

# APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE MADEIRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ALTERNATIVA

## THE USE OF THE WOODEN SOLID WASTE FROM CIVIL CONSTRUCTION FOR GENERATION OF ALTERNATIVE ENERGY

**Fábia Santos Mello\***

Universidade Federal do Tocantins, Palmas – TO, Brasil  
Departamento de Engenharia Civil  
fabiaarq@gmail.com

### Resumo

A madeira é um elemento fundamental para a indústria da construção civil, é utilizada de diversas formas e etapas de uma obra, o estudo traz informações sobre maneiras e a importância do aproveitamento dos resíduos de madeira da construção civil para geração de energia alternativa através do potencial energético, contribuindo para as necessidades de energia da sociedade moderna evitando assim futuros desmatamentos inserindo-se novamente no ciclo produtivo.

**Palavras-Chave:** Resíduos sólidos de madeira. Construção civil. Geração de energia alternativa.

### Abstract

Wood is a key element in the construction industry, it is used in different forms and stages of a work, the study provides information on the manners and the importance of using the wood from construction waste for generation of alternative energy through potential energy, contributing to the energy needs of modern society thus avoiding future deforestation and inserting themselves again in the production cycle.

**Key Words:** Wood waste. Construction. Alternative energy generation.

## 1 Introdução

Atualmente o ser humano tem produzido grande quantidade e variabilidade de resíduos gerados através do adensamento e urbanização das cidades, em especial aquelas que crescem de forma acelerada, podendo sofrer graves problemas ambientais, sociais e sanitários. A redução e o controle destes efeitos exigem um manejo e disposição adequada na busca por um gerenciamento tendo em vista os efeitos globais de comprometimento com o ambiente, além da possibilidade do reaproveitamento dos resíduos como fonte de energia alternativa.

A indústria da construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social apesar da grande geração de resíduos. Muitas vezes por falta de políticas e fiscalização, os entulhos são lançados de forma desordenada nas ruas, praças,

córregos e terrenos baldios provocando riscos ao ser humano e ao ambiente, onde proliferam vetores, animais peçonhentos e também o mosquito transmissor da dengue.

Diante da situação de disposição dos resíduos nas cidades, o poder público municipal atua frequentemente com medidas paliativas, realizando serviços de coleta e disposição em algum terreno que seja necessário o aterramento. Mais tal prática não soluciona definitivamente o problema do grande volume gerado de resíduos da construção civil, pelo contrário, incentiva à continuidade da disposição irregular.

A madeira é um elemento fundamental na construção civil, é utilizada de diversas formas e etapas de uma obra, portanto o estudo de revisão busca informações sobre maneiras e a importância do aproveitamento dos resíduos de madeira da construção civil para geração de energia alternativa, evitando a disposição irregular como o assoreamento dos rios e queima a céu aberto, além do seu potencial e benefícios na contribuição para as necessidades de energia da sociedade moderna evitando assim futuros desmatamentos.

## **2 Revisão bibliográfica**

Frente às pressões ambientais com o aquecimento global e com o aumento do CO<sub>2</sub> na atmosfera, os combustíveis fósseis são a principal fonte primária global de fornecimento de energia. As outras fontes somadas representam menos de 15%, composto por: energia nuclear, hidroelétrica e renovável (biocombustíveis, energia eólica, energia geotérmica e energia solar).

A busca por fontes renováveis de energia é uma preocupação nos dias atuais em face da escassez dos combustíveis fósseis e das alterações climáticas causadas pelas emissões dos gases do efeito estufa. Neste cenário, surgiram outras fontes de matérias primas para fonte de energia alternativa. No Brasil, a biomassa constitui uma das alternativas energéticas recentemente avaliadas, considerando a extensão de áreas agricultáveis no país, as características edafoclimáticas de seus ecossistemas e a sua diversidade biológica.

Apesar de muito importante para a sociedade, a indústria da construção civil é uma grande geradora de resíduos. Segundo Hansen (2008 apud Beltrame, 2000), “a construção civil é responsável pelo consumo de 66% de toda madeira extraída e gera 40% de todos os resíduos sólidos na zona urbana [...]”. Composto por restos de tijolos, cimento, gesso, PVC, fiação elétrica, cerâmicas e madeiras, etc.

