

Aproveitamento sustentável dos subprodutos da madeira e das folhas para extração de óleos essenciais

TORRES, Nádía Hortense
AMÉRICO, Juliana H. P.
ROMANHOLO FERREIRA Luiz Fernando
RIBEIRO-GRANJA Ana Carolina
HARDER, Marcia N. C.

Resumo

O presente estudo é um levantamento bibliográfico acerca do potencial de reaproveitamento energético dos subprodutos da madeira e extração de óleos essenciais das folhas para outros fins. Isto se deve ao fato de haver uma grande lacuna na literatura especializada com relação a um adequado gerenciamento destes resíduos, negligenciando seus riscos ambientais e sanitários, bem como seu potencial energético. Contudo, de acordo com os dados levantados, os diversos subprodutos demonstraram potencial para o seu reaproveitamento energético através da produção de licor negro, carvão vegetal, briquetes, pellets, álcool e ácido pirolenhoso, e a extração de óleos essenciais das folhas para utilização em indústria de cosméticos, produtos de limpeza, entre outros.

Palavras-chave: Madeira; óleos essenciais; subprodutos.

Abstract

Present study is a literature perform about the potential reuse of energy wood by-products and extraction of essential oils for another uses. This is because there is a big lack in literature with respect to an appropriate management of these residues, neglecting their environmental and health risks, as well as its potential energy. However, according to data obtained, various byproducts demonstrated its potential for reuse of energy through the production of black liquor, charcoal, briquettes, pellets, pyrolygneous acid and alcohol, and essential oils extracted from leaves for use in cosmetic industry, cleaning products, among others.

Keywords: Wood; essential oils; subproducts.

Resumen

El presente estudio es una revisión de la literatura en la reutilización potencial de la energía a partir de subproductos de madera y la extracción de aceites esenciales para otros fines. Esto se debe a que hay un gran vacío en la literatura con respecto a una adecuada gestión de estos residuos, dejando de lado sus riesgos ambientales y de salud, así como su potencial de energía. Sin embargo, de acuerdo con los datos obtenidos, los diversos subproductos demostraron su potencial de reutilización de la energía a través de la producción de licor negro, carbón de leña, briquetas, pellets, ácido piroleñoso y el alcohol, y aceites esenciales extraídos de las hojas para su uso en la industria comésticos, productos de limpieza, entre otros.

Palabras-clave: Madera, aceites esenciales, productos secundarios.

INTRODUÇÃO

A madeira é um material que vem sendo largamente utilizado pela humanidade ao longo da história. No Brasil, um país rico em florestas nativas, convive-se com a exploração desses recursos, às vezes de maneira não racional (BIASI & ROCHA, 2007).

Os resíduos sólidos representam um dos grandes desafios previstos para o século XXI. Essa preocupação se justifica pelo crescente aumento da sua geração e pelo reconhecido déficit de soluções sanitárias e ambientalmente adequadas à sua disposição final ou reaproveitamento, sendo estas últimas ainda incipientes no país, embora de grande potencial. Além do aumento na quantidade gerada, são descartados, diariamente no ambiente, resíduos de composições cada vez mais complexas, tornando ainda mais difíceis e onerosos os processos de reaproveitamento, limitando a capacidade de sua assimilação pelo ambiente natural. Somada aos impactos sanitários e ambientais causados pela sua disposição inadequada, a geração de resíduos retrata um grande desperdício de matéria-prima e energia. Dentro deste panorama, as indústrias de transformação são responsáveis pelos maiores impactos ambientais registrados (FARAGE *et al.*, 2013).

Sabe-se que hoje a atividade industrial madeireira no Brasil é altamente geradora de resíduos de madeira. Adicionalmente, a utilização da madeira no meio urbano através da construção civil, descarte de embalagens e poda da arborização urbana, acabam gerando um volume expressivo de resíduos de madeira dos pequenos aos grandes centros urbanos do país. E para Wiecheteck (2009), tal fato é um problema na medida em que apenas uma parcela do volume de resíduos de madeira gerados tem atualmente algum aproveitamento econômico, social e/ou ambiental.

De acordo com o mesmo autor, o excesso de resíduos de madeira associada ao baixo aproveitamento tem como resultado danos ambientais que, além de perda significativa de oportunidade para a indústria, comunidades locais, governos e sociedade em geral, especialmente em regiões remotas, dependentes de fontes energéticas externas. Porém, os resíduos de madeira gerados no processamento e não utilizados podem deixar de ser um passivo ambiental, sendo processados como matéria-prima para diversos fins, incluindo o uso energético, gerar lucro para a iniciativa privada e reduzir problemas ambientais de interesse da sociedade.

