

Técnicas de uso dos resíduos sólidos de Café como agregado para briquetes/péletes e compósitos de madeira

Washington Moreira Cavalcanti¹

Maria Aparecida Fernandes²

RESUMO

O café é um produto extremamente importante para a economia nacional, com uma produção anual de aproximadamente 30 milhões de sacas e incorporação de mais 3 bilhões na economia, conforme citado por Viela *et al.* (2001).

O Brasil é o maior produtor de café no mundo, com uma produção anual em torno de 30 milhões de sacas, o processamento do café gera grandes quantidades de resíduo sólido (casca ou polpa, dependendo do processo). Mesmo sendo um excelente adubo orgânico, uma parcela da casca de café vem sendo desprezada por agricultores que não têm conhecimento do seu potencial de fornecimento de matéria orgânica (MATOS *et al.*, 2000).

Para minimizar os efeitos da geração de resíduos é adotado a correta destinação pós-produção, através do reuso ou recuperação de resíduos ou de seus constituintes que apresentem algum valor econômico. Adans & Dougan (1985), relatam que esta é uma das formas mais adequadas de solução dos problemas de gerenciamento de resíduos.

Este trabalho tem por objetivo identificar na bibliografia o uso econômico de resíduos provenientes do beneficiamento do café na produção de compostos de madeira e com isto, relacionar processos de melhoria do sistema de utilização destes resíduos dentro da indústria, tornando esse produto menos impactante no processo de produção.

Palavras chave: Resíduos, Resíduos sólidos de Café, Briquetes/Péletes, Compósitos de madeira.

ABSTRACT

Coffee is an extremely important product to the national economy, with an annual production of approximately 30 million bags and incorporation of 3 billion into the economy, as quoted by Alley *et al.* (2001).

Brazil is the largest coffee producer in the world, with an annual production of around 30 million bags, the coffee process generates large amounts of solid waste (bark and pulp, depending on the process). Even being an excellent organic fertilizer, a portion of the coffee husk has been neglected by farmers who are unaware of their potential to supply organic matter (MATOS *et al.*, 2000).

To minimize the effects of waste generation is adopted to correct post-production destination, through the reuse or recovery of waste or its constituents that have some economic value. Adans & Dougan (1985), report that this is one of the best ways of solving waste management problems.

This work aims to identify the bibliography economic use of waste from coffee processing in the production of wood composites and thus, relate process improvement of systems for using such waste within the industry, making it less harmful product in the process of production.

Keywords: Waste, Solid Waste Café, Briquettes / Pellets, Wood Composites.

¹ Professor Mestre do Curso de Administração Faculdade Pitágoras / MG – Doutorando Engenharia UFMG

² Gestora do Laboratório de Bioengenharia da UFMG - Labbio

1 INTRODUÇÃO

O café é um produto extremamente importante para a economia nacional, com uma produção anual de aproximadamente 30 milhões de sacas e incorporação de mais 3 bilhões na economia Viela *et al.* (2001).

Entretanto, durante o processo físico de café, nas usinas de beneficiamento, é gerado grande volume de resíduo, que se origina da movimentação dos grãos do interior das máquinas, prejudicando as condições de salubridade do trabalho, provocando alergias, irritações cutâneas e problemas respiratórios nos trabalhadores.

ZYLBERSZTAJN *et al.* (1993), descreve que os armazéns onde ocorre o beneficiamento acontece, são locais onde coexistem várias máquinas, que limpam e separam os grãos por diferença de densidade, cor e tamanho. Na passagem dos grãos de café por essas máquinas e tubulações, os grãos são atritados entre si e contra as paredes das máquinas liberando este resíduo.

Em alguns locais, parte desse resíduo é filtrado durante o processo, por exaustores e acumulados em velas, tipo filtro de pano, porém, outra grande parte escapa no processo de filtragem e se dispersa no ambiente, ficando depositado sobre as máquinas, sobre as sacarias, no chão e aderido às roupas dos trabalhadores.

O Brasil é o maior produtor de café no mundo, com uma produção anual em torno de 30 milhões de sacas. O processamento do café gera grandes quantidades de resíduo sólido (casca ou polpa, dependendo do processo). Atualmente, não existe nenhuma aplicação para a casca dos grãos de café, o que a torna um grande problema ambiental. Mesmo sendo um excelente adubo orgânico, uma parcela da casca de café vem sendo desprezada por agricultores que não têm conhecimento do seu grande fornecimento de matéria orgânica (MATOS *et al.*, 2000).

