



LOGÍSTICA REVERSA DO RESÍDUO DE COCO VERDE – UMA ABORDAGEM SOBRE POSSIBILIDADES DE REAPROVEITAMENTO

Murilo de Brito Bonamone

Universidade Presbiteriana Mackenzie.

E-mail: murillo.bonanome@unilever.com

Max Filipe Silva Gonçalves

Engenheiro de Produção, pós-graduado em Engenharia de Produção pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), mestre em Energia (Eficiência Energética em Logística e Transportes) pela Ufes. Doutorando em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, em colaboração com o Grupo de Pesquisa de Física de Plasma (Departamento de Física do Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA). Diretor presidente do Fórum Capixaba de Engenharia de Produção. Possui experiência em coordenação de curso de Engenharia e atualmente é professor assistente da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Atuou como engenheiro no segmento metalúrgico, desenvolvendo métodos e processos. Coordenou os setores de Ferramentaria e Usinagem, onde otimizou o setup utilizando a metodologia Smed. Como auditor interno da Qualidade, atuou em diversas audito-

São Paulo, v. 1,
n. 1, p. 198-220,
jan./jun. 2019

Recebido em:
14/03/2019

Aprovado em:
29/03/2019

rias e participou da manutenção da gestão da qualidade. Compôs e liderou equipes de melhoria contínua. Tem trabalhado com logística e logística reversa (foco em gestão de resíduos sólidos). Universidade Presbiteriana Mackenzie.

E-mail: max.goncalves@mackenzie.br

Cesar Vinicius Hebling Lima

Bacharel em Publicidade e Propaganda com habilitação em *Marketing*. Pós-graduado em Administração de Negócios. Mestre profissional em Administração do Desenvolvimento de Negócios. Formações obtidas na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Atuação nas áreas de *marketing* de experiência, esportivo, relacionamento, *endomarketing*, *on-line* e eventos. Experiência em gestão de equipes, planejamento e desenvolvimento de campanhas de incentivo, fidelização e vendas, desenvolvimento de projetos, modelos de negócio e planos de *marketing*. Vivência em toda a rotina comercial, expertise em vendas B2B e B2C, prospecção de novas contas, geração de *leads*, elaboração de propostas comerciais, visita a clientes. Familiaridade com ERPs, CRM e pacote Office. Experiência em docência nas áreas de gestão de *marketing*, empreendedorismo e inovação. Universidade Presbiteriana Mackenzie.

E-mail: cvhl87@gmail.com

Francisco Bayardo M. Horta Barbosa

Professor adjunto 1 da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Mestre em Agronegócios (Consórcio UFMS/UnB/UFG, 2008); especialização em Gestão Estratégica em Agronegócios (UFMS, 2003); administrador pela UFMS (2000); tecnólogo em Construção Civil-Edificações pelo Cesup (1991). Tem experiência na área de Administração/Engenharia de Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: Comportamento do Consumidor; Competitividade; *Marketing*; Logística – Gestão da Cadeia de Suprimentos, Gestão de Estoques, Logística Empresarial; Qualidade – Gestão de Sistemas da Qualidade, Planejamento e Controle da Qualidade. Atua no Curso de Engenharia de Produção/UFMS. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

E-mail: chicomayorquim@gmail.com

Resumo

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, 5% dos municípios brasileiros são responsáveis por 50% dos resíduos sólidos (111 mil toneladas) gerados diariamente. Embora o agronegócio brasileiro seja responsável pela geração e manutenção de 37% dos empregos e 22% do PIB, é responsável também por grande parte do resíduo gerado como subproduto do beneficiamento de grãos (trigo, arroz, milho, sorgo e cevada), laticínios, pecuária e hortifruticultura (cascas de coco, cana-de-açúcar, banana e cítricos). O negócio do coco verde tem grande importância na economia de cidades litorâneas, nas quais o consumo da água do fruto ainda verde apresenta facilidade de comercialização pelo baixo custo e alta disponibilidade, visto que é cultivado em 266.577 hectares no Brasil, sendo o litoral nordestino o seu maior produtor. Existem diversas maneiras de reaproveitar esse resíduo por meio da trituração da casca para a retirada do pó e da fibra, que podem ser usados na fabricação de diversos subprodutos industriais, agrícolas, artesanais e até mesmo gerar energia, agregando valor e reduzindo o acúmulo dos cocos descartados. O tema central deste artigo é discorrer sobre essa questão, apontando e categorizando os subprodutos dessa cadeia de logística reversa. Este artigo apresenta, como resultado, uma catalogação das possíveis utilidades para o resíduo gerado do consumo da água do coco verde e que possuem viabilidade econômica pela sua reinserção na cadeia produtiva. Sua importância vai ao encontro do que é estabelecido na Lei 12.305/2010 – Política Nacional dos Resíduos Sólidos, tratando da priorização da destinação mais nobre de resíduos sólidos, usando a logística reversa para essa atividade.

Palavras-chave:

1. INTRODUÇÃO

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, 5% dos municípios brasileiros são responsáveis por 50% dos resíduos sólidos (111 mil toneladas) gerados diariamente (BRASIL, 2014). O despejo desses resíduos em lixões é delito desde 1998, quando foi aprovada a Lei 9.605/1998 de crimes ambientais; esta antecipa em seu art. 54 que “[...] causar poluição pelo lançamento de resíduos sólidos em desacordo com leis e regulamentos é crime ambiental” (BRASIL, 2010). Porém, estima-se que 59% das cidades (2,2 mil localidades) ainda dispõem parte dos 64 milhões de toneladas geradas no País de forma imprópria em lixões e aterros controlados (BRASIL, 2014).

