

Aproveitamento dos resíduos sólidos de madeira da construção civil, para geração de energia alternativa

MELLO, Fabia Santos
VIEIRA, Glaucia Gama

RESUMO

A madeira é um elemento fundamental para a indústria da construção civil, utilizada de diversas formas e etapas de uma obra. O estudo traz informações sobre a importância e as formas de 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 com a sua biomassa.

Palavras-chave: Biomassa, Resíduos Sólidos, Madeira da Construção Civil.

ABSTRACT

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

Keywords: Biomass, Solid Waste, Wood Construction

RESUMEN

La madera es un elemento clave en la industria de la construcción, que se utiliza en diversas formas y etapas de un proyecto. El estudio proporciona información sobre la importancia y las formas de utilización de la construcción en madera de residuos para la generación de energías alternativas a través de potencial energético, contribuyendo a las necesidades energéticas de la sociedad moderna, evitando así la deforestación futura, insertándose de nuevo en el ciclo de producción con su biomasa.

Palabras clave: Biomasa, Resíduos Sólidos, Construcción Madera

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. Mas, tal prática não soluciona definitivamente o problema do grande volume de resíduos gerados da construção civil, pelo contrário, incentiva a continuidade da disposição irregular.

A madeira é um elemento fundamental na construção civil, utilizada de diversas formas nas diversas etapas de uma obra, portanto, este estudo buscou informações sobre quais as formas 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 a geração de energia para atender as demandas da sociedade moderna, evitando assim, futuros desmatamentos.

1 METODOLOGIA

No presente estudo foram utilizados procedimento metodológicos de pesquisa exploratória, fazendo um levantamento dos principais artigos técnicos relacionados ao tema, assim como normas técnicas aplicadas, resoluções atuais brasileiras, monografias e sítios eletrônicos com informações relevantes, além de visitas técnicas profissionais em obras para aquisição de registros fotográficos e maior profundidade no tema proposto. Para maior conveniência na elaboração do artigo, algumas vezes os Resíduos da Construção Civil são denominados por RCC, como é chamado pelos técnicos da área. Os dados começaram a ser colhidos e formatados em 2015, durante o curso de mestrado em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Frente às pressões ambientais com o aquecimento global e com o aumento do CO₂ 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, devido à escassez dos combustíveis fósseis e das alterações climáticas causadas pelas emissões dos gases do efeito estufa. Neste cenário, surgiram outras fontes de matérias primas como 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 sua diversidade biológica.

Apesar de muito importante para a sociedade, a indústria da construção civil é uma grande geradora de resíduos. No Brasil, segundo Hansen (2008, apud BELTRAME, 2013), 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.

Para uma análise nacional, segundo Fernandes (2012), é interessante à comparação entre o Brasil e outros países, como mostra a tabela abaixo, que apresenta uma estimativa de geração de RCC em diferentes países.

Tabela 1 – Estimativa de geração de RCC em alguns países

País	Quantidade anual		Fonte
	Em milhões t/ano	Em kg/habitante/ano	
Suécia	1,2 - 6	136 - 680	Tolstoy, Borklund e Carlson (1998) e EU (1999)
Holanda	12,8 - 20,2	820 - 1.300	Lauritzen (1998), Brossink, Brouwers e Van Kessel (1996) e EU (1999)
Estados Unidos	136 - 171	463 - 584	EPA (1998), Peng, Grosskopf e Kibert (1994)
Reino Unido	50 - 70	880 - 1.120	Detr (1998) e Lauritzen (1998)
Bélgica	7,5 - 34,7	735 - 3.359	
Dinamarca	2,3 - 10,7	440 - 2.010	Lauritzen (1998) e EU (1999)
Itália	35 - 40	600 - 690	
Alemanha	79 - 300	963 - 3.658	
Japão	99	785	Kasai (1998)
Portugal	3,2 - 4,4	325 - 447	EU (1999) e Ruivo e Veiga (apud Marques Neto, 2009)
Brasil	31	230 - 760	Abrelpe (2011), Pinto (1999), Carneiro et al. (2001) e Pinto e González (2005)

Fonte: Fernandes (2012).

Esta tabela apresenta informações com datas variadas, demonstrando que é necessário realizar uma melhor apuração sobre os tipos de resíduos e seus quantitativos em cada país listado. 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 incapacidade de controle existentes, como políticas de incentivo, normas aplicadas e fiscalização efetiva.