Sair da monocultura do eucalipto ou do pinus, investir em múltiplos cultivos e buscar a sustentabilidade do setor de floresta plantada do Brasil, a partir, também, do aproveitamento energético dos subprodutos da madeira, que, hoje, vão parar no lixo é uma opção (WIECHETECK, 2009). Dentro dessa proposta de diversificação está incluído o total e correto aproveitamento de cascas de árvore e de arroz, além de serragem e outros subprodutos provenientes do processamento da madeira na produção de bioenergia resultante da biomassa extraída da produção de celulose (WIECHETECK, 2009; PETRO; MORTOZA, 2010; MOURA, 2012; SANTIAGO, 2013).

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico acerca do potencial de reaproveitamento sustentável de subprodutos da madeira, haja vista que há uma lacuna de trabalhos com este enfoque. Os seguintes subprodutos da madeira foram alvo do levantamento bibliográfico: licor negro, carvão vegetal, briquetes, pellets, metanol, óleos essenciais e ácido pirolenhoso.

REVISÃO DE LITERATURA

Licor negro

O licor negro é um subproduto do setor de celulose, obtido através do processo de cozimento Kraft utilizado na fabricação de polpa celulósica para posterior utilização para fabricação de papel (Melo et al., 2011), e a sua oferta está condicionada ao desempenho dessa indústria. No mundo, destacam-se como principais produtores os Estados Unidos, China, Canadá, Brasil, Suécia, Finlândia e Japão (VIDAL; HORA, 2013).

Aproximadamente 91% das pastas celulósicas produzidas são pelos processos químicos e semi-químicos alcalinos. Destes o processo Kraft ocupa lugar de destaque com cerca de 80% do total de pasta celulósica produzida no Brasil. O processo Kraft usa hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na₂S) como produtos químicos para o cozimento. Concluída a etapa de cozimento, os residuais químicos e as substâncias dissolvidas formam a solução aquosa que é chamada de licor negro um subproduto do processo de polpação da madeira. O processo Kraft de recuperação processa o licor negro fraco e regenera os produtos químicos de cozimento. Para que o processo de polpação tenha viabilidade econômica, a soda que reagiu com as fibras celulósicas, deve ser recuperada (MELO *et al.*, 2011).

Além disso, a obtenção de energia térmica proveniente da incineração dos compostos orgânicos contidos no licor negro via queima na caldeira de recuperação, visa reduzir o consumo energético, tornando menores os custos de produção. A inexistência de um sistema de recuperação neste processo, e a consequente descarga do licor negro em rios significaria desperdiçar combustíveis e reagentes, além de provocar poluição no meio ambiente (MORAIS; BENACHOUR; DUARTE-COELHO, 2000).

Na indústria de celulose e papel, no pátio de estocagem, os cavacos são enviados para o digestor, onde são tratados quimicamente com o licor de cozimento. O licor de cozimento é constituído pela solução aquosa de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio, numa proporção molar de aproximadamente 5/1. Durante esse tratamento, a temperatura é elevada gradualmente até atingir de 165 a 170°C. Essa temperatura é mantida por um tempo adicional para uma remoção eficiente da lignina. Durante esse tratamento termoquímico, a lignina é degradada, o que possibilita a separação das fibras, obtendo-se uma massa constituída pelas fibras individualizadas e pelo licor residual que, por sua coloração muito escura, é denominado licor negro. Essa massa escura é enviada a filtros lavadores, onde a polpa celulósica é separada do licor negro que, devido à adição de água de lavagem, apresenta uma consistência relativamente baixa, da ordem de 14-16% de sólidos (MIELI, 2007).

Carvão vegetal

O carvão vegetal é o produto sólido obtido por meio da carbonização da madeira, cujas características dependem das técnicas utilizadas para sua obtenção e o uso para o qual se destina. O rendimento do carvão vegetal gira em torno de 25 a 35%, com base na madeira seca (COELHO, 2008). De acordo com Brito e Barrichelo (1981), os principais tipos de carvão são:

- Carvão para uso doméstico: não deve ser muito duro, deve ser facilmente inflamável e deve emitir o mínimo de fumaça e pode ser obtido a baixas temperaturas (350 a 400°C);

- Carvão metalúrgico: utilizado na redução de minérios de ferro em altos-fornos, fundição, etc. A preparação deste carvão necessita de técnicas em que a carbonização deve ser conduzida a elevadas temperaturas (mínimo de 650°C) com grande tempo de duração. Deve ser denso, pouco friável e ter uma boa resistência, além de apresentar baixa taxa de materiais voláteis e cinzas. O carvão deve ter no mínimo 80% de carbono;

- Carvão para gasogênio: carvão não deve ser muito friável, sua densidade aparente não deve ultrapassar 0,3 g/cm³ e deve ter um teor de carbono de 75%;

- Carvão ativo: usado para descoloração de produtos alimentares, desinfecção, purificação de solventes, etc. O carvão deve ser leve e ter grande porosidade;

- Carvão para a indústria química: boa pureza ligada a uma boa reatividade química.

O Brasil é um dos maiores produtores de carvão vegetal, respondendo por cerca de 1/3 da produção mundial e o setor industrial é o principal consumidor, responsável pelo consumo de 89% das 10,5 milhões de toneladas de carvão vegetal produzidos no ano de 2007 (BEN, 2008).

