



ISSN: 2447-5580

UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DO BENEFICIAMENTO DA NOZ MACADÂMIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

USES OF THE RESIDUES FROM THE PRODUCTION OF MACADAMIA NUTS: A SYSTEMATIC REVIEW

Diego Andre Rodrigues¹; Rodrigo Randow de Freitas²; Taisa Shimosakai de Lira³; Thiago Padovani Xavier⁴

- 1 Universidade Federal do Espírito Santo - Centro Universitário Norte do Espírito Santo. São Mateus, ES. diegoandrerodrigues.12@gmail.com
- 2 Universidade Federal do Espírito Santo - Centro Universitário Norte do Espírito Santo. São Mateus, ES. digorandow@gmail.com
- 3 Universidade Federal do Espírito Santo - Centro Universitário Norte do Espírito Santo. São Mateus, ES. taisa.lira@ufes.br
- 4 Universidade Federal do Espírito Santo - Centro Universitário Norte do Espírito Santo. São Mateus, ES. thiago.p.xavier@ufes.br

Recebido em: 11-03-2015 - Aprovado em: 02-04-2016 - Disponibilizado em: 15-12-2016

RESUMO: A noqueira macadâmia, membro da família botânica Proteáceae, é uma árvore originária das florestas tropicais costeiras do Sul de Queensland e ao norte do distrito de New South Wales, na Austrália. O desenvolvimento da cultura ocorreu no Hawaii Agricultural Experiment Station (HAES), onde foram selecionadas as principais cultivares plantadas no mundo. Além de precursora, a Austrália é também a maior produtora mundial da noz, com uma produção de 11.500 toneladas de amêndoas por ano. No Brasil, as primeiras plantas da espécie foram cultivadas na década de 1940 no Instituto Agrônomo de Campinas, sendo que em 2012 a produção foi de 4.200 toneladas de noz, cerca de 70% maior do que as safras anteriores, com o Espírito Santo figurando como o segundo maior produtor do Brasil. Além de um evidenciado potencial produtivo, nota-se que o uso industrial da macadâmia gera uma alta quantidade de resíduos, pois a taxa média de recuperação é em torno de 25%, ou seja, a cada 25g de amêndoa produzida, 75g de resíduos (casca e carpelo) são gerados. Aliado a este fato, pode-se destacar que a disposição destes resíduos tem se tornado problema para as indústrias de processamento da noz macadâmia. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi realizar um levantamento da situação atual da cultura da noz-macadâmia e a destinação dos seus resíduos, visando a obtenção de informações pertinentes para realização de estudos futuros.

PALAVRAS-CHAVE: Casca, Carpelo, Noz Macadâmia.

ABSTRACT: The walnut Macadamia, family member botanical Rosaceae, is a tree native to the coastal rainforests of southern Queensland and northern New South Wales district in Australia. The development of culture occurred in Hawaii Agricultural Experiment Station (HAES), where the main cultivars planted in the world were selected. Besides precursor, Australia is also the world's largest walnut producer with a production of 11,500 tons of beans per year. In Brazil, the first plants of the species were grown in the 1940s at the Agronomic Institute of Campinas, and in 2012 production was 4,200 tons of nuts, about 70% higher than previous vintages, with the Holy Spirit appearing as the second largest producer in Brazil. In an evidenced productive potential, it is noted that the industrial use of macadamia generates a high amount of waste, since the average rate of recovery is around 25%, i.e., each 25g almond produced 75g of residue (peel and carpel) are generated. Allied to this fact, it can be noted that the disposal of this waste has become problem for processing industries macadamia nut. In this context, the aim of this study was to survey the current situation of macadamia nut culture and the disposal of its waste, with a view to obtaining relevant information for future studies.

KEYWORDS: Nutshell, Carpel, Macadamia Nut.

INTRODUÇÃO

A noqueira macadâmia, membro da família botânica *Proteaceae*, é uma árvore originária das florestas tropicais costeiras do Sul de *Queensland* e ao norte do distrito de *New South Wales*, na Austrália (PALIPANE; DRISCOLL, 1992). Sua noz, conhecida como macadâmia, possui um alto valor no mercado internacional, com grande aceitação entre os consumidores (PENONI *et al.*, 2011). Seu nome é uma homenagem ao pesquisador australiano *John MacAdam*, responsável pela caracterização de diversas espécies de plantas no continente australiano (PIMENTEL, 2007; PENONI *et al.*, 2011).

O desenvolvimento da cultura ocorreu no *Hawaii Agricultural Experiment Station* (HAES), onde foram selecionadas as principais cultivares plantadas no mundo. No Brasil, as primeiras plantas da espécie foram cultivadas na década de 1940 no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (SOBIERAJSKI *et al.*, 2006).

O surgimento do interesse comercial no Brasil se deu apenas a partir da década de 1990, o que incentivou os agricultores a investirem mais no cultivo. Além disso, as condições climáticas locais também facilitam o desenvolvimento da cultura (PERDONÁ *et al.*, 2013). Ainda, gradativamente seu cultivo foi sendo considerado uma forma de diversificação de renda na propriedade (devido principalmente ao elevado tempo para retorno do investimento), alavancado pela demanda crescente do produto no mercado externo (PIMENTEL, 2007).

Já em 2012 a área plantada com a noqueira macadâmia alcançou 6.500 ha, com uma produção de 4.200 toneladas de noz, representando uma produção 30% maior do que em 2010, por exemplo. No Espírito Santo, o plantio foi iniciado no final da década de 90 e atualmente o estado é o segundo maior produtor do

Brasil, com cerca de 1000 ha de área plantada (MAIA *et al.*, 2012; PIZA; MORIYA, 2014).