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, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), que 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 à 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 tabela a seguir, relaciona uma série de normas publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), relativas aos resíduos sólidos e aos procedimentos para o gerenciamento dos RCC.

Quadro 1 – Normas técnicas brasileiras relacionadas aos resíduos sólidos e aos ARCC

Norma	Descrição
NBR 10.004	Resíduos sólidos (classificação)
NBR 15.112	RCC e resíduos volumosos - áreas de transbordo e triagem (diretrizes para projetos, implantação e operação).
NBR 15.113	RCC e resíduos inertes - aterros (diretrizes para projetos, implantação e operação).
NBR 15.114	RCC - áreas para reciclagem (diretrizes para projetos, implantação e operação).
NBR 15.115	Agregados reciclados de RCC - execução de camada de pavimentação (procedimentos).
NBR 15.116	Agregados reciclados de RCC - utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural (requisitos).

Fonte: Fernandes (2012)

A Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2002), considerada o marco regulatório para a gestão dos RCC, 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.

Quadro 2: Classificação, Características e Destinação dos resíduos da Construção Civil

Classe B	São resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras 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: Brasil (2002)

Existe um conjunto de leis e normas técnicas, fundamentais para a gestão de resíduos da construção civil, contribuindo para minimizar os impactos ambientais. Mas 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 como a 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, 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 à sustentabilidade.

Os estudos feitos por Nagalli *et al* (2013, p. 2), ressaltam:

[...] apenas 7% das amostras não possuíam contaminantes, o que mostram a necessidade de estudos sobre a criação de novos métodos de destino e a necessidade de estimulá-los, principalmente após ficar evidente que a destinação comum, a queima, não poderia ser utilizada em grande parte dos resíduos. Sendo argamassa e pinos metálicos juntos, os responsáveis por mais da metade das contaminações. Seria ideal a remoção desses contaminantes antes da destinação final.

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 apresenta-se muito heterogênea, devido aos diferentes tipos de madeira adquiridos.

O madeiramento utilizado na construção civil, de acordo com Zenid (2009), está dividido em:

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

Existe uma diversificação de madeiras em obras civis, podendo variar as espécies de acordo com a região do Brasil, devido à disponibilidade da espécie, variando de peças com pouco ou nenhum processamento, até peças com vários graus de beneficiamento, podendo sua utilização na construção civil ser temporária ou permanente.

A pesquisa de Nagalli *et al* (2013, p. 2), demonstra que:

Os resíduos de madeira representam cerca de 31% de todo o volume de resíduo de construção gerado numa obra de um edifício residencial. Se considerada somente a fase de execução estrutural, podem chegar a representar 42% dos resíduos gerados durante o processo em questão.

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

Tabela 2 - Consumo da madeira serrada amazônica pela construção civil, no estado de São Paulo, em 2001.

Usos na Construção Civil	Consumo 1000 m ³ %	
Estrutura de Cobertura	891,7	50
Andaimes e formas para concreto	594,4	33
Forros, pisos e esquadrias	233,5	13
Casas pré-fabricadas	63,7	4
Total	1783,3	100

Fonte: Zenid (2009, p. 20).

Observa-se 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 1 - Disposição irregular em terrenos baldios

Fonte: Fotos da coleção particular da autora



Figura 2 - Utilização no canteiro de obras

Fonte: Fotos da coleção particular da autora

Segundo dados do SEBRAE (2015), dentre os estados brasileiros, São Paulo destaca-se como o maior consumidor, com mais de 2,5 milhões de m³ (volume equivalente em toras) anuais. O Estado é responsável pelo consumo de 15% do total produzido na região amazônica. Diferentemente dos outros países produtores, cuja grande maioria tem no mercado externo a sua grande clientela, no Brasil, 70% a 80% da produção de madeira amazônica é consumida internamente.

A biomassa, segundo Demirbas, Balat, e Balat (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 bioenergia pode ser uma alternativa importante em um futuro mais sustentável em suprimento de energia.

Ainda segundo Demirbras, Balat, e Balat (2009), atualmente, mais de 70% do consumo da biomassa dos EUA, cerca de 142 milhões de toneladas/ano, vem de florestas exploráveis, que cobrem cerca de 92 milhões de hectares. A produção de biomassa florestal depende, de país para país, do seu potencial e rendimento médio, entretanto, 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, mas estão sendo desenvolvidas tecnologias termoquímicas ou de conversão, como a pirólise, gaseificação, liquefação, extração com fluido supercrítico, para maximizar os rendimentos.