Para a redução do minério de ferro em uma siderúrgica, é necessária a utilização de uma fonte de carbono, encontrada no carvão mineral ou carvão vegetal. O carvão mineral é um combustível de origem fóssil e, portanto, altamente poluidor. Desta forma a utilização de um combustível renovável como o carvão vegetal é viável do ponto de vista ambiental. O grande problema é a origem deste carvão vegetal, que deve ser proveniente de florestas plantadas, pois a utilização de mata nativa torna sua produção insustentável (COELHO 2008).

Segundo Coelho (2008), a retirada contínua de madeira ao longo dos anos resultou na diminuição da mata nativa da região sudeste, maior consumidora deste recurso, o que acarretou prejuízos ambientais, os quais estão descritos a seguir: destruição da biodiversidade, resultando na destruição e extinção de diversas espécies; elevação das temperaturas locais e regionais, pois na ausência das florestas que absorviam parte da energia solar, toda energia é devolvida à atmosfera na forma de calor; aumento do processo de erosão e empobrecimento do solo, devido à remoção de sua camada superficial; agravamento dos processos de desertificação devido à diminuição de chuvas; aumento de temperatura; assoreamento de rios e lagos, devido à sedimentação, ocasionando enchentes e baixa navegabilidade; diminuição dos índices pluviométricos (estima-se que metade das chuvas sobre as florestas tropicais são resultantes da troca de água da floresta com a atmosfera); proliferação de pragas e doenças devido ao desequilíbrio nas cadeias alimentares.

Além destes, o desmatamento de florestas por meio de queimadas tem colaborado com o aumento da concentração de gás carbônico, um dos gases responsáveis pelo agravamento do efeito estufa, caracterizando um impacto de nível global. O reflorestamento de áreas degradadas é vista como uma solução para este problema, visto que possui menor tempo de regeneração quando comparado às florestas nativas. Esta atividade vem sendo praticada em diversas regiões do Brasil, porém ainda não é capaz de substituir a exploração de matas nativas (BRASIL, 2005).

Dentre as vantagens das plantações florestais, destaca-se a possibilidade de remoção de CO₂ da atmosfera (1,8 t CO₂/t madeira seca), liberação de O₂ para atmosfera (1,3 t O₂/t madeira seca), além da retenção e aumento do estoque de carbono (20 kg CO₂/árvore ano). A

relação do eucalipto e sequestro de carbono para o eucalipto é de 10 toneladas por hectare anualmente, enquanto a do pinus é de 7 (COELHO, 2008).

Briquetes

Segundo Remad (2013), a densificação do resíduo através do processo de briquetagem consiste na compactação a elevadas pressões, podendo elevar a temperatura do processo na ordem de 100°C. O aumento da temperatura provocará a "plastificação" da lignina, substância que atua como elemento aglomerante das partículas de madeira. Isto justifica a não utilização de produtos aglomerantes (resinas, ceras, etc.). O autor também aponta que para que a aglomeração tenha sucesso, é necessária uma quantidade de água, compreendida de 8% a 15% e que o tamanho da partícula esteja entre 5 e 10 mm. O diâmetro ideal dos briquetes para queima em caldeiras, fornos e lareiras é de 70 mm a 100 mm, com comprimento de 250 a 400 mm. Outras dimensões (diâmetro de 28 a 65 mm) são usadas em estufas, fogões com alimentação automática, grelhas, churrasqueiras etc.

Entre as vantagens do briquete destacam-se sua alta densidade, dimensões padronizadas e baixa umidade, barateando sobremaneira os custos de transporte e armazenagem deste produto, seu elevado peso específico (cerca de 1.200 kg/m³), resultando em um produto com concentração de poder calorífico por volume bem superior ao dos resíduos supracitados e da própria lenha (FARAGE *et al.*, 2013).

Existem dois tipos principais de equipamentos que realizam a briquetagem, as chamadas briquetadeiras tipo prensa e por extrusão. No equipamento do tipo prensa briquetadeira de pistão, a compactação acontece por meio de golpes produzidos sobre os resíduos por um pistão acionado através de dois volantes. Do silo de armazenagem (aéreo ou subterrâneo) os resíduos são transferidos para um dosador e briquetados em seguida (forma cilíndrica). O briquete deste processo tem as seguintes características: densidade de 1.000-1.300 kg/m³; consumo: 20 a 60 kWh/t; produção: 200 a 1.500 kg/h; P.C.I 4.800 kcal/kg (20,1 MJ/kg); voláteis 81% (base seca) e teor de cinzas a 1,2% (base seca) (SOUZA, 2007).