Com o aumento da renda socioeconômica brasileira, dos últimos anos acarretou em desenvolvimento das cidades, contribuindo para um enorme aumento de construções de unidades unifamiliares e multifamiliares. Outro marco brasileiro que colabora para a elevação do número de construções é o programa do Governo Federal em parceria com a Caixa Econômica Federal,

conhecido como “Minha Casa Minha Vida” que aquece o ramo da construção civil em todo território nacional.

Outra afirmativa relevante é que os países em desenvolvimento se confrontam, ainda com a imposição do modelo consumista, como paradigma de crescimento econômico e modernidade e com a deterioração do ambiente causado por técnicas que tratam ou dispõem os resíduos de forma inadequada, em função das menores restrições legais e de capacidade de controle existentes, como políticas de incentivo, normas aplicadas e fiscalização.

Devido à variedade dos resíduos sólidos resultantes do processo da indústria da construção civil, estas se classificam pelas características ou propriedades identificadas. A classificação é relevante para a escolha da estratégia de gerenciamento e reaproveitamento mais viável. A norma NBR 10004 (ABNT, 2004), trata da classificação de resíduos sólidos quanto a sua periculosidade, ou seja, características apresentadas pelo resíduo em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto- contaminantes, podendo apresentar potencial de risco a saúde pública ou ao meio ambiente. A madeira é classificada como um: Resíduos Classe II – Não Inertes, podem ter propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

A Resolução Federal 307 (CONAMA, 2002), estabelece uma classificação, critérios e procedimentos para a correta gestão dos resíduos, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais e no caso do classe B, incluindo a madeira, ou seja, por esta resolução federal após sua utilização no canteiro de obras, ela deve estar separada e organizada de forma a facilitar o recolhimento no canteiro de obras para posterior reciclagem.

Figura 1 – Classificação, características e destinação dos resíduos da construção civil

<b>Classe B</b>	São resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plástico, papel/papelão, metais, vidros, madeira e outros;	Deverão ser reutilizados, reciclados ou enviados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
-----------------	---	---

Fonte: CONAMA (2002)

Existe um conjunto de leis e políticas públicas, além de normas técnicas fundamentais para a gestão de resíduos da construção civil, contribuindo para minimizar os impactos ambientais. Mais as soluções para a destinação dos resíduos devem combinar compromisso ambiental, viabilidade econômica garantindo a sustentabilidade, condições para sua implantação e fiscalização. Assim como pesquisas e tecnologias aplicadas ao aproveitamento dos resíduos de madeira, biomassa nobre que pode servir como fonte de energia alternativa inserido-se novamente em algum ciclo produtivo.

Pensando no aproveitamento dos resíduos de madeira para a geração de energia alternativa é necessário que a segregação para o processo seja feita junto à fonte geradora, ou seja, próximo ao seu local de origem para um aproveitamento total dos rejeitos, além do cuidado, evitando umedecer excessivamente dificultando o processo de utilização para queima. Vale lembrar que antes de ser

resíduo o material era matéria prima e a necessidade de percorrer grandes distâncias seria um fator de desvantagem a sustentabilidade.

O uso da biomassa para geração de energia segundo CALEGARI (2005) deve necessariamente levar em conta as características particulares de cada tipo de madeira, no que se refere à combustão. A biomassa adquirida pelas empresas para geração de energia geralmente apresentam-se muito heterogênea, devido a diferentes tipos de madeira adquiridos.

Segundo ZENID (2009), o madeiramento utilizado na construção civil esta dividido em:

- Construção pesada externa como: madeira serrada, estacas, tábuas, pontes, torres de observação, etc., tendo como referência de madeira o *angico-preto*, *pinus*, *melancieiro*, *pequiarana* e *cedro rosa*.
- Construção civil pesada interna como: vigas, caibros, pranchas para cobertura, etc., tendo como referência a madeira de *peroba-rosa* e *algelim vermelho*.
- Construção civil leve interna como: madeira serrada beneficiada em forros, lambris e guarnições, tendo como referência de madeira o *ipê*.
- Construção civil leve como: portas, venezianas e caixilhos, tendo como referência a madeira de *pinho-do-paraná*, entre outras espécies.