O crescente interesse em bioenergia segundo Demirbas, Balat, e Balat (2009), é impulsionado pelos seguintes fatores:

- a) Contribui para a redução da pobreza em países em desenvolvimento;
- b) Atende as necessidades de energia em momentos de baixa e alta demanda, sem dispositivos de conversão caros;
- c) Pode fornecer energia em todas as formas de que necessita-se (combustíveis líquidos, gasosos, calor e eletricidade);
- d) O dióxido de carbono (CO₂) - neutral pode até mesmo agir como sumidouros de carbono;
- e) 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, de acordo com Brand (2010), o poder calorífico é um excelente parâmetro de avaliação da potencialidade energética dos combustíveis de biomassa. Assim, o uso da biomassa como fonte de energia limpa, vem ganhando importância, ao passo que as estratégias da política nacional de energia, segundo Demirbas, Balat, e Balat (2009), concentram-se em fontes renováveis e de conservação.

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 CO₂ é nulo.

No caso de se utilizarem os resíduos provenientes da construção civil, muitas peças podem apresentar desmoldantes, vernizes ou tintas podendo apresentar substâncias tóxicas à inalação direta, sendo necessário filtros para o controle do ar nas saídas das chaminés evitando riscos ao meio ambiente e ao trabalhador.

Na construção civil, de acordo com Nagalli *et al* (2013, p. 2), muitos resíduos da madeira gerados, estão contaminados por outros materiais como tintas, graxas, pregos, parafusos e plásticos. Dessa forma, a complexidade em qualificar os contaminantes presentes no material dificulta o processo de beneficiamento, reutilização ou reciclagem. Para amenizar o problema que esses resíduos representam ao meio ambiente, é necessário propor maneiras eficientes de gerenciamento e reaproveitamento.

A madeira é um material orgânico, cem por cento reciclável seja por tecnologias ou aproveitamento para a composição de outros produtos, pois, depois de triturada pode ter outras formas e diferentes resistências, voltando a ser produtos comercializáveis como: tapumes, caixas de madeira ou como resíduo estruturante, na biodegradabilidade do logo de esgoto provenientes de ETE's, na utilização para compostagem como fertilizante orgânico utilizado em suinocultura e avicultura, ou mesmo ser utilizada na indústria da celulose que é outro grande seguimento que consome muita madeira, no aproveitamento depende do segmento industrial que 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, e isso, na análise de Nogueira e Andrade (2009), faz com que o processo de combustão transcorra em seis etapas consecutivas bem definidas, de secagem, emissão de voláteis, ignição dos voláteis, queima dos voláteis em chama, extinção da chama dos voláteis e combustão do resíduo de carbono.



Figura 3 - Secador de grãos e figura

Fonte: Fotos da coleção particular da autora



Figura 4 - Forno para queima direta da madeira

Fonte: Fotos da coleção particular da autora

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

Do ponto de vista de Avelin *et al* (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 *et al* (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 ser 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 obtida através de florestas plantadas mostram que vale a pena pensar em utilizar esta biomassa.

CONCLUSÃO

Nesta pesquisa, foi possível perceber o potencial energético que os rejeitos de madeiras da indústria da construção civil têm para fornecer às empresas que as consomem, de forma a gerar menor impacto ambiental em ambas as atividades, seja na construção civil e no reaproveitamento dos resíduos.

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 à futuras problemáticas de regiões que estejam em franco crescimento econômico e populacional e, conseqüentemente, de fornecimento de infraestrutura para que sejam pensadas como saídas sustentáveis aos grandes volumes de resíduos de madeira, como fonte de energia alternativa.

Em face às perspectivas de crescimento da geração de resíduos de madeira, aliado às 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 à 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 a segregação e 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 ideia 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, diminuindo assim, a grande quantidade de resíduos descartados sem tratamento adequado ou mesmo seu total aproveitamento.

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.

bioenergia em revista: diálogos, ano 5, n. 1, p. 46-57, jan./jun. 2015.