Este trabalho tem por objetivo identificar na bibliografia o uso econômico de resíduos provenientes do beneficiamento do café na produção de compostos de madeira e com isto, relacionar processos de melhoria do sistema de utilização destes resíduos dentro da indústria, tornando esse produto menos impactante no processo de produção.

2 REVISÃO DA LITERATURA

São diversas as alternativas de possível utilização econômica do resíduo proveniente do beneficiamento do café encontrados na bibliografia, sendo possível com isto, analisar qual processo de melhoria do sistema de capacitação destes resíduos dentro da indústria, tornando esse produto menos incômodo à produção.

De acordo com Vale e Gentil (2008), resíduos podem ser definidos como todo o material que é descartado ao longo do processo produtivo, podendo o mesmo tornar-se um risco para o ambiente e para a sociedade. No entanto os resíduos podem deixar de ser um risco, e passar a gerar valor agregado se conduzidos corretamente, ou seja, reaproveitando o que pode ser reaproveitado, e descartando de forma correta o que deve ser descartado.

Segundo Demajorovic (1995), resíduos sólidos são diferentes do que chamamos de lixo, pois este último não possui nenhum tipo de valor, referindo-se ao que deve ser descartado. Resíduos são aqueles que possuem valor econômico agregado, por possibilitarem seu reaproveitamento, podendo em alguns casos estar novamente fazendo parte do processo produtivo. Segundo Quirino (2003), ao valorizar o resíduo torna-se possível a eliminação de despesas, além de possibilitar uma renda a mais para a indústria geradora, agregando valor á

produção. Um resíduo lignocelulósico pode ser reciclado e transformado em matéria prima para outro processo diferente daquele de origem. Por exemplo, pode ser transformado em partículas e constituir-se em painéis à base de madeira. Os mesmos podem também ser utilizados energeticamente na produção de calor, de vapor, ou sob a forma de combustível sólido, como o carvão vegetal.

Para a minimização de resíduos é aplicado a destinação pós-produção, através do reuso ou recuperação de resíduos ou de seus constituintes que apresentem algum valor econômico. Adans & Dougan (1985), relatam que esta é uma das formas mais atraentes de solução dos problemas de gerenciamento de resíduos, tanto do ponto de vista empresarial como dos órgãos estaduais de proteção do meio ambiente.

Para Paula (2006), são evidentes os problemas relacionados à contaminação dos solos e lençóis freáticos por causa do acúmulo e descarte inadequado de resíduos das indústrias de produtos agrícolas, entre elas a do café e de beneficiamento de madeira. Para a redução desses problemas é racional o reaproveitamento desses resíduos.

2.1 A Cultura do Café

Segundo dados da ABIC (Associação Brasileira da Indústria de Café), o Brasil foi o maior produtor mundial de café em 2007, com uma produção de 33,4 milhões de sacas, foi também o maior exportador do mundo, com 28,1 milhões de sacas embarcadas em 2007. O Brasil também é o segundo maior consumidor de café, com a marca de 17 milhões de sacas em 2007, perdendo apenas para os Estados Unidos.

O café é uma planta perene de porte arbustivo, pertencente à família rubiaceae, produtora de frutos do tipo baga, tem como produto econômico suas sementes. Estas, depois de convenientemente processadas, são consumidas na forma de infusão. Dotada de aroma e sabor característicos, a bebida é nutritiva e estimulante (Fahl, 1995). Originário das terras altas da Etiópia e Sudão, onde cresce em estado silvestre nos estratos inferiores da floresta equatorial africana, o café é uma das atividades agrícolas mais relevantes para os países das áreas tropicais. Nos demais países da América Latina é geralmente plantada em diversidade, junto com espécies sombreadoras e gêneros alimentícios nas entre linhas.

A destinação correta dos resíduos de café possui vantagens como reaproveitamento da matéria prima utilizada em processos produtivos e redução da poluição ambiental. Segundo Ormond (2006), os resíduos de café possuem forma regular, constituição homogênea, e é de grande utilização para geração de energia, tendo seu uso indicado para fornos industriais.