De acordo com Souza (2007) e INFOENER (2013), na briquetadeira por extrusão o produto é obtido com 5% de umidade, ou menos. Quando a matéria-prima é conduzida para a parte central do equipamento, chamada matriz, a mesma sofre intenso atrito e forte pressão, o que eleva a temperatura acima de 250°C, fluidificando-a. Posteriormente, o material é submetido a altas pressões, tornando-se mais compacto. Ao final do processo, o material é resfriado naturalmente, solidificando-se e resultando um briquete com elevada resistência mecânica. A lignina solidificada na superfície do briquete o torna também resistente à umidade natural. Sendo que briquete apresenta as seguintes propriedades: densidade de 1.200 a 1.400 kg/m³; consumo de 50 a 65 kWh/t; produção de 800 a 1.250 kg/h; P.C.I. 4.900 kcal/kg (20,5 MJ/kg); voláteis 85% e teor de cinzas <1%.

Para INFOENER (2013), os consumidores finais ocupam um lugar de destaque na comercialização do briquete. O uso de briquetes é associado à preservação ambiental, uma vez que aproveita os resíduos e acaba por substituir a lenha e o carvão vegetal. Nos grandes centros, capitais e grandes cidades, o briquete tem seu papel destacado, competindo diretamente com a

lenha e o carvão vegetal. Na cidade de São Paulo, por exemplo, existem 5.000 pizzarias e 8.000 padarias das quais aproximadamente 70% utilizam fornos à lenha. Atualmente, os fabricantes de briquetes não tem produto suficiente para atender este mercado em sua totalidade. Uma pizzaria ou padaria utiliza em média o equivalente a 4t de briquete por mês. Para abastecer apenas a região metropolitana da cidade de São Paulo, necessita-se de 36.400 toneladas por mês de briquetes, o equivalente a 254.800 m³ de lenha por mês (1t de briquete é equivalente a 7 m³ de lenha) (INFOENER, 2013).

Pellets

Os pellets e os briquetes são produtos com capacidades energéticas equivalentes, principalmente se pulverizados ou moídos possuem a mesma opção de uso. Diferem-se principalmente na dimensão do produto. Os pellets possuem diâmetro variando entre 6 mm e 16 mm com 10 a 40 mm de comprimento, enquanto os briquetes possuem em média um diâmetro a partir de 50 mm com 15 a 400 mm de comprimento (MIGLIORINI, 1980).

O mesmo autor apresenta que, a peletização emprega uma matriz de aço perfurada com um denso arranjo de orifícios de 0,3 a 1,3 cm de diâmetro. A matriz gira e a pressão interna dos cilindros força a passagem da biomassa através dos orifícios com pressões de 7,0 Kg/mm³. O pellet então formado é cortado por facas ajustadas ao comprimento desejado.

A alta densidade dos pellets de madeira para aquecimento também permitem um armazenamento compacto e um transporte mais econômico a longas distâncias. Os pellets são combustíveis limpos e eficientes e sendo a matéria-prima composta por subprodutos da indústria do mobiliário e desperdícios gerados pela floresta, evita-se assim o corte de árvores, implementando a limpeza das matas e o combate aos incêndios. É importante ainda referir, que este combustível apresenta preços mais competitivos do que o gás natural, gás propano ou do que o gásóleo de aquecimento. Os pellets, devido ao seu tamanho reduzido permite dosar unidade a unidade a quantidade que vai ser queimada para produção de energia, assim este produto é muito utilizado em aquecimento doméstico e geração de vapor para pequenas comunidades (ABREU *et al.*, 2010; DÜCK, 2013; RASGA, 2013).

Os briquetes e os pellets são produtos de maior concentração energética e permitem melhores condições de armazenamento e transporte do que o uso de produtos tradicionais como a lenha e o carvão. Dessa forma, a densificação da biomassa florestal é uma alternativa tecnológica importante para o fornecimento de energia por meio de combustíveis sólidos (ABREU *et al.*, 2010; ABREU; OLIVEIRA; GUERRA, 2010).

Metanol

O metanol é um álcool principalmente pela destilação da madeira. No Brasil, o metanol não é utilizado como combustível por ser muito tóxico, e foi substituído pelo etanol. No entanto,

é utilizado como solvente na indústria de plásticos, como solvente, e em reações de importância química. A relação que existe do metanol como combustível é que ele pode ser usado no processo de transesterificação da gordura, para produção do biodiesel.

Um dos produtos que utilizam o metanol é a extração de óleos vegetais, os quais podem ser utilizados na forma “in natura” ou modificados por processos físicos e químicos. Na forma “in natura” podem ser queimados em motores multicomcombustíveis de tecnologia Elsbett para geração de energia elétrica. Por seu turno, o óleo modificado é obtido a partir do processo de transesterificação, no qual o óleo vegetal é misturado com álcool etílico (etanol) ou álcool metílico (metanol) e colocado em um reator à temperatura ambiente durante 3 a 4 dias, com uma substância que atua como catalisador do processo (ácido clorídrico ou hidróxido de potássio). O óleo resultante (biodiesel) é um éster etílico ou metílico, conforme o álcool utilizado, que após ser refinado para a eliminação de impurezas, pode ser utilizado puro ou misturado com o óleo diesel na proporção de 5 a 30% em motores diesel convencionais, sem a necessidade de adaptação. Além do biodiesel, deste processo também se obtém glicerina como subproduto (BERMANN, 2001).