Embora o agronegócio brasileiro seja responsável pela geração e manutenção de 37% dos empregos e 22% do PIB, é responsável também por grande parte do resíduo gerado como subproduto do beneficiamento de

grãos (trigo, arroz, milho, sorgo e cevada), laticínios, pecuária e hortifruticultura (cascas de coco, cana-de-açúcar, banana e cítricos) (SILVA, 2014). O negócio do coco verde (*Cocos nucifera L.*) tem grande importância na economia de cidades litorâneas, nas quais o consumo da água do fruto ainda verde apresenta facilidade de comercialização pelo baixo custo e alta disponibilidade, visto que é cultivado em 266.577 hectares no Brasil, sendo o litoral nordestino o seu maior produtor (BACKES *et al.*, 2015; MATTOS *et al.*, 2011; SILVA, 2014). O manejo incorreto dos resíduos desse fruto cobra um preço: dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) mostram que 125 cascas de cocos descartadas inteiras ou em bandas (fruto aberto ao meio) ocuparão 1 m³ em aterros e lixões devido à dureza do material descartado e sua volumetria, que representa 85% do seu peso bruto. Estima-se que sejam descartados 7 milhões de toneladas de coco ao ano, sendo 70% de todo o lixo gerado nas praias brasileiras; essas cascas contribuem para a diminuição do tempo de vida útil dos aterros e lixões e levam cerca de 12 anos para se decomporem (MATTOS *et al.*, 2011; ROSA *et al.*, 2002). Esse resíduo é formado pela parte espessa e fibrosa do fruto (mesocarpo), pela epiderme (epicarpo) e pelo endocarpo, que no fruto verde ainda não é tão rígido como no coco maduro (coco marrom) (MATTOS *et al.*, 2011).

Entretanto, a cadeia do coco verde não precisa terminar dessa forma. Existem diversas maneiras de reaproveitar esse resíduo, por meio da trituração da casca para a retirada do pó e da fibra, que podem ser usados na fabricação de diversos subprodutos industriais, agrícolas, artesanais e até mesmo gerar energia, agregando valor e reduzindo o acúmulo dos cocos descartados. O tema central deste artigo é discorrer sobre essa questão, apontando e categorizando os subprodutos dessa cadeia de logística reversa.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo foi construído seguindo uma revisão bibliográfica em que se levantaram informações de consultas especializadas presentes na literatura. A revisão bibliográfica segue estas vertentes:

- Análise das propriedades do material presente nas bibliografias de Abad *et al.* (2002); Aragão (2002); Carrijo *et al.* (2002); Cintra *et al.* (2009); Ferreira *et al.* (1998); Gomes e Macedo (2013); Mattos *et al.* (2011) e Rosa *et al.* (2001).
- Descrição do processo de desconstrução da casca do coco em pó e fibra presente no trabalho de Mattos *et al.* (2011).
- Apontamento e classificação das contáveis formas que o material pode ser utilizado de acordo com o encontrado na literatura de Nogueira (1998); Aragão (2002); Carrijo e Makishima (2002); Coelho *et al.* (2001); Coelho (1993); Cunha (1999); Deflor (2006); Farias *et al.* (2005); Mattos *et al.* (2011); Miranda *et al.* (2004); Miranda, Sousa e Crisostomo. (2007); Passos (2005); Pino *et al.* (2006); Prado, Turbiani e Silva (2015); Silva e Oliveira (2015); Silveira (2008); Sousa *et al.* (2007) e Vale *et al.* (2006).

Foram pesquisados trabalhos científicos, artigos e cartilhas governamentais que objetivaram registrar diferentes maneiras que pesquisadores encontraram de aplicar o resíduo do coco verde. A proposta deste artigo tem caráter informativo e, como objetivo primário, pretende atribuir uma visão generalista sobre todo o valor agregado que é desperdiçado da casca do coco verde, suas aplicações e possibilidades, na tentativa de promover uma mudança de paradigma e fomentar a viabilidade da exploração desse recurso visto como resíduo.

3. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

As possibilidades de reutilização seguem conforme diretrizes propostas por De Brito (2004) e posteriormente replicadas por Gonçalves e Chaves (2014), Gonçalves e Oliveira (2016), Gonçalves, Chaves e Rosa (2017), Gonçalves *et al.* (2017, 2018a, 2018b), Gonçalves, Concilio e Shimada (2018). Porém, este artigo não terá abordagem de modelagem da rede, conforme proposto por Schwartz Filho (2006).

3.1 O *Cocos nucifera* L.

Originário da Índia, o coqueiro *Cocos nucifera* L., da família *Palmae* (*Monocotyledoneae*), é a palmeira tropical mais difundida em todos os continentes e chegou à Bahia vindo de Cabo Verde na década de 1950. Sua pulverização pelo litoral nordestino se deu graças às condições favoráveis de clima tropical, posteriormente se adaptando às demais regiões do País (GOMES; MACEDO, 2013; CINTRA et al., 2009).

O gênero *Cocos* é constituído de algumas variedades, entre elas a *Typica* (gigante) e a *Nana* (anã) (ARAGÃO, 2002). Embora a variedade anã tenha atributos para ser empregada como matéria-prima para leite de coco, coco ralado e óleo de coco, seu mercado é essencialmente a água de coco, em que o fruto ainda é consumido verde, com cerca de sete meses de amadurecimento (ARAGÃO, 2002).