Existe uma variabilidade grande de preferência em obras civis, podendo variar as espécies de acordo com a região do Brasil devido à disponibilidade da espécie e conseqüentemente dos seus valores para aquisição.

Pode-se comparar os usos na tabela 2 com o consumo da madeira serrada amazônica pela construção civil, no estado de São Paulo, em 2001.

Tabela 2 – Consumo de madeira serrada amazônica pela construção civil, no Estado de São Paulo, em 2001

Usos na construção civil	Consumo	
	1000 m <sup>3</sup>	%
Estrutura de cobertura	891,7	50
Andaimes e formas para concreto	594,4	33
Forros, pisos e esquadrias	233,5	13
Casa pré-fabricadas	63,7	4
Total	1783,3	100

Fonte: Sobral et al. (2002)

Observa-se na tabela que o uso em estruturas de cobertura representa metade da madeira consumida no estado de São Paulo. Neste uso, são empregadas peças serradas como caibros, vigas, pranchas e tábuas comercializados em lojas especializadas.

Figura 2 – Disposição irregular em terrenos baldios



Fonte: Aatoria própria (2015)

Figura 3 – Utilização no canteiro de obras



Fonte: Aatoria própria (2015)

A biomassa, segundo Demirbas et al. (2009), é uma fonte de energia renovável e sua importância vai aumentar à medida que a política energética nacional e estratégias concentrarem-se em fontes renováveis e conservação. A utilização da energia da biomassa (Bioenergia) ganhou maior importância nos últimos anos, devido ao esgotamento progressivo dos combustíveis fósseis convencionais. A bio-energia pode ser uma alternativa importante em um futuro mais sustentável em suprimento de energia.

Ainda segundo Demirbras et al. (2009), atualmente, mais de 70% do consumo da biomassa dos EUA, cerca de 142 milhões de toneladas/ano, vem de florestas exploráveis que cobre cerca de 92 milhões de hectares. A produção de biomassa florestal depende de país para país do seu potencial e rendimento médio. Mais as pesquisas indicam que temperaturas acima de 5.C são adequadas para garantir uma boa condição de crescimento e fotossíntese em sua produção. A combustão direta é a velha maneira de usar a biomassa, mais esta desenvolvendo-se tecnologias termoquímicas ou de conversão como a pirólise, gaseificação, liquefação, extração com fluido supercrítico para maximizar os rendimentos

O crescente interesse em bio-energia, segundo Demirbas et al. (2009), é impulsionado pelos seguintes fatores: contribui para a redução da pobreza em países em desenvolvimento, atende as

necessidades de energia em momentos de baixa e alta demanda, sem dispositivos de conversão caros, pode fornecer energia em todas as formas de que necessita-se (combustíveis líquidos, gasosos, calor e eletricidade), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) - neutral pode até mesmo agir como sumidouros de carbono, ajuda a restaurar terras improdutivas e degradadas, aumenta a biodiversidade, fertilidade do solo e retenção de água.

Como fonte renovável de energia, a biomassa proveniente da madeira é considerada de grande potencial e o conteúdo energético, nesta biomassa está associado à quantidade de celulose, lignina presentes e a baixa umidade. Neste caso, o poder calorífico é um excelente parâmetro de avaliação da potencialidade energética dos combustíveis de biomassa (BRAND, 2010).

Assim, o uso da biomassa como fonte de energia limpa vem ganhando importância ao passo que as estratégias da política nacional de energia concentram-se em fontes renováveis e de conservação (DEMIRBAS et al., 2009).

No Brasil, a utilização da biomassa proveniente da madeira pode ser cada vez mais interessante já que existe uma grande demanda de madeira, para utilização nos processos de secagem e armazenamento dos produtos de agropecuária, como o caso dos grãos, da avicultura e também nos processos de caldeiraria caso fosse reutilizada de forma natural e com vantagens, pois a queima de biomassa da madeira provoca a liberação de dióxido de carbono na atmosfera, mas como este composto havia sido previamente absorvido pelas plantas que deram origem ao combustível, o balanço de emissões de CO<sub>2</sub> é nulo.