Assim, como a cultura é relativamente recente no País, estudos e dados técnicos sobre o tema são escassos. Também, poucas instituições têm investido em pesquisas nesta área, sendo uma das pioneiras o Instituto Agrônomo (OJIMA *et al.*, 2006). Porém, ainda há carência de informações, principalmente relacionadas à produtividade, retorno econômico e destinação dos resíduos, dificultando uma análise mais precisa do tema. Além disso, por mais que o estado do Espírito Santo esteja entre os primeiros produtores, os estudos encontrados se concentram no estado de São Paulo (PIMENTEL, 2007).

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi realizar um levantamento da situação atual da cultura da noz-macadâmia e a destinação dos seus resíduos, visando a obtenção de informações pertinentes para realização de estudos futuros.

MATERIAIS E MÉTODOS

O método de pesquisa foi desenvolvido a partir de procedimentos recomendados para elaboração de uma revisão sistemática, considerada essencial em estudos onde o campo de pesquisa é pouco explorado (EASTERBY-SMITH *et al.*, 2002). Entende-se por revisão sistemática da literatura uma abordagem que tem o objetivo de identificar, sintetizar e avaliar todas as informações disponíveis relevantes a respeito de determinada área temática ou fenômeno de interesse, através de etapas bem definidas (BIOLCHINNI *et al.*, 2005; KITCHENHAM; CHARTERS, 2007).

Sampaio e Mancini (2007) acrescentam que nesse tipo de revisão faz-se necessária a identificação das bases de dados e estratégias de busca, a definição das palavras-chave, o estabelecimento e aplicação de

critérios para a seleção e a justificativa de possíveis exclusões. Além disso, Biolchini *et al.* (2005) também propõem a divisão do processo de revisão sistemática em três etapas principais: o planejamento, a execução e análise dos resultados, sendo que entre essas etapas estão previstas avaliações com o objetivo de aprovar ou reprovar os resultados obtidos.

A revisão sistemática teve como base uma questão central (objetivo da pesquisa), que pode ser expressada por meio de termos específicos (palavras-chave), importantes para auxiliar na obtenção das informações. Quanto à seleção da bibliografia consultada, determinou-se os seguintes critérios de inclusão:

1. Apresentar conceitos e termos relacionados ao surgimento, situação atual e produção da noz macadâmia;
2. Apresentar informações referentes ao seu beneficiamento e a utilização dos resíduos gerados.

Após a busca nas bases de dados, os estudos foram submetidos a dois filtros: o primeiro filtro correspondeu a leitura do título, palavras-chave e resumo, enquanto o segundo compreendeu a leitura do artigo completo. Os estudos selecionados através dos filtros atenderam a pelo menos um dos critérios de inclusão expostos anteriormente.

Nesse sentido a revisão foi conduzida nas bases de dados pré-selecionadas, utilizando palavras-chave (em inglês e português) "NOZ MACADÂMIA"; "BENEFICIAMENTO"; "CASCA"; "CARPELO"; "UTILIZAÇÃO" "RESÍDUO", além dos operadores booleanos do tipo "E" e "OU". Foram pesquisadas as bases de dados eletrônicas *ResearchGate*, *Springer*, *Google Scholar*, *Ebsco*, *Scielo*, *Science Direct*, *Scopus*, *Emerald* e o Portal de Periódicos CAPES, a fim de identificar artigos originais publicados nos idiomas inglês ou português. Foram também pesquisados anais de congressos ou resumos e livros.

CARACTERÍSTICAS DA NOZ

Atualmente existem cerca de 10 espécies descritas do gênero, mas somente as espécies *Macadamia integrifolia* e *Macadamia tetraphylla* são exploradas economicamente (SÃO JOSÉ, 1991). Segundo Pimentel *et al.* (2007) a espécie *M. integrifolia* é responsável por cerca de 90% da produção mundial. Sua noz possui um alto valor no mercado internacional, com grande aceitação entre os consumidores (PENONI *et al.*, 2011).

As espécies cultivadas *M. integrifolia* e *M. tetraphylla* são plantas de porte médio (atingindo altura de 6-18 m e 3-18 m respectivamente) as quais produzem nozes grandes e comestíveis (JANICK; PAULL, 2008). No hemisfério sul, a iniciação floral ocorre no final do outono (maio) (MONCUR *et al.*, 1990) e a floração ocorre normalmente do final do inverno ao início da primavera (STANLEY; ROSS, 1986). A espécie *M. integrifolia* é responsável por cerca de 90% da produção mundial e merece destaque pelo fato da noz ter melhor sabor, enquanto a *M. tetraphylla* é geralmente utilizada como porta-enxerto (OJIMA *et al.*, 2005).

Quanto às exigências climáticas da espécie, essas podem ser consideradas semelhantes àquelas de culturas já consolidadas no País, como por exemplo o café e citros (OJIMA *et al.*, 2005). Essa semelhança pode ser observada em diversos estudos que sugerem, avaliam e mostram os benefícios do cultivo consorciado de macadâmia com outra cultura (MAURILIO *et al.*, 2010; PERDONÁ *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2013; PERDONÁ *et al.*, 2015).