O coco é uma drupa, constituída de um mesocarpo grosso e cheio de fibras envolto por um epicarpo (epiderme lisa); em seu interior, tem-se uma camada dura (endossarão). Esse fruto fica envolto numa casca externa esverdeada ou amarelada que, com o tempo, torna-se seca e amarronzada (FERREIRA et al., 1998). O mesocarpo situa-se entre o epicarpo e o endocarpo e é formado por uma parcela de fibras curtas e longas e outra fração chamada de pó, que se apresenta anexa às fibras (ROSA et al., 2001). Em seu interior oco se encontra o albúmen líquido (água), que vai ao longo do tempo se transformando em albúmen sólido (carne do coco). Este é envolvido pela parte mais dura, o endocarpo, depois o mesocarpo (casca), que constitui a maior e mais fibrosa parte do fruto, e então um fino exocarpo de cor verde, amarela ou marrom (ARAGÃO, 2002). A estrutura do mesocarpo (parte fibrosa) possui elevada relação C/N (carbono e nitrogênio), na faixa de 130 a 135. Essa característica contribui favoravelmente para um alto tempo de decomposição natural, entre 10 e 12 anos (CARRIJO et al., 2002).

Na Figura 1, pode-se observar algumas considerações quanto às partes que compõem o fruto:

- a **copra** é a água que se solidifica na forma de parte carnosa; essa estrutura se forma cerca de cinco meses depois do surgimento da semente e se encerra um ano depois;
- o **embrião** é a parte do coqueiro que dá origem à nova planta; é uma pequena estrutura circular de mais ou menos 1 centímetro e fica junto à carne do fruto;
- o **mesocarpo** é espesso e sua função principal é proteger a semente;
- a **água** é rica em açúcar e sais minerais que alimentam o embrião durante a germinação;
- o **endocarpo** é o coco marrom, fruto maduro;
- o **epicarpo** possui uma cera que impermeabiliza o fruto da água salgada; isso permite que a semente do coco sobreviva a travessias oceânicas.

Figura 1

Estrutura do coco



Fonte: Mattos *et al.* (2011, p. 3).

3.2 Materiais obtidos a partir do resíduo

Em parceria com a empresa metalúrgica Fortalmag, a Embrapa Agroindústria Tropical desenvolveu tecnologia para o processamento das cascas

de coco verde, que, em linhas gerais, consiste de: trituração, prensagem e seleção (MATTOS *et al.*, 2011). O resultante dessas operações são o pó e a fibra do coco (70% e 30% do produto final, respectivamente).

Biodegradável, leve e bastante renovável, o pó de coco apresenta alta porosidade e potencial de retenção de água, favorecendo a atividade fisiológica das raízes quando empregado como substrato agrícola. Suas características se assemelham às das turfas de *Sphagnum* (ABAD *et al.*, 2002). Por sua vez, a fibra de coco apresenta boa resistência e rigidez. Possui grande durabilidade por causa do alto teor de lignina e polioses, baixo teor de celulose e elevado ângulo espiral quando comparada com outras fibras naturais, conferindo-lhe comportamento diferenciado; além disso, apresenta baixa densidade, grande percentual de alongamento e valores pequenos de resistência à tração e de módulo de elasticidade (MATTOS *et al.*, 2011).

3.3 Processamento do resíduo do coco verde

O fluxograma da Figura 2 apresenta as etapas do processo de obtenção de pó de coco e fibra bruta, que é descrito a seguir (MATTOS *et al.*, 2011).

Em até três dias após seu consumo, as cascas inteiras ou em bandas devem chegar à unidade de beneficiamento. Esse período restrito visa garantir a qualidade do pó e das fibras devido à perda de água, que dificulta a retirada de sais na prensagem (MATTOS *et al.*, 2011).

A carga do caminhão precisa ser despejada na moega, que consiste em uma rampa de leve declividade para conduzir as cascas até a esteira de alimentação; nessa etapa, é realizada a retirada de corpos estranhos, como canudos, plásticos, pedras e cascas podres. Na etapa de trituração, as cascas inteiras ou em bandas são processadas e desintegradas; essa etapa viabiliza a separação das fibras longas e as etapas consequentes (MATTOS *et al.*, 2011).

Via compressão mecânica, as cascas desintegradas são prensadas para remoção da umidade e, principalmente, para redução da salinidade, de 4,7 dS/m para 1,3 dS/m, aproximadamente. Nessa etapa, obtém-se o líquido da casca do coco verde (LCCV), que representa 30% do peso inicial das cascas.

Esse líquido é composto por açúcares fermentescíveis, compostos fenólicos, cátions e ânions. Após a prensagem, são separadas as fibras do pó no processo de classificação, que pode ser manual ou automatizado. Dessa etapa em diante, o pó e a fibra seguem rotas distintas até suas formas de apresentação comercial (MATTOS *et al.*, 2011).