Mesmo sendo um material orgânico, a madeira é cem por cento reciclável, seja por tecnologias ou aproveitamento para a composição de outros produtos, pois a madeira após triturada pode ter outras formas e diferentes resistências, voltando a ser tapumes, caixas de madeira ou mesmo ser utilizada na indústria da celulose dependendo de que segmento industrial encontra-se perto da fonte geradora do resíduo.

A biomassa é um combustível rico em voláteis, que constituem cerca de  $\frac{3}{4}$  do seu peso. Isso faz com que o processo de combustão transcorra em seis etapas consecutivas bem definidas, secagem, emissão de voláteis, ignição dos voláteis, queima dos voláteis em chama, extinção da chama dos voláteis e combustão do resíduo de carbono (LORA; ANDRADE, 2009).

Figura 5 – Secador de grãos



Fonte: Internet (2015)

Figura 6 – Forno para queima da madeira natural



Fonte: Internet (2015)

Para a utilização desta biomassa e necessário considerar as características físicas e químicas do material que podem influenciar no rendimento e manutenção dos equipamentos que realizam o processo de combustão MOURA, et al., 2012. A análise e acompanhamento de variáveis como teor de umidade (TU), teor de cinzas (TC) e poder calorífico elevam a eficiência do material, tornando-o competitivo frente a outras fontes de energia (BRAND, 2007)

Do ponto de vista de Avelin (2014) os componentes químicos da madeira podem variar consideravelmente em diferentes espécies e isso vai afetar grandemente a utilização do recurso. A determinação das propriedades químicas, tais como teor de lignina e valor de aquecimento são importantes e geralmente, estas características são determinadas utilizando métodos químicos de laboratório, mas estes são normalmente demoradas, dispendiosas, e não são ideais para lidar com grandes quantidades de amostras de madeira.

Ainda segundo Avelin (2014) a espectroscopia de refletância de infravermelho (NIR) é uma potente, pouco dispendiosa e rápida ferramenta que pode ser utilizada para a determinação dos compostos químicos na madeira. NIR é não-destrutivo e pode, portanto, ter uma grande influência econômica em uma usina de biocombustível, uma vez que eles podem ser usados para monitoramento e calibração em tempo real das propriedades de biomassa utilizadas no processo.

Segundo as pesquisas de Silva (2014) todas as espécies possuem potencial como fonte bioenergética e podem ser utilizados como fonte de energia renovável, variando características físico-químicas a serem avaliadas em ensaios laboratoriais, destrutivos e não destrutivos. O melhor rendimento energético da biomassa da madeira e sua indicação dos potenciais de utilização final deste material depende de sua constituição química que deverá ser analisada como as propriedades: densidade básica, teor de lignina e carbono fixo/poder calorífico de cada espécie variando os valores encontrados, em razão dos altos teores de extrativos totais, lignina, carbono e elevada densidade básica e poder calorífico volumétrico.

Por seu um material heterogêneo apresentam valores diferentes para as propriedades citadas acima nas diferentes espécies, porém a celulose é um componente uniforme da madeira, outras vantagens como possuir baixo custo já que a proposta é o aproveitamento dos resíduos, e ser menos poluente que outras formas de energia como a obtida a partir de combustíveis fósseis ou até mesmo obtidas através de florestas plantadas, mostram que vale a pena pensar em utilizar essa biomassa.

### **3 Conclusões**

Nesta pesquisa pôde-se perceber o potencial energético que os rejeitos de madeiras da indústria da construção civil têm para fornecer as empresas que as consomem de forma a gerar menor impacto ambiental em ambas as atividades.

Portanto pode-se considerar um estudo para várias localidades, devido à existência de resíduos de madeiras da construção civil, colaborando para a reflexão de antecipar-se a futuras problemáticas de regiões que estejam em franco crescimento econômico e populacional, conseqüentemente, de fornecimento de infraestrutura para que sejam pensadas em saídas sustentáveis aos grandes volumes de resíduos de madeira como fonte de energia renovável.