Seu fruto é um folículo, composto por três partes principais (Figura 1): carpelo (exocarpo e mesocarpo), casca (endocarpo) e amêndoa (embrião). Seu beneficiamento pode contar com etapas de seleção, secagem, separação noz-casca, extração do óleo e descarte do carpelo e da casca. A amêndoa inteira é o principal produto comercial, a qual apresenta sabor refinado e bastante apreciado no mercado internacional. Já as amêndoas quebradas durante o processo ou de qualidade inferior são utilizadas para extração de óleo, rico em ácido palmitoléico, de qualidade adequada para utilização na indústria de cosméticos, de fármacos e na culinária (PIMENTEL *et al.*, 2007; SCHNEIDER, 2012).

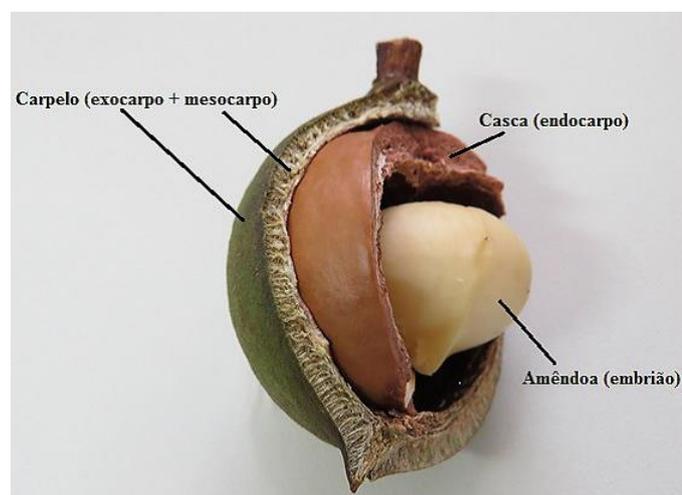


Figura 1 – Composição fruto de macadâmia.
Fonte - PERDONÁ *et al.*, 2014.

De fato, a macadâmia é rica em óleo (80%) e no país há uma pequena produção de óleo da noz. Para essa finalidade, conforme já mencionado, as amêndoas não precisam estar inteiras ou ter boa aparência, entretanto, não podem ter depreciações, como mofo, ranço e umidade (CURB *et al.*, 2000).

PANORAMA DA PRODUÇÃO E MERCADO

Atualmente, a área total utilizada para o cultivo é de aproximadamente 100.000 ha no mundo, sendo a grande maioria dos plantios ainda jovens e não atingiram o nível de produção máximo, o que indica um

aumento de produção gradativo e consistente nos próximos anos (PIZA; MORIYA, 2014).

Seu cultivo pode ser considerado um investimento de longo prazo, pois a planta produz seus primeiros frutos após 4 anos, atinge a maturidade produtiva aos 12 anos e quanto a sua longevidade, existem pomares com plantas de 60 anos em plena produção comercial (PIZA, 2000).

Além de precursora, a Austrália é também a maior produtora mundial da noz, com uma área plantada de aproximadamente 17.000 ha (seis milhões de árvores) e produção de 11.500 toneladas de amêndoas por ano, cerca de um terço da produção mundial (HAL, 2012; AMS, 2015; PIZA; MORIYA, 2014)

No Brasil, há atualmente cerca de 6.500 hectares cultivados da espécie *M. integrifolia*, nos Estados de São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Bahia além de áreas no norte do Paraná e Mato Grosso do Sul (ABM, 2015, PIZA; MORIYA, 2014). Em 2012, a produção no país foi de 1.100 toneladas de amêndoa, com um preço médio para o produtor de R\$ 12/kg de amêndoa, sendo que desse volume de produção, cerca de 80% foram processadas por três empresas beneficiadoras-exportadoras de médio porte – QueenNut/SP, COOPMAC/ES e Tribeca/RJ (PIZA; MORIYA, 2014). Já o óleo é comercializado por cerca de R\$ 180,00 o litro (GARBELINI, 2009).

Vale ressaltar que, inicialmente a maior parte da macadâmia produzida no Brasil era exportada (70% em 2007), entretanto percebe-se que essa tendência tem sido gradativamente revertida (em 2012, apenas 60% da produção nacional foi exportada), devido principalmente ao aumento da produção brasileira, que teve como consequência a entrada de pequenas indústrias com foco no mercado interno, além do lançamento de produtos alimentícios e cosméticos à base de macadâmia (PIZA; MORIYA, 2014; ABM, 2015).

Também é importante mencionar que ainda há um grande potencial de desenvolvimento da cultura, que depende essencialmente da melhoria na produtividade das lavouras (ainda jovens se comparadas a outros países), atualmente de 10 a 12 kg/planta/ano, podendo, em condições ótimas, produzir até 70 kg/ano, segundo Dierberger e Marino Netto (1985) (SOBIERAJSKI *et al.*, 2006; PIMENTEL *et al.*, 2007)

RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO E SUA DESTINAÇÃO

Além de um evidenciado potencial produtivo, nota-se que o uso industrial da macadâmia gera uma alta quantidade de resíduos, pois a taxa média de recuperação é em torno de 25%, ou seja, a cada 25g de amêndoa produzida, 75g de resíduos (casca e carpelo) são gerados (PIMENTEL *et al.*, 2007; PIZA; MORIYA, 2014). Aliado a este fato, pode-se destacar que a disposição destes resíduos tem se tornado problema para as indústrias de processamento da noz macadâmia, devido principalmente ao aumento de sua produção.