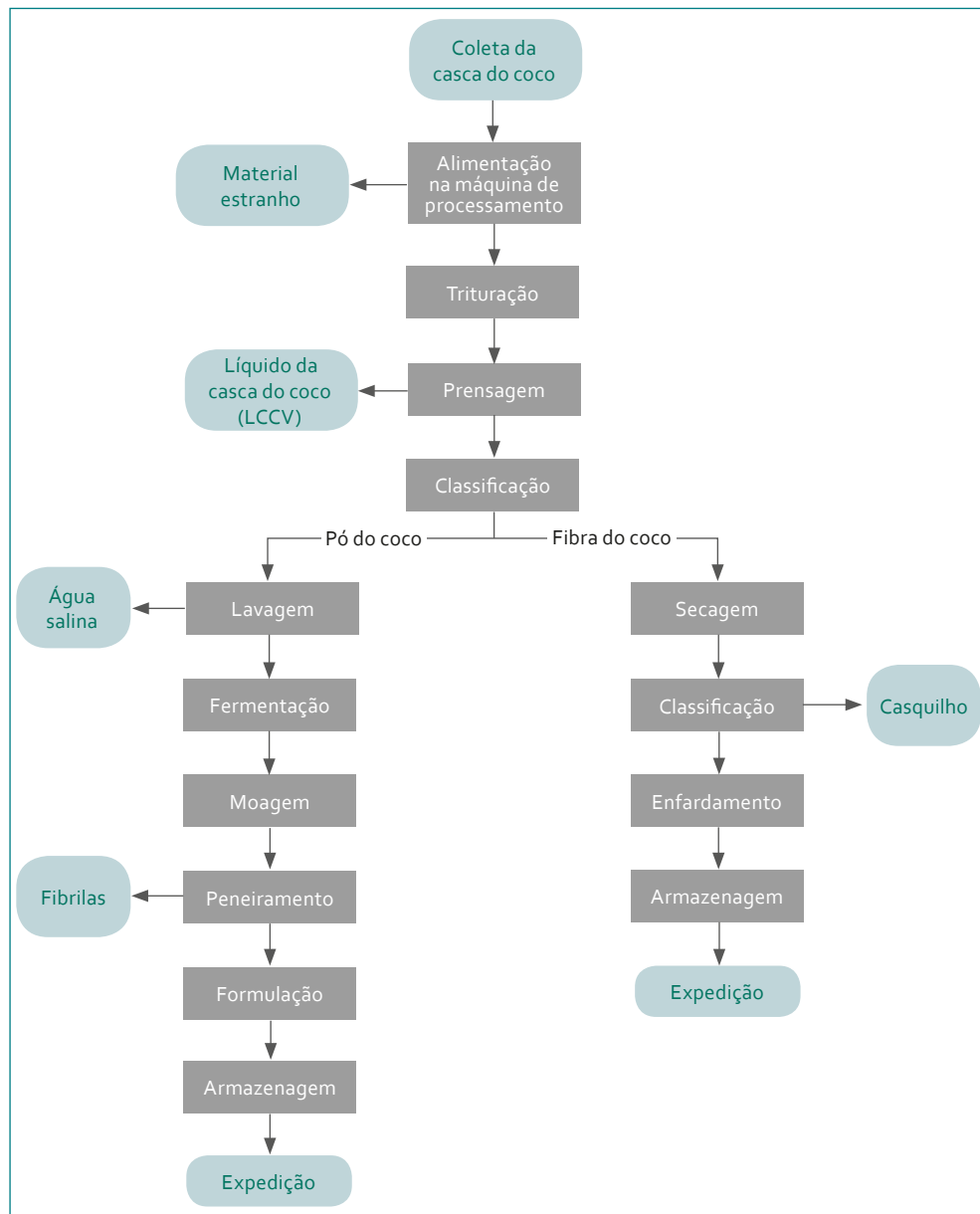
O pó obtido após a etapa de classificação tem condutividade elétrica elevada devido à salinidade presente nele. Para reduzir esse nível, é realizada uma lavagem do pó com água limpa (com condutividade inferior a 0,3 dS/m) na proporção volumétrica de 1:1. O pó deve ficar na água em imersão e depois retirado para secagem em camadas que auxiliam a evaporação da umidade. Por causa de sua relação C/N elevada, o pó é acondicionado em baias de fermentação até que a temperatura interna da pilha de pó se equilibre à temperatura ambiente. A etapa de fermentação ou compostagem do pó é fundamental para garantir sua boa qualidade (MATTOS *et al.*, 2011).

Devido a inúmeras possíveis origens do resíduo do coco (praias, bares, indústrias e outros) e o alto risco de contaminação por micro-organismos e insetos, principalmente larvas, o pó é submetido a um tratamento térmico (secagem) induzido por maquinário. Essa etapa também é importante para garantir a umidade correta do pó. O produto desse esquema de processos possui características não uniformes que podem apresentar um problema futuro, portanto, ele é submetido a uma moagem seguida por peneiramento para controle da granulometria. Na formulação, nutrientes específicos são adicionados ao pó do coco verde quando necessário. Nota-se que essa etapa depende da necessidade específica do pó no seu consumo final (MATTOS *et al.*, 2011).

Por fim, o pó segue para embalagem em sacarias de 15 micras de 5 litros até 100 litros (formatos comerciais comuns para os mercados doméstico e industrial). As sacarias são armazenadas em pallets para evitar o contato com o chão. Cada saco contém 30 quilos de pó, que permite determinar 0,75 m² de área útil para cada tonelada de pó armazenada (MATTOS *et al.*, 2011).

Figura 2

Fluxograma do processo de beneficiamento da casca do coco verde



Fonte: Adaptado de Mattos *et al.* (2011, p. 17).

Retomando o processo para a fibra, primeiro o produto é seco ao sol para reduzir a umidade. Depois, é necessário um processo de reclassificação por peneiramento para livrar o material de qualquer resquício do endocarpo ou pó. A fibra é pouco densa, portanto, para reduzir os custos com seu transporte são feitos a compactação e o enfardamento do material. Assim como o pó, os fardos são armazenados sobre *pallets*, evitando o contato com o chão e a umidade. Cada metro cúbico de fibra enfardada em prensa representa 330 quilos de fibra. Dessa forma, para armazenar 1 tonelada de fibra de coco seria necessário $0,75 \text{ m}^2$ (MATTOS *et al.*, 2011).

3.4 Usos do pó da casca do coco verde

Primeiro, enumeram-se os usos encontrados nas bibliografias de Abad e Noguera (1998); Carrijo, Liz e Makishima (2002); Farias *et al.* (2005); Mattos *et al.* (2011); Senhoras (2003), Sousa *et al.* (2007) e Pino *et al.* (2006):

a) Substrato agrícola

Substrato agrícola consiste em materiais sólidos, que podem ser minerais, orgânicos ou sintéticos, que permitem o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (ABAD; NOGUERA, 1998). O uso de substratos no cultivo de plantas é uma técnica vantajosa, pois permite o melhor controle da água, evitando excesso de umidade. Também atua favorecendo a atividade fisiológica da planta. O pó da casca do coco ganhou grande interesse comercial como substrato inerte, podendo ser usado para substituir a turfa em cultivos envasados e de mudas, enraizamento de estacas, desenvolvimento de plantas ornamentais, produção de flores de corte e hortaliças – cultivos conhecidos como “sem solo” (MATTOS *et al.*, 2011).