Em face às perspectivas de crescimento da geração de resíduos de madeira, aliado as possibilidades de uso da biomassa para fins energéticos, cabe ao setor público, como agente regulador e promotor de desenvolvimento, a adoção de políticas públicas e a criação de mecanismos que facilitem a tarefa do setor privado, a utilizar ou viabilizar a utilização dos resíduos de madeira gerados e, quando isso ocorrer, garantir que os benefícios sejam distribuídos a toda sociedade, contribuindo para melhorias sociais, econômicas e ambientais.

Por outro lado, é essencial que o setor privado, atuando como agente de transformação, seja competente no desempenho do seu papel, planejando, investindo, adotando procedimentos e tecnologias que garantam o aproveitamento dos resíduos de madeira, assim como a implementação de programas de desenvolvimento de gestão ambiental nas indústrias da construção civil, tornando cada vez mais alcançável o desperdício zero e resíduos dispostos de forma irregular desta biomassa.



Embora não existam políticas públicas que tratem especificamente do fomento para valorização e utilização dos resíduos de madeira no Brasil, o assunto é abordado de forma bastante dispersa em normas, sobretudo nas áreas de meio ambiente e energia. A idéia de utilização dos resíduos de madeira da construção civil ainda não está consolidada em nossa sociedade, mais possui vantagens e merecem mais estudos sobre o aproveitamento da madeira após o processo da construção civil.

A importância do estudo está relacionada com a atualidade do tema para a indústria da construção civil brasileira, que passa por profundas mudanças, tentando se adequar a um processo de produção ambientalmente correto, socialmente justo e economicamente viável.

## Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- AVELIN, A., SKVARIL, J., AULIN, R., ODLARE, M., DAHLQUIST, E. Forest biomass for bioenergy production - comparison of different forest species. In: J. Yan (ed.). INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED ENERGY, 6., 2014, Taipei. **Proceedings...** Taipei: ICAE, 2014.
- BELTRAME, E. S. Meio Ambiente na Construção Civil. Disponível em: <[http://www.eduardo.floripa.com.br/download/Artigo\\_meio\\_ambiente.pdf](http://www.eduardo.floripa.com.br/download/Artigo_meio_ambiente.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2013.
- BRAND, M. A. et al. Análise da qualidade energética de resíduos madeiráveis ao longo de seis meses de armazenamento. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 2004, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Anais...** Campo Grande: Bioenergia, 2004.
- BRAND, M. A. **Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem**. 2007. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.
- BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131p.
- CALEGARI, L. et al. Características de algumas biomassas usadas na geração de energia no Sul do Brasil. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 1, p. 37-46, 2005. Disponível em: <<http://www.renabio.org.br/04-B&E-v2-n1-2005-p37-46.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2012.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 307, de 17 de julho de 2002. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, nº 136, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 jul. 2002. Seção 1, p. 95-96. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 2 ago. 2012.
- DEMIRBAS M. F.; BALAT M.; BALAT H. Potencial contribution of biomass to the sustainable energy development. **Science and Energy Company**, v. 50, n. 7, jul., p. 1746–1760, 2009.
- HANSEN, S. **Gestão socioambiental**: meio ambiente na construção civil. Florianópolis: SENAI/SC, 2008
- LORA, E.S.; ANDRADE, R.V. Biomass as energy source in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v.13, n. 4, p. 777-788, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032108000270>>. Acesso em: 2 ago. 2012.
- SILVA, D. A. da et al. Avaliação das propriedades energéticas de resíduos de madeiras tropicais com uso da espectroscopia NIR. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 561-568, 2014.
- SOBRAL, L. et. al. **Acertando o alvo 2**: consumo de madeira amazônica e certificação florestal no Estado de São Paulo. Belém: Imazon, 2002. 72p.

ZENID, J. G. **Madeira**: uso sustentável na construção civil. 2 ed. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológica: SVMA, 2009.

VENTURINI, J. Classificação de resíduos: veja como são classificados e como devem ser descartados os resíduos de obras. **Equipe de Obra**, n. 37, 2011. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/37/artigo220705-1.aspx>>. Acesso em: 2 ago. 2012.

MEDEIROS, H. Canteiro sustentável: medidas simples adotadas na obra reduzem o impacto sobre os trabalhadores, a vizinhança, pedestres e visitantes. **Equipe de Obra**, n. 36, 2011. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/36/artigo215994-1.aspx>>. Acesso em: 2 ago. 2012.