A alta produção de resíduos, e o potencial da macadâmia em gerar energia limpa, incentiva sua pesquisa para fins energéticos. Além disso, a utilização deste insumo para o estudo de geração de energia é justificada pelo seu alto poder calorífico, cerca de 24,8 MJ/Kg (PARIKH *et al.*, 2005; CONESA *et al.*, 1999). Um valor alto, comparado a outros valores de biomassa, como o do bagaço da cana-de-açúcar, que é 18,5MJ/kg (SANTOS *et al.*, 2011).

Diante disso, são diversas formas de reutilização desse resíduo ao redor do mundo, dentre elas está a sua utilização para os processos de adsorção e biossorção. Na adsorção, o resíduo (que deve ter composição lignocelulósica) é transformado em carvão ativo, que por sua vez é empregado na remoção de íons metálicos do corpo d'água (AHMADPOUR; DO, 1997; TAM;

ANTAL JR., 1999; CONESA *et al.*, 2000; RAHMAN; SAAD, 2003). Nesse caso, utilizando-se o endocarpo da macadâmia, é possível obter resultados bem próximos (área superficial) ao carvão ativo industrial (ROCHA *et al.*, 2006).

Já no caso da biossorção, fenômeno que ocorre na superfície do corpo d'água através de ligação passiva de íons metálicos em biomassa viva ou morta (adsorvente), o resíduo da macadâmia também surge como potencial alternativa e tem sido alvo de estudo (BOAS *et al.*, 2012). Boas *et al.* (2012) também mostram que o mesocarpo apresenta melhor capacidade de biossorção, e após o tratamento químico, os melhores resultados foram para o resíduo modificado com NaOH.

Outro caso de grande destaque é o da empresa australiana *Suncoast Gold Macadamias (SGM)*, uma das maiores processadoras de macadâmia no mundo (gera anualmente cerca 5000 toneladas de resíduo), que construiu a primeira unidade do mundo capaz de gerar eletricidade a partir da casca de macadâmia. Atualmente, essa unidade pertence a *AGL Energy* e é capaz de gerar 9,5GWh anualmente, dos quais 15% são consumidos pela SGM e o restante é distribuído na rede sendo suficiente para abastecer aproximadamente 1300 casas (GREENPOWER, 2014).

Nesse caso, os resíduos que antes eram destinados à aterros, hoje são queimados em uma caldeira de 6MW entre os meses de abril e novembro, produzindo 9 toneladas de vapor por hora que é utilizado para movimentar uma turbina de 1,4MW. Com essa prática, estima-se a redução das emissões dos gases de efeito estufa em mais de 5100 toneladas de CO₂ por ano, o equivalente a retirada de 1250 carros das ruas, ou o mesmo que o plantio de 19200 árvores (AGL, 2008; GREENPOWER, 2014).

O potencial energético desse resíduo é atrativo, com teores de energia até superiores a algumas biomassas

lenhosas e baixo teor de umidade, e tem gerado uma série de estudos na Austrália, entre os quais o relatório *Renewable Energy Production from Almond Waste* realizou uma análise econômica sobre a utilização de sistemas de gaseificação para produção de eletricidade para três cenários diferentes (ABA, 2012):

1. Instalação de um sistema para gerar eletricidade (100 kW) para atender a demanda média do processo de descasque. Depois, vender o restante dos resíduos como alimento para o gado.
2. Instalação de um sistema para gerar eletricidade (550 kW) para gerar eletricidade que atenda a demanda de pico do processo de descasque. Depois, vender o restante dos resíduos como alimento para o gado.
3. Instalação de um sistema para gerar eletricidade (550 kW) usando todo o resíduo da noz.

Através da análise, conclui-se que a opção 1 oferece uma relação custo-benefício negativa, onde para cada \$ 1 gasto na planta houve um retorno de \$ 0,96, a opção 2 fornece também negativo, onde para cada \$ 1 gasto há um retorno de apenas \$ 0,36 e o mesmo ocorre para a última opção, onde para cada \$ 1 gasto há um retorno de apenas \$ 0,47. Para as opções 2 e 3, o alto custo de capital, operação e manutenção não podem ser compensados pela poupança de eletricidade futura (ABA, 2012).

Abaixo, segue algumas outras alternativas propostas pela *Almond Board of Australia* utilizando o resíduo da noz (ABA, 2012):

- Produção de briquetes: os briquetes podem ser produzidos através da compactação de resíduos lenhosos e por possuir uma menor densidade, a inserção da casca da macadâmia nesse processo reduziria o peso e conseqüentemente o custo de transporte do produto.
- Compostagem: utilização como cobertura do solo liberando potássio e nitrogênio, podendo também ser aplicado em conjunto com outros materiais orgânicos.

- Chen *et al.* (2010) mostra o potencial da casca para ser utilizada na extração de antioxidante para alimentar.

UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO COMO BIOMASSA

Observando a matriz energética mundial, (petróleo - 31,5%, carvão mineral - 28,8%, gás natural - 21,3%, nuclear - 5,1%, de fontes renováveis - 10%, hidráulica - 2,3%, e outras fontes - 1%), fica evidente a grande dependência de combustíveis fósseis, e até mesmo o Brasil, que é referência mundial no uso de energias de fontes renováveis, ainda possui cerca de 50% da sua matriz energética dependente de combustíveis fósseis (GÓMEZ *et al.*, 2012; IEA, 2013).