Em estudos desenvolvidos com amostras do pó de coco de diferentes regionalidades, como Costa do Marfim, Costa Rica, México, Sri Lanka e Tailândia, comprovou-se uma alta condutividade elétrica, variando entre $0,39 \text{ dS.m}^{-1}$ até $5,97 \text{ dS.m}^{-1}$, garantindo uma característica de alta salinidade ao substrato. Por isso, ressalta-se a importância do processo de

prensagem que extrai o Líquido da Casca do Coco Verde (LCCV), garantindo um nível adequado de sais após o processamento (MATTOS *et al.*, 2011).

Embora o uso majoritário desse substrato se dê de forma inerte, garantindo a sustentação e a integridade da planta durante seu desenvolvimento, esse produto pode ser usado como substrato pós-compostagem, técnica usada para obter melhores resultados de estabilização da matéria orgânica disponível no material (MATTOS *et al.*, 2011).

Por fim, o pó se destaca no cultivo de hidropônicos pela sua capacidade de retenção de água e aeração; sua textura microalveolar é tão porosa quanto a “lã de rocha”, material favorito para cultivo de hidropônicos (CARRIJO; LIZ; MAKISHIMA, 2002; SENHORAS, 2003).

b) Outras utilidades diversas

Há a possibilidade de aplicação do pó da casca do coco como adsorvente na área de biorremediação de solos e biosorção de metais pesados, dadas as características microscópicas do material (SOUSA *et al.*, 2007; PINO *et al.*, 2006). Cita-se também seu uso como substrato para cama de animais de laboratório (FARIAS *et al.*, 2005).

3.5 Usos das fibras da casca do coco verde

Enumeram-se os usos encontrados nas bibliografias de Aragão (2002); Coelho (1993); Coelho *et al.* (2001); Cunha (1999); Deflor (2006); Mattos *et al.* (2011); Miranda *et al.* (2004); Miranda, Sousa e Crisostomo (2007); Passos (2005); Prado, Turbiani e Silva (2015); Senhoras (2003); Silva e Oliveira (2015); Silveira (2008) e Vale *et al.* (2006):

a) Reforço em materiais

Mattos *et al.* (2011) explica que, devido ao seu alto teor de lignina e polioses, elevado ângulo espiral e baixo teor de celulose, a fibra do coco possui um comportamento rígido e resistente em função de reforço de materiais.

Sua baixa densidade, alto percentual de alongamento e pequena resistência à tração contribuem para a escolha desse material para exercer tal função.

b) Isolante térmico e acústico

Essa utilidade da fibra do coco não pode ser considerada inovadora, já que o material é utilizado há diversas décadas como isolante para diversas aplicações. A fibra em forma de manta trançada pode ser acoplada junto ao revestimento interno de estruturas para exercer a função de proteção térmica e sonora, em que hoje é largamente empregada (MATTOS *et al.*, 2011).

c) Matriz polimérica

Nos estudos de Vale *et al.* (2006), os autores citam a propriedade de carga que a fibra do coco pode empregar para o Poli Tereftalato de Etila, conhecido como PET, gerando assim materiais plásticos com maior percentual de matéria orgânica e auxiliando na decomposição mais rápida do plástico. Os resultados dos estudos mostram propriedades adequadas para aplicações práticas ao problema de decomposição do plástico descartado incorretamente. Outra indústria que agrega bons resultados na geração de produtos mais ecológicos com a fibra do coco é a da borracha, que tem utilizado esse resíduo para confecção de solados e calçados, encostos e bancos de carro. Por fim, os autores citam também a viabilidade da mistura do resíduo do coco com asfalto, detectando resultados eficientes em relação ao escorrimento quando comparados com ensaios com celulose (VALE *et al.*, 2006; MATTOS *et al.*, 2011).

d) Produção de mantas e retentores de sedimento

É possível a produção de mantas trançadas com as fibras de coco e materiais como náilon, polipropileno, juta ou látex. Essas mantas podem ser empregadas de forma geotêxtil, servindo como reforço a superfícies dispostas à erosão pela chuva e vento. Nesse formato, podem ser usadas em talu-

des nas margens das rodovias, parques, áreas de reflorestamento, áreas com teor de ressecamento rápido, sobre dunas, ravinas, voçorocas, encostas rochosas, concreto projetado, entre outros (ARAGÃO, 2002; DEFLOR, 2006; MATTOS *et al.*, 2011).

O uso dessas mantas biodegradáveis apresentam vantagens como: (1) imediata proteção do solo contra erosão superficial, (2) germinação de sementes, (3) ajudam na capacidade de troca iônica do solo, (4) incorporação de matéria orgânica no solo, (5) melhor controle e planejamento da degradação do material, (6) redução da evaporação de água no solo e insolação direta, (7) ancoramento das sementes e raízes, (7) melhoram o plantio em épocas de estiagem e, por fim, (8) proporcionam rapidez ao processo de revegetação (DEFLOR, 2006).