Óleos essenciais

A denominação óleo essencial define um grupo de substâncias naturais aromatizantes, que são extraídas de diferentes partes de algumas espécies vegetais, sendo processamentos específicos, em sua maioria, por hidro destilação (BRAGA, 1987). De acordo com Costa (1975), óleos essenciais são constituídos de misturas de numerosos compostos voláteis, com tensões de vapor elevadas, insolúveis na água, mas solúveis em vários solventes imiscíveis nesta e também no álcool.

Os óleos essenciais são geralmente produzidos por estruturas secretoras especializadas, tais como: pelos glandulares, células parenquimáticas diferenciadas, canais oleíferos ou em bolsas específicas. Essas estruturas podem estar localizadas em partes específicas ou em toda planta. Assim podem-se encontrar óleos essenciais na parte aérea, como na menta; nas flores, como é o caso do jasmim, nas folhas, como ocorre em eucaliptos e na madeira, como no sândalo, candeia e pau rosa (SIMÕES e SPITZER, 1999).

A candeia (*Eremanthus sp*) é uma das plantas cuja madeira tem alta resistência, durabilidade, poder energético e que possui um óleo essencial, cujo princípio ativo é o alfa-bisabolol, de propriedades antiflogísticas, antibacterianas, antimicóticas e dermatológicas (TEIXEIRA et al., 1996).

O pau rosa (*Aniba rosaeodora Ducke*) é uma espécie florestal nativa da Região Amazônica, pertencente à família *Lauracea*, que se destaca pela produção de óleo essencial rico em linalol, muito utilizado na indústria de perfumaria. Esta espécie, até a década de 1950, representou grande parcela na balança comercial da Amazônia através da exportação do seu óleo essencial. Porém, a intensa exploração do pau rosa nas matas naturais, aliada à falta de uma política de reposição, seja através do manejo florestal ou do estabelecimento de plantios, contribuiu fortemente para que esta espécie tivesse seus recursos genéticos empobrecidos (OHASHI et al., 2004).

O método usual de obtenção do óleo essencial do pau rosa tem sido através da destilação de sua madeira, o que, em geral, exige a derrubada de uma grande quantidade de árvores. Entretanto, a utilização de folhas e ramos finos pode ser uma alternativa de exploração, uma vez que apresentam potencial para produção de óleo essencial, haja vista que a qualidade da essência é a mesma da extraída da madeira (OHASHI *et al.*, 1997).

Ácido pirolenhoso

Pirólise é o termo utilizado para caracterizar a decomposição térmica de materiais contendo carbono, na ausência de oxigênio. Assim, madeira, resíduos agrícolas, ou qualquer outro tipo de material orgânico durante a queima se decompõe, dando origem a três fases: uma sólida, o carvão vegetal; outra gasosa, e finalmente, a líquida, comumente designada de fração pirolenhosa (CAMPOS, 2007).

O ácido pirolenhoso pode ser obtido após o processo de condensação da fumaça formada pela queima da madeira para produção de carvão vegetal. Este líquido de coloração amarela a marrom avermelhada é adquirido de diferentes espécies vegetais, como bambu, eucaliptos e pinus (MAEKAWA, 2002; CAMPOS, 2007; SOUZA-SILVA *et al.* 2006).

Esse ácido também conhecido como extrato pirolenhoso é constituído de 800 a 900 cm³.dm⁻³ de água e contém cerca de 200 componentes químicos diferentes, tendo como predominante o ácido acético, o metanol, a acetona e os fenóis (ZANETTI *et al.* 2004)

Segundo Campos (2007), as primeiras pesquisas com o extrato pirolenhoso foram divulgadas no Japão em 1874. Em 1893, as pesquisas experimentais visavam à construção de fornos, técnicas de carbonização para obtenção de óleo de terebintina e alcatrão. Após a Segunda Guerra, em 1944, iniciou-se a utilização do ácido pirolenhoso nas lavouras. Em 1945, foi publicado o primeiro livro, intitulado “Fabricação e Utilização do Extrato Pirolenhoso”, por Tatsujiro Fukuda, com relatos interessantes sobre a eficiência deste extrato na cultura do arroz, sendo utilizado contra pragas e pássaros e no processo de compostagem e esterilização.

Este líquido, chamado de ácido pirolenhoso, é utilizado pela indústria alimentícia como aditivo, para imitar o sabor dos defumados (CASAGRANDE JUNIOR *et al.*, 2004), na área humana pode ser usado em banhos para lavagem de pele áspera, desinfecção de ambientes sendo um esterilizante eficiente. Esse subproduto da madeira também se apresenta como um potencializador da eficiência de produtos fitossanitários e absorção de nutrientes em pulverizações foliares com potencial quelatizante (CAMPOS, 2007).