A dependência dessas fontes não renováveis causa diversos problemas, principalmente por serem grandes produtores de gases do efeito estufa e por se tratar de fontes finitas que podem desencadear uma crise energética. Assim, o desenvolvimento de combustíveis limpos e a busca por fontes alternativas de energia são um dos maiores desafios a serem enfrentados pela sociedade moderna para que a meta de desenvolvimento sustentável seja atingida. Neste contexto, a utilização de recursos renováveis, como por exemplo, a biomassa, surge como fonte alternativa para a obtenção de energia para a diversificação da matriz energética (CARDOSO, 2012; TOLMASQUIM *et al.*, 2007).

A biomassa como um recurso renovável oriundo de matéria orgânica, uma mistura complexa de polímeros naturais de carboidratos conhecidos como celulose, hemicelulose e lignina, pode ser utilizada em diversas formas e estados para obtenção das mais variadas formas de energia sejam por conversão direta ou indireta (CORTEZ *et al.*, 2008).

Em relação a outros tipos de energias renováveis, a biomassa destaca-se pela alta densidade energética e pelas facilidades de armazenamento, conversão e

transporte (MCKENDRY, 2002). Dentre os principais métodos de conversão termoquímica de biomassa (pirólise, gaseificação e combustão), a pirólise rápida

se destaca por ser mais eficiente na obtenção de produtos líquidos, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Rendimentos dos produtos típicos obtidos por diferentes formas de conversão da biomassa - base seca

Processo	Características	Líquido	Carvão	Gás
Pirólise rápida	Temperaturas moderadas (450-550°C), curtos tempos de residência dos vapores e biomassa com baixa granulometria.	75%	12%	13%
Carbonização	Baixas temperaturas (400-450°C), curtos tempos de residência (pode ser de horas ou dias), partículas grandes.	30%	35%	35%
Gaseificação	Alta temperatura (900°C), longos tempos de residência.	5%	10%	85%

Fonte - BRIDGWATER, 2001.

No processo de pirólise, o substrato é aquecido em ambiente não oxidante, levando à sua decomposição, desde que haja um limite de estabilidade térmica em suas ligações químicas. Essa decomposição leva a formação de moléculas menores, porém existe a possibilidade destas moléculas se combinarem e formar outros compostos (MOLDOVEANU, 2010).

Quando aplicado à biomassa, a pirólise pode gerar produtos gasosos (CO, H₂, CH₄, CO), líquidos (etanol, biodiesel, metanol, óleos vegetais) ou sólidos (carvão, alcatrão), que podem ser usados como matérias-primas, fontes de energia térmica e elétrica ou como combustível. Além disso, vale ressaltar que o processo de pirólise rápida que tem recebido maior atenção sob a perspectiva de adensamento energético, com potencial impacto positivo na viabilização da utilização de biomassa como fonte de energia e de outros produtos (CZERNIK; BRIDGWATER, 2004).

Dentre as diversas características consideradas na escolha da biomassa utilizada, merece destaque o poder calorífico: capacidade de gerar energia de certo insumo. Sendo que o poder calorífico é mais alto

quanto maior o teor de lignina e extrativos, por conter nesse caso menos oxigênio que os polissacarídeos presentes na holocelulose (celulose e hemicelulose) (CUNHA *et al.*, 1989).

Na tabela 2, tem-se o resultado de um estudo obtido por Antal Jr. *et al.* (2000) e Toles *et al.* (1998), no qual foram obtidos os teores dos componentes primários de diversas fontes de biomassa, merecendo destaque o alto teor de lignina presente na casca da macadâmia.

A lignina (assim como a hemicelulose e a celulose) é um componente da biomassa com elevado potencial para utilização como combustível e na produção de outras matérias primas (BURANOV; MAZZA, 2008). Vários autores destacam o elevado poder calorífico da lignina, sugerindo o grande potencial desta substância na geração de energia, que poderia suprir, por exemplo, parte ou toda a demanda de energia de um processo de conversão de resíduos lignocelulósicos em combustíveis, mesmo que não viáveis em escala comercial, (HAYKIRI-ACMA *et al.*, 2010; ZHAO; LIU, 2010; WANG *et al.*, 2009; BURANOV; MAZZA, 2008; DOMÍNGUEZ *et al.*, 2008).

Tabela 2 - Composição média de componentes primários de diferentes tipos de materiais lignocelulósicos.

Biomassa	Celulose(%)	Hemicelulose(%)	Lignina(%)	Referência
Casca de macadâmia	26,9	17,8	40,1	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
	25,8	11,7	47,6	TOLES <i>et al.</i> , 1998
Casca de amêndoas	24,7	27,0	27,2	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
Bambu	39,5	17,6	25,2	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
Casca de coco	24,2	24,7	34,9	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
Sabugo de milho	26,6	25,2	16,3	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
Madeira de eucalipto	43,0	13,2	25,3	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
Resíduo de alho	24,2	6,9	8,5	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
Madeira de carvalho	34,5	18,6	28,0	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
Casca de aveia	48,5	16,1	16,2	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
Madeira de pinus	42,1	17,7	25,0	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
Casca de arroz	30,9	16,8	35,9	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
Casca de semente de girassol	26,7	18,4	27,0	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
Casca de nozes	21,0	18,8	32,7	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000
Bagaço de cana-de-açúcar	36,0	47,0	17,0	ANTAL JR <i>et al.</i> , 2000

CONCLUSÃO

Embora tenha aumentado nos últimos anos, ainda são escassas as informações a respeito desse tema na literatura nacional, principalmente no que diz respeito ao volume de produção em cada região e destinação dos resíduos. Visto o elevado volume de resíduos gerados a partir do processo de beneficiamento e o seu grande potencial de utilização para fins energético, observa-se a necessidade de novos estudos que avaliem sua viabilidade e definam a destinação ideal, comparando com as alternativas já adotadas em outros países.