2.2 O processo de beneficiamento do café

O beneficiamento do café pode ocorrer após a colheita, de duas formas: via seca ou via úmida. Segundo Viela *et al.* (2001), no Brasil a forma mais comum de beneficiamento ocorre por via seca, no qual o fruto do café é seco ao sol ou em pré-secadores e secadores artificiais, o que resulta em resíduos formados por casca e pergaminho, com rendimento de aproximadamente 50% do peso colhido. A descrição das duas formas principais de secagem é:

- a) Secagem ao sol: a secagem é feita no sol, em terreiro que pode ser cimentado, atijolado, terra batida, asfaltado, entre outros, ou terreiro suspenso.
- b) Secagem mecânica: a secagem é feita em secadores. O secador rotativo normalmente confere uma secagem final mais homogênea.

Para obter as sementes (feijão), o epicarpo, mesocarpo e endocarpo do café cereja seca tem que ser removido por descasque, dando a chamada casca. No procedimento de

processamento úmido as frutas são despulpado, fermentado, lavada e sol ou forno seco. O processo de polpação remove o epicarpo e a maior parte do mesocarpo, resultando na assim chamada polpa de café. O café seco no procedimento de processamento úmido é chamado de café em pergaminho seco, porque o endocarpo (pergaminho) não é removido.

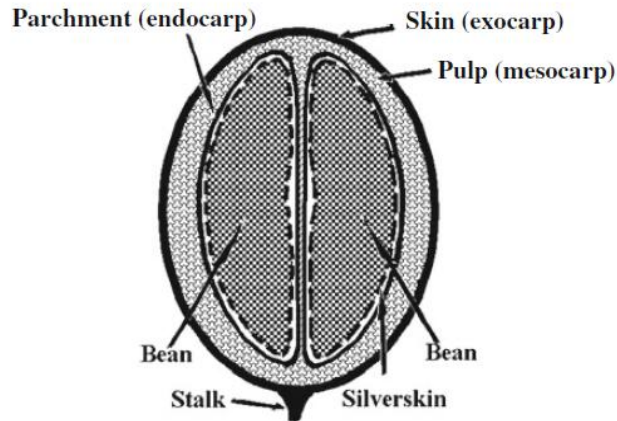


Figura 1 – Estrutura do grão de café

Fonte: Coste, 1992

Os dois sistemas de secagem podem ser usados sozinhos ou de forma combinada. A melhor combinação vai depender da superfície disponível para secagem natural, da capacidade do secador, bem como das condições climáticas.

Desta forma, o processamento de duas toneladas de café em coco produz uma tonelada de grão de café comercial, e uma tonelada de resíduos (casca e pergaminho). Segundo Vegro e Carvalho (1994), partes dos resíduos da polpação do café já são empregados em outros processos, tais como:

- Adubação, podendo ser misturado a outros compostos como esterco ou adubos químicos, tornando-se uma fonte barata e alternativa para equilibrar os nutrientes do solo;
- Complementação de alguns tipos de rações para peixes, aves, suínos e bovinos, devido ao teor percentual de alguns nutrientes, e a presença, embora pequena, de aminoácidos e proteínas;
- Recentemente a possibilidade de utilização do mesmo em fornos e caldeiras como material energético, já que o mesmo possui uma capacidade de queima acentuada.

Vale *et al.* (2007) estudando a carbonização de resíduos do processamento do café, encontrou para casca o valor de poder calorífico superior de 3.933 (Kcal/g), e poder calorífico útil de 3.040 (Kcal/g); constatou também que a casca de café livre de umidade é capaz de liberar uma quantidade de calor de 2.377 Mj.m⁻³, reafirmando a possibilidade da utilização deste resíduo em aparelhos de queima.

2.3 Resíduos Sólidos do Café

O Brasil consolida a posição de maior produtor e exportador mundial de café em grãos, sendo responsável por 30% do mercado mundial (ABIC, 2014). No entanto, os subprodutos dessa atividade agrícola, que em muitos casos não são devidamente tratados, geram despesas e preocupação ambiental, são também uma fonte de compostos com propriedades funcionais.