Pesquisas recentes vêm apontando para o grande potencial de utilização do extrato pirolenhoso na agricultura, tanto na forma natural quanto utilizado em novas formulações de insumos. É uma alternativa de produto natural de fonte renovável sustentável (CAMPOS, 2007). Em um estudo sobre o efeito do extrato pirolenhoso no crescimento de plântulas de arroz, os autores observaram que o tratamento do solo com produto promoveu crescimento da parte aérea das plântulas e aumentou o seu peso fresco, à medida que se aumentava as doses de EP, avaliados aos 13 dias após a semeadura. Em relação ao desenvolvimento do sistema radicular, este foi favorecido com uso de EP, apresentando aumentos significativos em função do aumento da dose, que propiciava um maior número de novas raízes emitidas (ICHIKAWA e OTA 1982).

Na determinação da capacidade fitotônica do extrato pirolenhoso, Trivellato *et al.*(2001) observaram que se aplicado constantemente em plantas de alface, proporciona incrementos na produtividade dessa hortaliça, representando um potencial fertilizante foliar. No trabalho de Zanetti *et al.* (2004) com limoeiro Cravo, os autores observaram que a adição de extrato pirolenhoso a uma concentração de 10 cm³ dm⁻³ em solução contendo micronutrientes aumentaram a absorção de Cu e Mn pela parte aérea das mudas, além do que as concentrações contendo o extrato aumentaram a absorção das raízes por Ca (g kg⁻¹) e diminuíram a absorção das mesmas por Fe (mg kg⁻¹).

Efeitos da incorporação de extrato pirolenhoso em substrato no desenvolvimento inicial de mudas de tomate foram encontrados no estudo de Guerreiro *et al.* (2012), no qual o extrato incorporado a um substrato de fibra de coco proporcionou um desenvolvimento positivo das mudas, influenciando o tamanho da planta e o peso da parte aérea e do sistema radicular.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições edafoclimáticas, bem como a grande extensão territorial, aliadas à disponibilidade de terras e mão-de-obra favoreceram o desenvolvimento tecnológico da silvicultura em curto espaço de tempo, proporcionando ao Brasil alcançar um alto nível de excelência em silvicultura de florestas homogêneas, reconhecido internacionalmente. Com isso foram obtidos ganhos de produtividade e redução de custos. Por outro lado, os impactos ambientais relacionados às técnicas de implantação, manejo e colheita de florestas plantadas, foram minimizados, de forma que hoje os plantios florestais podem ser considerados ambientalmente sustentáveis, assim como os subprodutos da utilização da madeira. As alternativas mais eficazes de utilização de resíduos são para fins energéticos ou como matéria-prima em produtos de maior valor agregado. Como biomassa, estes resíduos podem ser utilizados para a geração de energia elétrica, térmica ou cogeração, para uso próprio ou comercialização (incluindo produtos como briquetes e pellets). Em termos de produtos que utilizam tal matéria-prima, os destaques são para o licor negro, carvão vegetal, lenha, briquetes, pellets, álcool e ácido pirolenhoso. Estes usos consideram investimentos em tecnologias específicas que devem ser mais bem avaliadas conforme o caso e propósito em questão.

REFERÊNCIAS

ABREU, Y.V.; SILVA, C.M.; NASCIMENTO, H.R.; GUERRA, S.M.G. Aproveitamento da biomassa florestal: produção de energia verde no Brasil. **Anais** do 48º Congresso SOBER. Campo Grande. 2010.

ABREU, Y.V.; OLIVEIRA, M.A.G.; GUERRA, S.M.G. **Energia Sociedade e Meio Ambiente**. Palmas. 175 p. 2010.

BEN. **Balanco Energético Nacional 2008** – Base 2007. Brasília, 2008.

bioenergia em revista: diálogos, ano 4, n. 1, p. 10-22, jan./jun. 2014.

TORRES, Nádia Hortense; AMÉRICO, Juliana H. P.; ROMANHOLO FERREIRA Luiz Fernando; RIBEIRO-GRANJA Ana Carolina, HARDER, Marcia N. C.

Aproveitamento sustentável dos subprodutos da madeira e das folhas para extração de óleos essenciais

BERMANN, C. **Energia do Brasil: para quê? Para quem? Crise e alternativas para um país sustentável**/Célio Bermann – São Paulo: Editora Livraria da Física: FASE, 2001.

BIASI, C.P., ROCHA, M.P. Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais. **FLORESTA**, Curitiba, v. 37, n. 1, jan./abr. 2007.

BRAGA, N.C. **Os óleos essenciais no Brasil: estudo econômico**. Rio de Janeiro. Instituto de óleos, 1971. 158p.