REFERÊNCIAS

ABA – Almond Board of Australia. Report: *Renewable Energy Production from Almond Waste*, Berri, South Australia. 2012. Disponível em: <http://australianalmonds.com.au/documents/Industry/R>

reports/Renewable%20Energy%20Production%20from%20Almond%20Waste.pdf

ABM – Associação Brasileira de Macadâmia. Disponível em: <http://www.abm.agr.br>. Acesso em: 02 de maio de 2015.

AGL. *Suncoast Gold Macadamias Biomass Cogeneration Facility*, 2008. Disponível em: http://www.agl.com.au/~media/AGL/Business/Documents/Large%20Business/Asset%20Development/2008/October/A4_Suncoast.pdf

AHMADPOUR, A., DO, D.D. The preparation of activated carbon from macadamia nutshell by chemical activation. *Carbon*, v.35, n.12, p.1723- 1732, 1997.

AMS, *Australian Macadamia Society*. Disponível em: <http://www.australianmacadamias.org/industry>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2015.

ANTAL JR., M. J.; ALLEN, S. G.; DAI, X.; SHIMIZU, B.; TAM, M. S.; GRØNLI, M. Attainment of the theoretical

- yield of carbon from biomass, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v. 39, p. 4024-4031, 2000.
- BARROS, A. F.; MARTINS, M. I. E. G. Análise econômica de um sistema comercial de larvicultura e alevinagem de peixes. In: *VII Congresso Internacional de Zootecnia, X Congresso Nacional de Zootecnia*, Campo Grande. Zootec 2005: Produção Animal e Responsabilidade, 2005.
- BIOLCHINI, J. *et al.* Systematic review in software engineering. *System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES*, v. 679, n. 05, p. 45, 2005.
- BOAS, N. V.; CASARIN, J.; CAETANO, J.; GONÇALVES JUNIOR, A. C.; TARLEY, C. R. T.; DRAGUNSKI, D. C. Biossorção de cobre utilizando-se o mesocarpo e o endocarpo da macadâmia natural e quimicamente tratados. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* [online]. 2012, vol.16, n.12, pp. 1359-1366. ISSN 1415-436
- BOAS, Naiza V. *et al.* Biossorção de cobre utilizando-se o mesocarpo e o endocarpo da macadâmia natural e quimicamente tratados. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v. 16, n. 12, p. 1359-1366, 2012.
- BURANOV, A. U., MAZZA G. Review: Lignin in straw of herbaceous crops. *Industrial Crops and Products*, 28, 237-259, 2008.
- CARDOSO, Bruno Monteiro. *Uso da Biomassa como Alternativa Energética*. 2012. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Chen, P., Cheng, Y., Deng, S., Lin, X., Huang, G., and Ruan, R. (2010). Utilization of almond residues. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 3(4): 1 – 18.
- CHIAVENATO, I. (2003). *Introdução à teoria geral da administração*. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 664p.
- CONESA, J. A.; SAKURAI, M.; ANTAL Jr., M. J. Synthesis of a high-yield activated carbon by oxygen gasification of macadamia nut shell charcoal in hot, liquid water. *Carbon*, Honolulu, n. 38, p. 839-848, 1999.
- CONESA, Juan A.; SAKURAI, Makoto; ANTAL, Michael Jerry. Synthesis of a high-yield activated carbon by oxygen gasification of macadamia nut shell charcoal in hot, liquid water. *Carbon*, v. 38, n. 6, p. 839-848, 2000.
- CORTEZ, Luís Augusto Barbosa; LORA, Electo Eduardo Silva; GÓMEZ, Edgardo Olivares. *Biomassa para energia*. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2008.
- CUNHA, M. P. S. C.; PONTES, C. L. F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; NETO, Z. B. C.; BARBOSA, A. P. Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras. In: 3º encontro Brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira: *Anais*, v.2, p. 93-121, São Carlos, 1989.
- CURB, J.D.; WEGOWSKIE, M.D.; DOBBS, J.C.; ABBOTT, R.D.; HUANG, B. Serum lipid effects of a high-monosaturated fat diet based on macadamia nuts. *Archives of Internal Medicine*, v.160, p.1154-1158, 2000.
- CZERNIK, S.; BRIDGWATER, A. V. *Overview of applications of biomass fast pyrolysis oil*. *Energy Fuels* 18: 590–98. 2004
- DIERBERGER, J.E.; NETTO, L.M. *Noz macadâmia: uma nova opção para a fruticultura brasileira*. São Paulo: Nobel, 1985. p.45-66.
- DOMÍNGUEZ, J. C., OLIET M., ALONSO M. V., GILARRANZ M. A., RODRÍGUEZ, F. Thermal stability and pyrolysis kinetics of organosolv lignins obtained from Eucalyptus globulus. *Industrial Crops and Products*, 27,150–156, 2008.
- EASTERBY-SMITH, M.; THORPE, R.; LOWE, A. *Management Research - an introduction*. London: Sage Publications, 2002.
- FERREIRA, B. S. Propriedades físico-mecânicas de painéis particulados de Eucalyptus saligna e casca de noz macadâmia. 2013. 78 f. *Dissertação* (mestrado) –

- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/94467>>.
- FERREIRA, R. G. P., *Implementação e análise da ferramenta da qualidade assegurada "help line" de uma indústria automobilística*, DECA-UNITAU, Taubaté, 2003.
- GARBELINI, R.C.B.S. *Reguladores vegetais na emergência e desenvolvimento de plantas de macadâmia (Macadamia integrifolia Maiden e Betche)*. 2009. 94p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.
- GÓMEZ, J.M., CHAMON, P.H., LIMA, S.B., Por uma Nova Ordem Energética Global? Potencialidades e Perspectivas da Questão Energética Entre os Países BRICS. *Contexto Internacional*, Rio de Janeiro, vol. 34, nº 2, p. 531-572, 2012.
- GREENPOWER. *Case Study: Greenpower Grows on Trees*. 2014. Disponível em: http://www.greenpower.gov.au/Homes/Common-Questions/~/_/media/5387E03F5B784A448903612993AD56F9.pdf
- HAL, Horticulture Australia Limited. *Macadamia industry annual report 2010/2011*. 2012. Disponível em: <cms2live.horticulture.com.au/admin/assess/library/annual_reports/pdfs/PDF_File_183.pdf>.
- HAYKIRI-ACMA, H., YAMAN, H., KUCUKBAYRAK, S. Comparison of the thermal reactivities of isolated lignin and holocellulose during pyrolysis. *Fuel Processing Technology*, 91, 759–764, 2010.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Key world energy statistics*. Paris, 2013. Disponível em: <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>> Acesso em: 09 de maio de 2014.
- JANICK, J.; PAULL, R. E. *The encyclopedia of fruit and nuts*. Wallingford, CABI. 2008
- JURCA, P. G.; BORGES, T. C.; GRACIOLLI, L. A. . *Produção do cogumelo comestível Pleurotus florida em resíduo de macadâmia*. In: Congresso Brasileiro de Agronomia, 2007, Guarapari. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA. Guarapari, 2007. v. 25. p. 247-247.
- KITCHENHAM, B. A.; CHARTERS, S. *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews*. EBSE, 2007. Software Engineering Technical Report EBSE-2007-01.
- LACERDA, D. P.; SILVA, E. R. P.; NAVARRO, L. L. L.; OLIVEIRA, N. N. P.; CAULLIRAUX, H. M. Algumas caracterizações dos métodos científicos em Engenharia de Produção: uma análise de periódicos nacionais e internacionais. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007, Foz do Iguaçu - PR. *Anais...* Rio de Janeiro: ABEPRO, 2007.
- LOURENÇO, G. M. *O que é análise econômica*. 2008. Disponível em <http://www.bemparana.com.br/noticia/60333/o-que-e-analise-economica#.UoYf7BCmYul> Acesso em: 15 de Nov. de 2013.
- MAIA, C. M. B. de F.; ARAÚJO, L. F.; MADARI, B. E.; GAIOSO, F. de L.; GUIOTOKU, M.; ALHO, C. F. B. V. Casca de macadâmia (*Macadamia integrifolia*) e seu potencial para a produção de biocarvões. *Embrapa Florestas*. Colombo, 2012.
- MARTINS, M. I. E. G.; BORBA, M. M. Z. *Custo de Produção*. FCAV/UNESP: Jaboticabal, 23p. 2004.
- MAURÍLIO, J. R. M. P. M. *et al.* Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com nogueira macadâmia. *Ciência Rural*, v. 40, n. 6, p. 1257-1263, 2010.
- MCKENDRY, P. *Energy production from biomass (part 1): overview of biomass*. *Bioresource Technol.*, 83: 37–46. 2002.
- MIGUEL, P.A.C. *Qualidade: enfoques e ferramentas*. 1 ed. Artliber, São Paulo, 2006.