A casca é o primeiro resíduo gerado no processamento do fruto do cafeeiro e representa cerca de 39% da massa fresca ou de 29% da matéria seca do fruto, sendo a quantidade de casca presente no fruto tipo cereja dependente do estado de maturação, das condições climáticas dominantes durante o desenvolvimento dos frutos e da variedade de cafeeiro cultivada. O pergaminho representa cerca de 12%, em termos de matéria seca, do fruto do cafeeiro.

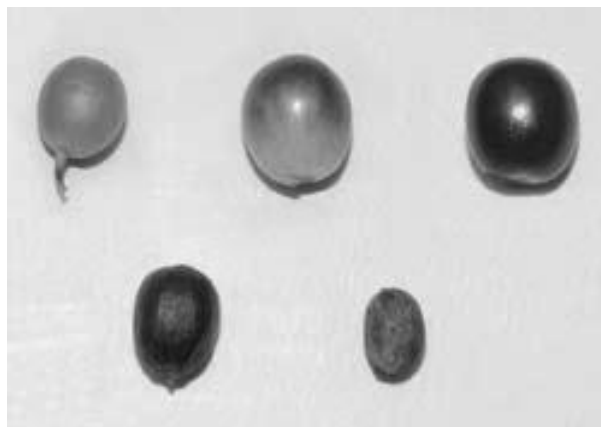


Figura 2 - Frutos verde, verdoengo, cereja, passa e seco.

Fonte: Matos et al., 2003

Face ao grande volume de resíduos sólidos gerados no beneficiamento dos frutos do cafeeiro, formas alternativas de disposição e aproveitamento da casca têm sido estudadas. Com base nos dados apresentados na Tabela 1, a casca do fruto do cafeeiro é rica em potássio e outros nutrientes e, por isso, o seu aproveitamento agrícola como adubação orgânica “in natura” ou após a compostagem constitui alternativa interessante, tanto no que se refere aos aspectos econômicos como ambientais.

Os resíduos sólidos do processamento dos frutos do cafeeiro na fase de separação de impurezas são folhas, gravetos, solo, pedriscos e outros materiais, os quais têm sido separados por abanação ou por separação hidráulica. Esses resíduos não são considerados problemáticos e têm retornado ao campo, para servirem, notadamente, como cobertura morta.

Tabela 1 Constituição mineral da casca de frutos do cafeeiro, em relação à matéria seca.

Composto	Conteúdo		
	(1)	(2)	(3)
C-total (g.kg ⁻¹)	529,5		
N-total (g.kg ⁻¹)	14,7	13,2	18,8
P-total (g.kg ⁻¹)	1,7	0,5	2,1
K (g.kg ⁻¹)	36,6	31,7	47,0
Ca (g.kg ⁻¹)	8,1	3,2	3,0
Mg (g.kg ⁻¹)	1,2	--	2,9
S (g.kg ⁻¹)	1,4	--	--
Mn (mg.kg ⁻¹)	125	--	--
Zn (mg.kg ⁻¹)	30	--	4,4
Cu (mg.kg ⁻¹)	25	--	18,7

Fonte: 1 – Matos et al. (1998); 2 - Vasco (2000) e 3 – Brandão et al. (2000).

As massas específicas da espuma fresca ou “in natura” (na forma pastosa) e no estado sólido, depois de secada ao ar durante 25 dias, quando submetida ou não à trituração são, respectivamente de 0,965 g cm⁻³; 0,503 g cm⁻³ e 0,084 g cm⁻³. A maior massa específica da espuma, quando ela ainda encontra-se na condição pastosa, é devida ao maior conteúdo de água que apresenta e com a secagem do material diminui, haja vista que o material residual é de constituição predominantemente orgânica, de baixa massa específica.

A biomassa residual de atividades agrícolas do processamento do café ainda é subutilizada. Na maioria das vezes é deixada para decomposição natural, sem aproveitamento da energia nela contida e gerando passivos ambientais importantes.

3 USO DOS RESÍDUOS SÓLIDO DE CAFÉ COMO AGREGADO PARA BRIQUETES/PÉLETES E COMPÓSITOS DE MADEIRA

Biomassa é geralmente entendida como toda a matéria orgânica, não fóssil, de origem vegetal, animal ou microbiana. Para fins energéticos compreende: plantas cultivadas ou nativas; descartes das lavouras; florestas nativas ou cultivadas e resíduos florestais, ou de madeira. A biomassa pode ser utilizada diretamente para geração de calor ou de energia elétrica ou transformada em bicomcombustíveis sólidos tais como briquetes e péletes, líquidos como etanol e biodiesel, ou gasosos, a exemplo do biogás e gás de síntese (Sawin *et al*, 2012).