BRASIL. **Consumo Sustentável: Manual de educação**. Brasília: Consumers International MMA/MEC/IDEC. 160 p., 2005.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. Considerações sobre a produção de carvão vegetal com madeiras da Amazônia. **Série Técnica**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Departamento de Silvicultura da ESALQ – USP, v. 2, n° 5, p. 1-25. Piracicaba, 1981.

CASAGRANDE JUNIOR, E.F.; SILVA, M. C.; CASSILHA, A.C.; PODLASEK, C.L.; MENGATTO, S.N.F. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. **Revista Educação & Tecnologia**. Curitiba, Editora do CEFETPR, v. 8, p. 209-228, 2004.

CAMPOS, A. D. Técnicas para a produção de Extrato Pirolenhoso para Uso Agrícola. **Circular Técnico**, Pelotas-RS, n. 65, Embrapa, 2007.

COELHO, S. T. Nota técnica X: carvão vegetal - Aspectos Técnicos, Sociais, Ambientais e Econômicos. **Instituto de Eletrotécnica e Energia** – Centro Nacional de Referência em Biomassa, p. 1-48, 2008.

COSTA, A. F. Elementos da flora aromática. Lisboa: **Junta de Investigações Científicas do Ultramar**, 1975. 187p.

DÜCK, T. H. M. **Queimador semiautomático de pellets de madeira**. 2013. 65p. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica). UNIJUÍ, Panabi, 2013.

FARAGE, R. M. P.; REZENDE, A. A. P.; SILVA, C. M.; NUNES, W. G.; CARNEIRO, A. C. O.; VIEIRA, A. C. O.; RODRIGUES, C. L. S. Avaliação do Potencial de Aproveitamento Energético dos Resíduos de Madeira e Derivados Gerados em Fábricas do Polo Moveleiro de Ubá – MG. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 203-212, 2013.

GUERREIRO, J. C.; BENTO, F. S.; SILVESTRE, C. Efeito da incorporação de extrato pirolenhoso em substrato no desenvolvimento inicial de mudas de tomate. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 1, p. 1-9, 2012.

ICHIKAWA, T.; OTA, YASUO. Plant growth regulation activity of pyroligneous acid. I. Effect of pyroligneous acid on the growth of rice seedlings. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 51, p. 14-17, 1982.

bioenergia em revista: diálogos, ano 4, n. 1, p. 10-22, jan./jun. 2014.

TORRES, Nádia Hortense; AMÉRICO, Juliana H. P.; ROMANHOLO FERREIRA Luiz Fernando; RIBEIRO-GRANJA Ana Carolina, HARDER, Marcia N. C.

Aproveitamento sustentável dos subprodutos da madeira e das folhas para extração de óleos essenciais

INFOENER – **Sistema de Informações Energéticas**. Briquetes no Brasil. Disponível em: http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_briquete.asp. Acessado em 01 de agosto de 2013.

MAEKAWA, K. Curso sobre produção de carvão, extrato pirolenhoso e seu uso na agricultura. São Paulo: **APAN** (Associação dos Produtores de Agricultura Natural), 2002. Apostila.

MELO, J. R.; MEDEIROS, J. F.; MARQUES, R. G.; ANDRADE, A. A. Estudo das características do licor negro. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 3, n. 1, p.1-11, 2011.

MIELI, J. C. A. **Sistemas de avaliação ambiental na indústria de celulose e papel**. 2007. 99p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). UFV, Viçosas, 2007.

MIGLIORINI, A. J. Densificação de biomassa florestal. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.1, n. 2, p. C.1 – C.9, Jul.1980.

MORAIS, R. L. C.; BENACHOUR, M.; DUARTE-COELHO, A. C. Estudo da Caracterização Reológica do licor Negro do Processo Soda/Bambusa vulgaris schrad e do Efeito da Aplicação do Peróxido de Hidrogênio. **Congresso IberoAmericano de Investigación en Celulose y Papel**; Iguazu, Misiones, Argentina, v. 1, p. 16, 2000.

MOURA, J. P. **Estudos das rotas tecnológicas para produção de biogás e da influência da composição química de dejetos de matrizes suínas na qualidade do biogás gerada por biodigestor**. 2012. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2012_1/rota/index.htm. Acesso em 28 fevereiro de 2014.

PRETO, E. V.; MORTOZA, G. L. **Geração de energia elétrica utilizando biomassa**. 2010. 82p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica). Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

OHASHI, S. T.; ROSA, L. S.; MEKDECE, F. S. Influência do diâmetro e da altura de corte das cepas na brotação de pau-rosa (*Aniba roseodora Ducke*). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 41, p. 137-144, jan./jun., 2004.

OHASHI, S. T.; ROSA, L. S.; SANTANA, J. A.; GREEN, C. L. Brazilian rozewwod oil: sustainable production and oil quality management. **Perfumer & Flavourist**, v. 22, p. 1-5, 1997.

RASGA, R. O. S. **Pellets de madeira e sua viabilidade econômico-financeira na substituição do óleo BPF-A1 em pequenos e médios consumidores no Estado de São Paulo**. 2013. 165p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia). FGV-EESP, São Paulo, 2013.