Em seu trabalho, Deflor (2006) também descreve as berma-longas, cilindros flexíveis envoltos por uma malha resistente de polipropileno que são empregados na ancoragem e retenção de sedimentos e podem ser constituídos de fibras de coco verde. Essas berma-longas podem ser usadas para: (1) proteger as margens de reservatórios e cursos de água, (2) absorver e conter vazamentos de óleo e de produtos tóxicos e (3) estruturação para ornamentação e paisagismo.

e) Telhas ecológicas

A produção das telhas ecológicas consiste em uma mistura de fibra de coco com a polpa do papel reciclado e cimento asfáltico (CAP 20). Segundo Passos (2005), esse material apresenta bons resultados desde 2004, quando teve sua fase experimental testada e agora pode ser oferecido em larga escala no mercado por um valor menor que as telhas convencionais e apresentando um conforto térmico mais agradável ao usuário. O autor cita que, em sua fase experimental, as telhas foram empregadas em áreas rurais e urbanas, e podem ser uma alternativa viável para redução de custos governamentais em programas sociais de contenção de déficit habitacional (PASSOS, 2005).

f) Confecção de vasos, placas e bastões

As fibras têm sua utilização largamente empregada na confecção de vasos, bastões e placas para cultivo de vegetais, suprimindo a convencional base de barro e cimento como alternativa da samambaiçu *Dicksonia sellowiana*, conhecida como xaxim, que tem sua extração e exploração restritas pelo governo, dados os riscos de extinção (MATTOS *et al.*, 2011).

g) Produção de enzimas

Responsáveis por desencadear reações bioquímicas, as enzimas são catalisadores orgânicos presentes em processos biológicos. Essas enzimas são empregadas na indústria alimentícia na fabricação de purês e néctares por processo de maceração, na produção de queijos e clarificação de sucos ou vinhos, além de poderem ser usadas na recuperação de óleos vegetais e na desengomagem de fibras naturais (COELHO, 1993; CUNHA, 1999). Por meio de processos fermentativos, a casca do coco verde pode ser usada na produção dessas enzimas por causa da grande quantidade de celulose, hemicelulose e lignina presente. Não há necessidade de adição nutricional para o correto crescimento microbiano (COELHO *et al.*, 2001).

Em sua pesquisa, Coelho *et al.* (2001) expõem o mercado mundial da tecnologia enzimática, que é responsável pela movimentação de bilhões de dólares como justificativa para a produção de enzimas a partir desse subproduto agrícola (COELHO *et al.*, 2001). Comenta-se aqui que o Brasil adquire enzimas importadas, salientando uma oportunidade para a criação de uma produção nacional enzimática (SENHORAS, 2003).

h) Artesanato

Mattos *et al.* (2011) enfatizam a importância do artesanato como produto das fibras do coco, processo que resulta em uma diversidade de itens que geram receita, principalmente para as populações carentes, visto que é de grande consumo por turistas de outros países.

Silva e Oliveira (2015) citam dois exemplos da relevância desse uso da fibra do coco em seu estudo. No município de São Mateus, localizado no Espírito Santo, indústrias que confeccionavam tapetes a partir de uma mistura de látex com sisal migraram para a fibra do coco como matéria-prima. Parte da produção dessas indústrias utiliza material importado da Índia com o pretexto de que possui melhor qualidade devido ao processo de extração da fibra, realizado em território nacional, porém, esse cenário tende a se modificar com o passar do tempo. No mesmo estado, mas no município de Itapemirim, há um projeto de aproveitamento da fibra do coco para manufatura de bolsas, jogos americanos, carteiras e outros. A Associação Trama do Sol foi fundada por mulheres dos pescadores locais que realizam o recolhimento das fibras nas feiras da cidade, secam-nas e as utilizam como matéria-prima de artesanato ecológico. A prefeitura do município, junto da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Rural e Meio Ambiente e do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) incentivam a associação. Os responsáveis por esses órgãos afirmam que esse empreendedorismo incentiva o coletivismo local no município (SILVA; OLIVEIRA, 2015).

i) Uso como cobertura morta

A prática agrícola da cobertura morta consiste em um cobrimento superficial do solo com material orgânico a fim de dispor de condição favorável para cultura. O processo apresenta vantagens como: (1) reciclagem de nutrientes; (2) manutenção de níveis de evaporação do solo; e (3) adequação de micro-organismos para desenvolvimento das raízes (MIRANDA *et al.*, 2004). Como mencionado anteriormente, os resíduos do coco verde apresentam alto teor de salinidade, que deve ser monitorado continuamente para não ocasionar drásticas alterações nas propriedades físico-químicas do solo (MIRANDA; SOUSA; CRISOSTOMO, 2007).

Em seu estudo, Miranda *et al.* (2004) empregaram a cobertura morta de fibra de coco verde em coqueiros para controlar o regime térmico do solo.

Como resultado, a cobertura diminuiu o aquecimento durante o dia e a evapotranspiração e perda térmica durante a noite. Suas evidências mostram que a fibra do coco é tão efetiva para essa função quanto todas as demais coberturas já empregadas.

j) Produção de briquetes

Considerado um carvão ecológico de alta qualidade, briquetes são pequenas toras resultantes de compactação dos resíduos de madeiras com pó de serragem e cascas de vegetais que possuem alto poder calorífico. As cascas de coco verde podem ser transformadas em briquetes e essa alternativa tem atraído estabelecimentos que utilizam fornos ou caldeiras à base de lenha, como padarias, pizzarias ou olarias, por apresentarem vantagens na redução de custos e aproveitamento de espaço físico (SILVEIRA, 2008; MATTOS *et al.*, 2011).

A utilização de briquetes de casca de coco verde é vantajosa, pois aproveita um resíduo com grande potencial calorífico, calor homogêneo e maior temperatura de chama com um índice menor de poluição que os demais briquetes (SILVEIRA, 2008).

k) Produção de papel

Prado, Turbiani e Silva (2015) desenvolveram um projeto que aproveita os valores satisfatórios de celulose presente na fibra para o desenvolvimento de papel *kraft* comercial comum de alta gramatura, embora ressaltem que o coco possui elevada quantidade de lignina, o que não o tornaria a matéria-prima ideal para a produção de papel.