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas e florestais do mundo, a quantidade de biomassa residual representa um depósito de energia que pode ser melhor aproveitada, especialmente na forma de briquetes / péletes e compósitos de madeira.

3.1 Resíduos de Café e o processo de produção de péletes e briquetes

Os briquetes e péletes são substitutos diretos da lenha em muitas aplicações, incluindo o uso residencial, em indústrias e estabelecimentos comerciais como olarias, cerâmicas, padarias, pizzarias, laticínios, fábricas de alimentos, indústrias químicas, têxteis e de cimento dentre outros (Bhattacharya, 2002).

Os péletes de madeira são um tipo de lenha, geralmente produzidos a partir de serragem ou serradura de madeira refinada e seca que depois é comprimida. Os péletes de madeira são granulados cilíndricos com 6 a 8 milímetros (mm) de diâmetro, e com 10 a 40 mm de comprimento.

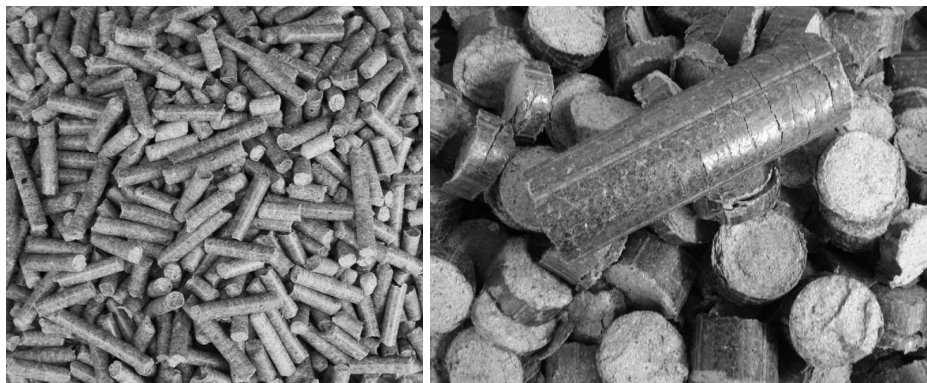


Figura 3 – Péletes e Briquetes de biomassa processada

Fonte: Do autor

O briquete é uma alternativa para o aproveitamento energético de qualquer biomassa vegetal. Quirino (2003) afirmou que a técnica de compactação de resíduos para uso energético é pouco conhecida e utilizada no Brasil. Os empresários ao tomarem conhecimento desta técnica mostram-se surpresos e interessados por causa do ganho para a indústria.

Os briquetes e péletes resultam da compactação de resíduos lignocelulósicos, e são utilizados na geração de energia na forma de calor ou eletricidade. O diâmetro dos péletes pode variar entre 6 e 16 mm, enquanto os briquetes possuem diâmetro superior a 50 mm. Podem ser produzidos a partir de qualquer resíduo vegetal, como, por exemplo, serragem e restos de serraria, casca de arroz, sabugo e palha de milho, palha e bagaço de cana-de-açúcar, casca de algodão, casca de café, soqueira de algodão, feno ou excesso de biomassa de gramíneas forrageiras, cascas de frutas, cascas e caroços de palmáceas, folhas e troncos das podas de árvores nas cidades, dentre outros. As vantagens da compactação dos resíduos agrícolas e florestais são de cunho operacional, logístico, energético e ambiental.

Todo material de biomassa apresenta uma capacidade de geração de energia descrita pelo Poder Calorífico Inferior (PCI). O PCI indica a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa, descontadas as perdas com evaporação da água. Para a fabricação de briquetes ou péletes, a análise do pergaminho do café, geralmente é destinada à ração animal, adubo orgânico, combustível e carvão. O PCI deste resíduo é de 4.018 kcal/kg (PAULA *et al.*, 2011). Entretanto, as cascas são destinadas tanto para fins combustíveis quanto para a produção de adubo e carvão, apresentando um PCI de 4.403 kcal/kg. Para comparação, estudo com três clones de eucalipto com sete anos de idade, indicou um PCI médio de 4.450 kcal/kg (Gadelha *et al.*, 2012).