REMADE. Biomassa. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/madeira_energia.php?num=3&title=Biomassa. Acesso em 22 agosto de 2013.

SANTIAGO, F. L. S. **Aproveitamento de resíduos florestais de *Eucalyptus spp* na indústria de fabricação de celulose para geração de energia térmica e elétrica**. 2013. 119p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura). UNESP, Botucatu, 2013.

bioenergia em revista: diálogos, ano 4, n. 1, p. 10-22, jan./jun. 2014.

TORRES, Nádia Hortense; AMÉRICO, Juliana H. P.; ROMANHOLO FERREIRA Luiz Fernando; RIBEIRO-GRANJA Ana Carolina, HARDER, Marcia N. C.

Aproveitamento sustentável dos subprodutos da madeira e das folhas para extração de óleos essenciais

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia da planta ao medicamento**. Porto Alegre/Florianópolis. Editora da UFRGS/Editora da UFSC, 1999, p. 387-416.

SOUZA-SILVA, A. **Efeito do extrato Pirolenhoso sobre *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae), *Syntermes molestus* (Burmeister, 1983) (Isoptera: Termitidae)** e mudas de eucalipto. 2003. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SOUZA, I. R. **Análise comparativa da relação do benefício e custo da utilização dos resíduos da madeira de pinus**. 2007. 52p. Monografia (MBA em Gestão Empresarial). UNESC, Criciúma, 2007.

TEIXEIRA, M. C. B; NUNE, Y. R. F.; MAIA, K. M. P; PINHEIRO, R. N. Influência da luz na germinação de candeia (*Vanillosmopsis erythro-pappa* Shub. Bip). In: Encontro Regional de Botânica, 28, 1996, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBB, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 1996, p.35-41.

TRIVELLATO, G. F.; LEÃO M. M.; BRITO J. O. **Determinação da Capacidade Fitotônica do Extrato Pirolenhoso em Plantas de Alfaca**. São Paulo, ESALQ-USP, p. 1, 2001.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia. **BNDES Setorial** 33, p.261-314, 2013.

WIECHETECK, M. **Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos**.

Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/164/publicacao/164_publicacao10012011033501.pdf. Acesso em 01 agosto de 13.

ZANETTI, M.; CAZETTA, J. O.; MATTOS JÚNIOR, D.; CARVALHO, S. A. Influência do extrato pirolenhoso na calda de pulverização sobre o teor foliar de nutrientes em limoeiro “Cravo”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 529-533, 2004.

bioenergia em revista: diálogos, ano 4, n. 1, p. 10-22, jan./jun. 2014.

TORRES, Nádía Hortense; AMÉRICO, Juliana H. P.; ROMANHOLO FERREIRA Luiz Fernando; RIBEIRO-GRANJA Ana Carolina, HARDER, Marcia N. C.

Aproveitamento sustentável dos subprodutos da madeira e das folhas para extração de óleos essenciais

1 1 TORRES, Nádía Hortense. Possui Doutorado em Química na Agricultura e no Ambiente (CAPES 7) pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Brasil(2014). nadiahortense@gmail.com;

2 AMÉRICO, Juliana Heloísa Pinê. Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil(2010) Aluna de Pós-Graduação (Doutorado) do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), Brasil. E-mail: americo.ju@gmail.com;

3 FERREIRA, Luiz Fernando Romanholo é Doutor em Microbiologia Agrícola pelo ESALQ, Brasil(2009). Professor PPG I - 1 da Universidade Tiradentes , Brasil. romanholobio@gmail.com;

4 GRANJA, Ana Carolina Ribeiro. Doutorado em Química na Agricultura e Ambiente pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Brasil(2013). Professor I do ETEC Coronel Fernando Febeliano da Costa , Brasil. E-mail: aribeiro@cena.usp.br;

5 HARDER, Márcia Nalesso Costa Márcia Nalesso C. HARDER é doutora em Ciências (Centro de Energia Nuclear na Agricultura) pela Universidade de São Paulo (2009). Atualmente é coordenadora do curso de Tecnologia em Agroindústria da FATEC Piracicaba. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Aplicações Industriais de Radioisótopos, Biocombustíveis, atuando principalmente nos seguintes temas: biocombustíveis, bioetanol/açúcar, irradiação de alimentos, processamento e conservação de alimentos, plantas medicinais e alimentos funcionais, ecossustentabilidade. E-mail: marcia.harder@fatec.sp.gov.br>

bioenergia em revista: diálogos, ano 4, n. 1, p. 10-22, jan./jun. 2014.

TORRES, Nádía Hortense; AMÉRICO, Juliana H. P.; ROMANHOLO FERREIRA Luiz
Fernando; RIBEIRO-GRANJA Ana Carolina, HARDER, Marcia N. C.

Aproveitamento sustentável dos subprodutos da madeira e das folhas para extração de óleos essenciais