Mello, Fabia Santos; Vieira, Glaucia Gama

Aproveitamento dos resíduos sólidos de madeira da construção civil, para geração de energia alternativa

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10004/2004: resíduos sólidos - - classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

AVELIN, A. *et al.* Forest biomass for bioenergy production – comparison of different forest species. *Energy Procedias*, Amsterdam, v. 61, p. 1820–1823, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214032500>>. Acesso em: 10 maio 2015.

BELTRAME, Eduardo de Sousa. *Meio Ambiente na Construção Civil*. São Paulo: AEA Educação Continuada, 2013. Disponível em: <<http://www.aea.com.br/blog/meio-ambiente-e-construcao-civil>>. Acesso em: mar. 2015.

BRAND, M. A. *Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem*. Curitiba, PR: UFP, 2007. (Tese de doutorado em Engenharia Florestal). Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/10397/Tesevers%20o%20final%20-%20Martha%20Andreia%20Brand.pdf;jsessionid=BB5072663AC0ACF22A8DB7FB6A0666FF?sequence=1>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

BRAND, M. A. *Energia de biomassa florestal*. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução N° 307, de 5 de julho de 2002: estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil*. Brasília, DF: CONAMA, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em 12 maio 2015.

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.celsofoelkel.com.br/artigos/outros/artigo%20revista%20Biomassa%20e%20Energia2.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2014.

DEMIRBAS M. Fatih; BALAT, Mustafa, BALAT Havva. Potential contribution of biomass to the sustainable energy development. *Science and Energy Company*, University Mahallesi, Trabzon, Turkey, p. 1746–1760v. 50, July 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890409000946>>. Acesso em 10 jun. 2015.

FERNANDEZ, Jaqueline A. Bória. *Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil*. Brasília, DF: IPEA, 201. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2015.

LORA, E. S.; ANDRADE, R. V. Biomass as energy source in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Amsterdam, v. 13, n. 4, p. 777-788, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032108000270>>. Acesso em: 10 maio 2015.

MOURA, L. F. de. *et al.* *Floresta*, Curitiba, PR, v. 42, n. 2, p. 325 - 334, abr./jun. 2012. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/26593/18434>>. Acesso em: 22 de jun. 2015.

NAGALLI, André *et al.* Resíduos de madeira na construção: oportunidade ou perigo? *Techne*, São Paulo, n. 196, jul. 2013. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/196/artigo294029-2.aspx>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

bioenergia em revista: diálogos, ano 5, n. 1, p. 46-57, jan./jun. 2015.

Mello, Fabia Santos; Vieira, Glaucia Gama

Aproveitamento dos resíduos sólidos de madeira da construção civil, para geração de energia alternativa

SEBRAE. *Coleta seletiva e reciclagem de resíduos de madeira da construção civil*. BRASÍLIA, DF: SEBRAE, 2015. Disponível em: <<http://www.sebraemercados.com.br/coleta-seletiva-e-reciclagem-de-residuos-de-madeira-da-construcao-civil/>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

SILVA, Dimas Agostinho da et al. Avaliação das propriedades energéticas de resíduos de madeiras tropicais com uso da espectroscopia NIR. *Floresta Ambient*, v. 21, n. 4, p. 561-568, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v21n4/v21n4a16.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2015.

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

1 Fabia Santos MELLO, possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Fundação Universidade Regional de Blumenau - FURB (2002). Especialização em : Gestão Ambiental e Formação para o Magistério Superior. Trabalha atualmente como docente no curso de Eng. Civil do Ceulp/Ulbra Tocantins. fabiaarq@gmail.com

2 Glaucia Gama VIEIRA, possui graduação em Química Licenciatura e Bacharelado pela Universidade Federal Fluminense (1997), MBA em gestão e tecnologia ambiental pela Universidade Cândido Mendes (2001), mestrado e doutorado em Química Orgânica, linha de pesquisa meio ambiente, e energia pela Universidade Federal Fluminense (2000 e 2004) . Atualmente é professora associada e bolsista produtividade da Fundação Universidade Federal do Tocantins. Tem experiência na área de Química, com ênfase em meio ambiente e agroenergia, atuando principalmente nos seguintes temas: energia da biomassa, tecnologias limpas para aproveitamento de biomassa, conversão térmica e química para obtenção de bio-óleo e biodiesel, alternativa energética, quantificação de biomassa viva acima do solo associada a armazenamento de carbono e a mecanismos REDD+. Coordena o Laboratório de ensaio e desenvolvimento em biocombustíveis e biomassa - LEDBIO . glaucieliza@uft.edu.br