Para a produção dos briquetes e péletes são utilizados equipamentos denominados de briquetadeira ou a peletizadora, estes são os principais componentes de qualquer planta de compactação de biomassa. Segundo Nilson (2011), para que os péletes ou os briquetes tenham boa qualidade são necessárias outras operações unitárias que em conjunto, formam a planta de compactação de biomassa. As etapas pelas quais as matérias-primas podem passar desde a colheita dos insumos até o armazenamento dos briquetes ou péletes produzidos. Nem todas as etapas são necessárias para todas as matérias-primas e a necessidade de cada etapa deverá ser avaliada considerando a matéria-prima a ser compactada.

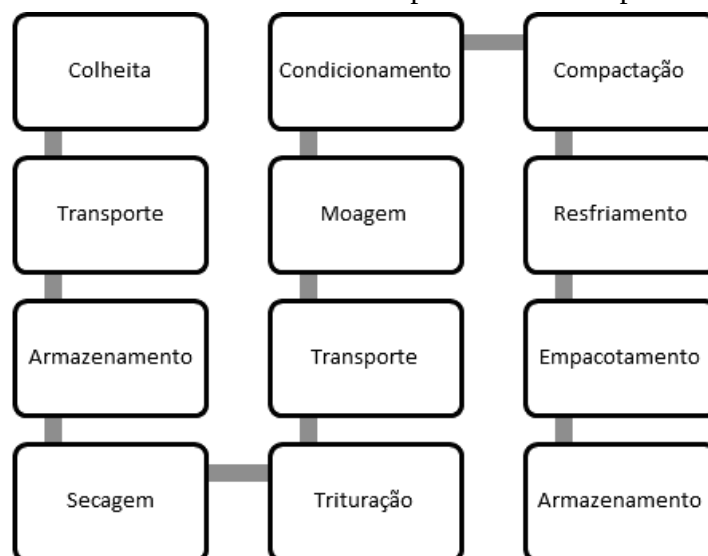


Figura 4: Etapas pelas quais passa a matéria-prima até sua transformação em briquetes ou péletes.

Fonte: Nilson *et al.*, 2011

A matéria-prima, ou seja, as cascas de café que vai ser compactada pode requerer um pré-tratamento antes de ser introduzida na prensa ou na extrusora. Dependendo das condições iniciais, pode ser necessário triturá-la para diminuir o tamanho das partículas ou secá-la para reduzir o teor de umidade.

Os equipamentos de compactação mais comuns têm sido adaptados de processos industriais existentes nas áreas de alimentação animal e de farmácia. No entanto, a grande diversidade da composição da biomassa e a complexidade do material demandam muitas adaptações que, às vezes, são feitas em escala piloto ou mesmo na planta de briquetagem ou de peletização. A seguir serão apresentados os principais tipos de equipamentos de compactação disponíveis no mercado para a compactação de biomassa (GROVER; MISHRA, 1996).

A prensa peletizadora consiste em um ou mais rolos que giram contra uma matriz dotada de vários furos de pequeno diâmetro. A matéria-prima é colocada entre o rolo e a matriz e a passagem do rolo provoca a extrusão do material através dos furos. Ao sair da matriz, os péletes são cortados com uma faca posicionada na saída dos furos e os péletes, resfriados e caem diretamente nas embalagens de comercialização (GAVIRIA, 2014).

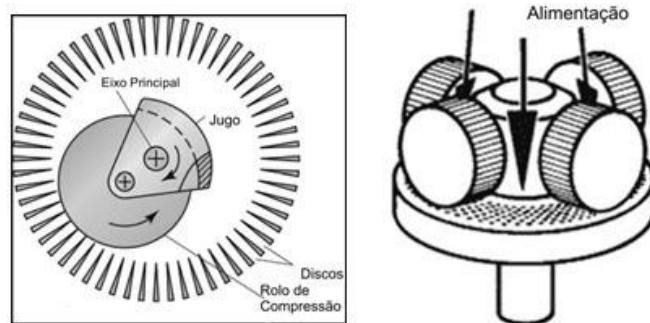


Figura 5. Modelo de peletizadora de matriz cilíndrica (esquerda) e matriz plana (direita)

Fonte: Gaviria, 2014.