Em seu projeto, a fibra de coco britada e seca foi caracterizada quanto a suas dimensões e capacidades químicas. O diferencial no processo produtivo utilizado na metodologia foi que, para a etapa de polpação, os autores utilizaram peróxido de hidrogênio aplicando o método com hidróxido de sódio. Dessa forma, o produto final resultou em um papel com características visuais e tácteis parecidas com a do papel tradicional. Com a utilização de

um processo agressivo com soda, bastante semelhante ao processo industrial, a porcentagem de retirada de lignina foi satisfatória. O viés do projeto advém da baixa resistência a esforços e rendimento inferior na produção do papel (PRADO; TURBIANI; SILVA, 2015).

O projeto é tecnicamente viável dentro do limite definido pela média e desvio padrão, mas com etapas que necessitam de melhor estudo e otimização em caso de implementação econômica (PRADO; TURBIANI; SILVA, 2015).

3.6 Utilidades para o líquido da casca do coco verde

O líquido resultante da prensagem apresenta alto conteúdo de: (1) polifenólicos, que podem ser aproveitados na formulação de resinas fenólicas como adesivos, e para fins fitoterápicos como fonte de taninos; (2) açúcares, para processos fermentativos e biogás; e (3) potássio, em fertilizações agrícolas que toleram altas concentrações de salinidade (MATTOS *et al.*, 2011).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresenta como resultado uma catalogação das possíveis utilidades para o resíduo gerado do consumo da água do coco verde e que possuem viabilidade econômica pela sua reinserção na cadeia produtiva. É importante ressaltar que o resíduo do coco pode ser utilizado como matéria-prima e processado numa unidade beneficiadora – esse material gera a fibra e o pó do coco verde. Com o pó, é possível produzir substrato agrícola, realizar biorremediação de solos e biosorção de metais pesados. Com a fibra, é possível realizar reforço em materiais, utilizar como misto em matrizes poliméricas para redução do tempo de decomposição, construção de isolamento térmico e acústico, produção de mantas e retentores de sedimentos, confecção de telhas ecológicas, vasos, placas e bastões, produção de enzimas, artesanato, usar como cobertura morta, produzir briquetes e na fabricação de papel. Há ainda o líquido resultante da prensagem da casca, que pode ser usado para produção de adesivos, fins fitoterápicos, fermentativos, produção de biogás e fertilização agrícola.

A logística reversa da casca do coco não é novidade. As famílias produtoras de coco em pequenas propriedades secam o resíduo e colocam-no dentro do fogão a lenha para produzir energia. Oportunidades de negócios são fomentadas por meio de projetos criativos que garantem melhor aproveitamento dos recursos que são consumidos. Sugere-se, no entanto, a pesquisa com caráter mais aprofundado no âmbito da engenharia química e de materiais para caracterização do material e identificação de possíveis aplicações, possibilitando um direcionamento mais assertivo quanto às aplicações.

Referências

- ABAD, M.; NOGUERA, P. Substratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: CADAHIA, C. (coord.) *Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales*. Madrid: Mundo-Prensa, 1998. p. 287-342.
- ABAD, M.; NOGUERA, P.; PUCHADES, R.; MAQUIEIRA, A.; NOGUERA, V. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerized ornamental plants. *Bioresource Technology*, v. 82, p. 241-245, 2002.
- BACKES, D. A. P. et al. Inovação sustentável do coco verde na agroindústria. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 17., 2015, São Paulo. *Anais [...]*. São Paulo: Engema, 2015. p. 1-13. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/270.pdf>. Acesso em: 3 set. 2017.
- BRASIL. Lei n. 12305, de 2 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 11 set. 2017.
- BRASIL. Portal Brasil. Ministério do Meio Ambiente. *Política de Resíduos Sólidos*. 2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2014/08/tire-suas-duvidas-sobre-a-politica-de-residuos-solido>. Acesso em: 13 set. 2017.
- CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 533-535, dez. 2002.

- CINTRA, F. L. D. et al. (ed.). *Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no nordeste do Brasil*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. p. 37-60.
- COELHO, M. A. Z. *Purificação da poligalacturonase produzida por Aspergillus niger 3T5B8*. 1993. 140f. Dissertação (Mestrado em Química) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.
- CUNHA, R. T. *Aplicação de enzimas em processos industriais têxteis*. 1999. 22f. Monografia (Pós-graduação em Técnica de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.
- DEFLOR. *Soluções ambientais definitivas*. Catálogo de produtos e serviços. Belo Horizonte, 2006. 34 p.
- FARIAS, D. F.; FERREIRA, P. M. P.; CARVALHO, A. F. F. U.; CARVALHO, A. F. U. Avaliação preliminar do uso da fibra de coco (*Cocos nucifera*) como cama de animais de laboratório. *Revista da Universidade Rural, Série Ciências da Vida*, Rio de Janeiro, v. 24, Suplemento, p. 233-236, 2005.
- FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. A cultura do coqueiro no Brasil. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1988. 292 p.
- ARAGÃO, W. M. *Coco: pós-colheita*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 76 p. (Frutas do Brasil).
- GOMES, J. M. A.; MACEDO, C. D. F. S. *Análise econômica da cadeia produtiva do coco babaçu (*Orbignya phalerata*, Mart.) no Piauí*. Sober, 2013. Disponível em: <http://www.viiisoberne.com.br/anais/ARQUIVOS/GT1-262-170-20131007160954.pdf>. Acesso em: 14 out. 2017.
- GONÇALVES, M. F. S.; CHAVES, G. L. D. Perspectiva do óleo residual de cozinha (ORC) no Brasil e suas dimensões na logística reversa. *Revista Espacios*, v. 35, n. 8, 2014.
- GONÇALVES, M. F. S.; OLIVEIRA, M. M. Perspectiva do óleo residual de fritura: uma abordagem econômica na logística reversa. *Revista Espacios*, v. 37, n. 25, 2016.
- GONÇALVES, M. F. S.; GROPPPO, B. C.; TERENCE, M. C.; LUCHEZZI, C. Avaliação dos resíduos de construção civil e demolição na Grande São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37., 2017, Joinville. *Anais [...]*. Joinville, 2017.

