avicultura&utm_content=Como+for%C3%A7ar+a+renova%C3%A7%C3%A3o+de+penas+das+galinhas%3F+%7C+Cursos+a+Dist%C3%A2ncia+CPT+%283%29&utm_medium=e)> . Acesso em: 20 Maio 2017.

TintoseTantos. (2016). Sobre a empresa: Tintos e Tantos. Acesso em 18 de Janeiro de 2017, disponível em Site da empresa Tintos e Tantos: <http://www.tintose tantos.com/index.php/desmistificando/226-afinal-o-que-sao-taninos>.

TORRES, R. (2013). **Desenvolvimento de Compósito Híbrido de Fibra de Vidro e Micropartículas de Sílica e cimento para uso em Caneleiras**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPMEC), São João Del-Rei.

VARANDA, L. D. (2012). **Produção e avaliação do desempenho de painéis de partículas de Eucalyptus grandis confeccionados com adição de casca de aveia**. UPS. São Carlos, p. 157.

- VENTURA, A. (2009). Os Compósitos e sua Aplicação na Reabilitação de Estruturas Metálicas. **Revista Ciência & Tecnologia dos Materiais**, 21(3/4), 10-19.
- WANG, Q., CAO, Q., XIANYOU, W., JING, B., KUANG, H., & ZHOU, L. (2012). A Hight-Capacity Carbon Prepared From Renewable Chicken Feather .
- WANG, R. (2003). **Cloreto de Polivinil - PVC**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- WANG, X., LU, C., & CHEN, C. (2014). Effect of Chicken-Feather Protein-Based Flame Retardant on Flame Retarding Performance of Cotton Fabric. **Journal of Applied Polymer Science** - Materials Views, pp. 1-8.
- WATANABE, R. M. (2010). **Condutibilidade térmica**. Acesso em 28 de Janeiro de 2018, disponível em Ebanataw:<http://www.ebanataw.com.br/roberto/conforto/calorlambda.htm>.
- WIEBECK, H., & HARADA, J. (2005). **Plásticos de Engenharia**. São Carlos: Editora Artliber.
- YAMAJI, F. M., & BONDUELLE, A. (2004). Utilização da Serragem na Produção de Compósitos Plástico-Madeira. **Revista Floresta**, 59-66. ISSN 1982-4688.
- ZHAN, M., & WOOL, R. (2012). Thermal Expansivity of Chicken Feather Fiber Reinforced Epoxy Composites. **Journal of Applied Polymer Science** - Material Views, pp. 997-1003.
- ZHIGILEI, L. (2010). **Sítio Eletrônico do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade da Virgínia**. Disponível em MSE 209: Introduction to the Science and Engineering of Materials: <http://people.virginia.edu/~lz2n/mse209/Chapter1.pdf>>. Acesso em 13 de Outubro de 2015.