- MOLDOVEANU, S.C., *Pyrolysis of Organic Molecules With Applications to Health and Environmental Issues*. v. 28, Elsevier B.V. Oxford, United Kingdom, 2010.
- MONCUR, M.W.; STEPHENSON, R.A.; TROCHOULIAS T. Floral development of Maiden & Betche under Australian conditions. *Scientia Horticulturae*, 27:87-96. 1985
- NOGUEIRA, Edemilson. *Análise de investimentos*. In BATALHA, Mário (Coord.). *Gestão agroindustrial*. São Paulo: Atlas, p. 223-288, 1999.
- OJIMA, M.; DALL'ORTO, F. A. C.; BARBOSA, W.; RIGITANO, O. *Macadamia integrifolia* Maid. e Bet. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, Seção de Fruticultura de Clima Temperado, 2005, p.1-2 (Boletim, 200).
- PALIPANE, K. B., DRISCOLL, R. H. Moisture sorption characteristics of in-shell macadamia nuts. *Journal of Food Engineering*, v. 18, p. 63-76, 1992.
- PARIKH, J., CHANNIWALA, S. A., GHOSAL, G. K., *A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels*. *Fuel*, nº 84, p. 487-494, 2005.
- PENONI, E. S.; PIO, R.; RODRIGUES, F. A.; MARO, L. A. C.; COSTA, F. C. Análise de frutos e nozes de cultivares de noqueira-macadâmia. *Ciência Rural*, v. 41, p. 2080-2083, 2011.
- PERDONÁ, M. J. *et al.* Crescimento e produtividade de noqueira-macadâmia em consórcio com cafeeiro arábica irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 11, p. 1613-1620, 2012.
- PERDONÁ, M.J.; MARTINS, A.M.; SUGUINO, E.; SORATTO, R.P. Nutrição e produtividade da noqueira macadâmia em função de doses de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.48, n.4, p.395-402, 2013
- PERDONÁ, M. J. *et al.* FATORES ECOLÓGICOS E O CULTIVO DA NOGUEIRA-MACADÂMIA. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 10, n. 7, 2014.
- PERDONÁ, M. J. *et al.* Desempenho produtivo e econômico do consórcio de cafeeiro arábica e noqueira-macadâmia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 1, p. 12-23, 2015.
- PIMENTEL, L. D. A cultura da Macadâmia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 29, p. 414-716, 2007.
- PIMENTEL, L. D., SANTOS, C. E. M., WAGNER JÚNIOR, A., SILVA, V. A., BRUCKNER, C. H., Estudos de viabilidade econômica na cultura da noz-macadâmia no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v.29, n.3, p. 500-507, 2007.
- PIZA, P.L.B.T. *Secagem e escoamento da noz macadamia (M. integrifolia) em silo secador de fundo cônico*. 2000. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- PIZA, P.L.B.T; MORIYA, L. M. Cultivo da macadâmia no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura* [online]. 2014, vol.36, n.1, pp. 39-45. ISSN 0100-2945.
- RAHMAN, I.A., SAAD, B. Utilization of Guava Seeds as a Source of Activated Carbon for Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution. *Malaysian Journal of Chemistry*, v. 5, n. 1, p.8-14, 2003.
- RAMAGE, J; SCURLOCK, J. Biomass. In: BOYLE, G. *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. New York: Oxford University Press, 1996
- REPEZZA, A. P.; SANTOS, R. B.; PEIXOTO, A. R.; GUIMARÃES, G.; PORTO, G.; Einstein, R. Análise de stakeholders e cadeia de valor para formulação estratégica da apex-brasil. In: *V Congresso CONSAD de Gestão Pública*, Brasília - DF. *Anais...* Brasília: CONSAD, 2012.
- ROCHA, W. D.; LUZ, J. A. M.; LENA, J. C.; BRUNAROMERO, O. Adsorção de cobre por carvões ativado de endocarpo de noz macadâmia e de semente de

- goiaba. *Rem: Rev. Esc. Minas* [online]. 2006, vol.59, n.4, pp. 409-414. ISSN:1807-0353. <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672006000400010>.
- ROCHA, Welca Duarte da et al. Adsorção de cobre por carvões ativados de endocarpo de noz macadâmia e de semente de goiaba. *Rem: Revista Escola de Minas*, v. 59, n. 4, p. 409-414, 2006.
- SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de Revisão Sistemática: Um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista brasileira de fisioterapia*, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552007000100013>
- SANTOS, A. B.; SANTANA, D.; ALMEIDA, E. G. Viabilidade econômico financeira da piscicultura na região noroeste do estado de mato grosso. Mato Grosso: *AJES*, 2011. Disponível em: <http://www.revista.ajes.edu.br/arquivos/artigo_20110531215100.pdf>. Acesso em: 09 de maio de 2014.
- SÃO JOSÉ, A. R. *Macadâmia: tecnologia de produção e comercialização*. Vitória da Conquista-BA, DFZ-UESB, 1991, 224 p.
- SCHNEIDER. L. M., ROLIM, G.S., SIBIERAJSKI, G.R., PRELA-PANTANO, A., PERDONÁ, M.J. (2012), "Zoneamento Agroclimático de Nogueira-Macadâmia para o Brasil". *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal – SP, v.34, n.2, p.515-524.
- SECURATO, J. R. *Cálculo financeiro das tesourarias*. 4ª ed., São Paulo: Saint Paul, 2003.
- SILVA, V. C. et al. Ocorrência de plantas daninhas em cultivo consorciado de café e nogueira-macadâmia. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, v. 43, n. 4, p. DOI: 10.1590/S1983-40632013000400013, 2013.
- SOBIERAJSKI. G. R., FRANCISCO V. L. F. S., ROCHA. P., GHILARDI. A. A., MAIA. M. L., "Noz Macadâmia: produção, mercado e situação no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.36, n.5, p.25-36, 2006.
- STANLEY, T.D.; Ross, E.M. *Flora of south-eastern Queensland*. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Australia, v.2, p.14-15, 1986.
- TAM, M. S.; ANTAL JUNIOR, M. J. Preparation of activated carbons from macadamia nut shell and coconut shell by air activation. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v.38, p.4268-4276, 1999.
- TIECKER, M. C. *Similaridades e diferenças dos atributos do peixe cultivado segundo os produtores os varejistas e os consumidores*. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- TOLEDO PIZA, P.L.B. Desempenho de unidades de pré-limpeza de frutos de macadâmia (*M. Integrifolia*). 2005. 61f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.
- TOLES, C. A., MARSHALL, W. E., JOHNS, M. M. Phosphoric Acid Activation of Nutshells for Metals and Organic Remediation: Process Optimization. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 72, p. 255-263, 1998.
- TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. *Novos estud. - CEBRAP*, São Paulo, n. 79, p. 47-69, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-33002007000300003>.
- WANG, S., WANG, K., LIU, Q., GU, Y., LUO, Z., CEN, K., FRANSSON, T., Comparison of the pyrolysis behavior of lignins from different tree species. *Biotechnology Advances*, 27562-567, 2009.
- WESTON, J. F.; BRIGHAM, E. F. *Fundamentos da Administração Financeira*. São Paulo: Makron Books, 2000.

ZHAO, X., LIU, D. Chemical and thermal characteristics of lignins isolated from Siam weed stem by acetic acid and formic acid delignification. *Industrial Crops and Products*, 32, 284-291, 2010.