- GONÇALVES, M. F. S.; CHAVES, G. L. D.; ROSA, R. A. Planejamento da logística reversa do óleo residual de fritura para uma destinação ambientalmente correta. *In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTES DA ANPET*, 31., 2017, Recife. *Anais [...]*. Recife: Anpet, 2017.
- GONÇALVES, M. F. S.; TREVISAN, C. E.; XAVIER, W. S.; BARBOSA, F. B. M. H. Utilização do método do caminho ótimo para roteirizar a coleta seletiva de embalagens cartonadas na cidade de Embu das Artes – SP. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORK ENTERPRISES & LOGISTICS MANAGEMENT*, 2018, São Paulo. *Anais [...]*. São Paulo, 2018a.
- GONÇALVES, M. F. S.; FORNAZARI, A. C.; MONTEIRO, B.; MARCONDES, G.; MENEZGATTI, T. Avaliação da estrutura da rede de logística reversa de pneus na região de São Paulo. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORK ENTERPRISES & LOGISTICS MANAGEMENT*, 2018, São Paulo. *Anais [...]*. São Paulo, 2018b.
- GONÇALVES, M. F. S.; CONCILIO, A. M.; SHIMADA, R. D. Avaliação da estrutura da logística reversa do óleo residual de cozinha (ORC) em São Paulo. *Revista Gestão Industrial*, v. 14, n. 4, 2018.
- LEITE, S. G. F.; ROSA, M. de F.; FURTADO, A. A. L. Aproveitamento dos resíduos agroindustriais: produção de enzimas a partir da casca de coco verde. *Boletim Ceppa*, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 33-42, 2001.
- MATTOS, A. L. A. *et al.* *Beneficiamento da casca do coco verde*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 37 p. Disponível em: http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_3830.pdf. Acesso em: 3 set. 2017.
- MIRANDA, F. R.; OLIVEIRA, F. N. S.; ROSA, M. F.; LIMA, R. N. Efeito da cobertura morta com a fibra da casca de coco sobre a temperatura do solo. *Revista Ciência Agronômica*, v. 35, n. 2, p. 335-339, 2004.
- MIRANDA, F. R.; SOUSA, C. C. M.; CRISOSTOMO, L. A. Utilização da casca de coco como cobertura morta no cultivo do coqueiro anão-verde. *Revista Ciência Agronômica*, v. 38, n. 1, p. 41-45, 2007.
- PASSOS, P. R. A. *Destinação sustentável de cascas de coco (Cocos nucifera) verde: obtenção de telhas e chapas de partículas*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

- PINO, G. H.; MESQUITA, L. M. S. de; TOREM, M. L.; PINTO, G. A. S. Biosorption of cadmium by green coconut shell powder. *Minerals Engineering*, v. 19, n. 5, p. 380-387, 2006.
- PRADO, A. P. S.; TURBIANI, C. N.; SILVA, J. V. A. *Estudo da viabilidade técnico da produção de papel a partir da fibra da casca do coco verde*. 2015. 84 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Química, Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2015.
- ROSA, M. de F.; SANTOS, F. J. de S.; MONTENEGRO, A. A. T.; ABREU, F. A. P. de; CORREIA, D.; ARAÚJO, F. B. S. de; NORÕES, E. R. de V. *Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 6 p. (Comunicado Técnico, 54).
- ROSA, M. F.; BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; SANTOS, F. J. S.; ABREU, F. A. P.; FURTADO, A. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. V. *Utilização da casca de coco como substrato agrícola*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 24 p. (Documentos, 52).
- SENHORAS, E. M. *Estratégias de uma agenda para a cadeia industrial do coco: transformando a ameaça dos resíduos em oportunidades eco-eficientes*. 2003. Dissertação (Pós-graduação Lato Sensu em Gestão e Estratégia de Empresas) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.
- SILVA, A. C. da. Rproveitamento da casca de coco verde. *Revista Monografias Ambientais*, Universidade Federal de Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 4077-4086, 18 dez. 2014. DOI 10.5902/2236130815186. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/viewFile/15186/pdf>. Acesso em: 3 set. 2017.
- SILVA, T. M. M. da; OLIVEIRA, D. C. Estudo de caso: aproveitamento do resíduo de coco verde no ambiente da Grande Vitória, norte e sul do Espírito Santo. *In: ENCONTRO INTERESTADUAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 1., 2015, Rio de Janeiro. Anais [...]. São João da Barra: Einepro, 2015. p. 1-11. Disponível em: <http://www.marcaambiental.com.br/backend/uploads/imagem/223coa5cef894131a0e22272e767cfa3.pdf>. Acesso em: 3 set. 2017.
- SILVEIRA, M. S. *Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em Salvador-BA*. 2008. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Tecnologias Am-

bientais, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008. Disponível em: http://teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_monica_silveira.pdf. Acesso em: 3 set. 2017.

SOUSA, F. W.; ANDRÉ, G. O.; MOREIRA, S. A.; ROSA, M. F.; CAVALCANTE, R. M.; NASCIMENTO, R. F. Estudo da viabilidade de uso da casca de coco verde como adsorvente para remoção de metais pesados de efluentes industriais (aceito Nº QN 264/06). *Química Nova*, 2007.

SCHWARTZ FILHO, A. J. *Localização de indústrias de reciclagem na cadeia logística reversa do coco verde*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil-Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

VALE, A. C.; PINTO, I. C.; SOARES, J. B. Estudo laboratorial da viabilidade do uso de fibras de coco em misturas asfálticas do tipo SMA. *In: ENCONTRO DE ASFALTO*, 18., 2006, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro, 2006.