Para a produção dos Briquetes, utiliza-se prensas briquetadeiras, há dois tipos de prensas para produção de briquetes:

- I. As que atuam por pressão e;
- II. As que atuam por extrusão.

Os briquetes obtidos em cada um dos tipos têm diferenças morfológicas e mecânicas, o que defini em parte a destinação de utilização do produto final.

Prensas de pistão mecânico: Na prensa de pistão mecânico, a matéria-prima é alimentada e compactada em uma matriz por meio de um pistão que se movimenta alternadamente. A matriz é geralmente constituída por um duto afunilado de seção circular, que serve para compactar e extrudar na forma de briquetes. A fricção da matéria-prima contra a parede da matriz provoca um aquecimento que varia de 150 a 300°C.

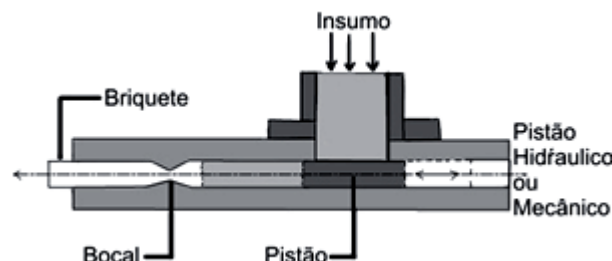


Figura 6. Corte transversal de uma prensa de pistão

Fonte: Piston, 2014.

O material extrusado prossegue o caminho por um duto de diâmetro levemente maior do que a seção da matriz, para manter a forma dos briquetes enquanto se resfriam. O resfriamento é necessário para permitir a condensação do vapor, pois caso contrário, a pressão do vapor pode provocar fissuras superficiais que fragilizam os briquetes.

Prensa extrusora de rosca: Neste tipo de equipamento, também chamado de prensa de rosca sem fim, o trabalho de adensamento é realizado por uma rosca que transporta e empurra a matéria-prima através de uma matriz, onde a matéria-prima sofre a extrusão formando o briquete (FILIPPETTO, 2008). A matriz pode apresentar várias formas, mas tipicamente é cilíndrica ou levemente cônica. A matriz molda o briquete de acordo com a própria forma, sendo as mais comuns as formas quadrada ou retangular para facilitar a estocagem dos briquetes. A forma poligonal (hexagonal) também impede que a biomassa gire junto com a rosca, evitando assim atritos não desejados. Por esta razão, quando a seção da matriz é circular, na sua parede interior são geralmente escavados pequenos canais paralelos ao eixo de extrusão, os quais guiam a biomassa em movimento retilíneo. Existem basicamente três tipos de prensas de rosca:

- Prensa com rosca cônica.
- Prensa com rosca cilíndrica e matriz aquecida.
- Prensa com rosca dupla.

As vantagens da extrusora de rosca são a alta qualidade do briquete (melhor armazenamento e ignitibilidade) e operação com baixos ruídos. A desvantagem é o alto cisalhamento da rosca e o alto consumo de energia elétrica.

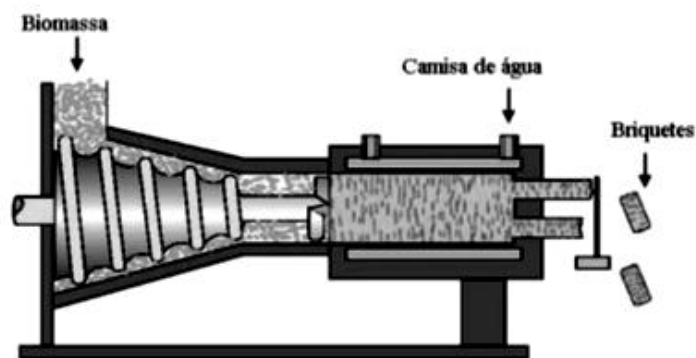


Figura 7. Detalhe da prensa de parafuso cônico

Fonte: Piston, 2014.

Muitas variáveis influenciam nas propriedades do produto compactado. Isso inclui as propriedades da matéria-prima, como por exemplo, o tamanho das partículas, o teor de umidade e a densidade aparente, assim como as variáveis do processo de compactação (pressão, temperatura, uso de agentes ligantes etc.) (FILIPPETTO, 2008).

O produto resultante da peletização ou briquetagem, tem inúmeros benefícios. São recursos abundantes, já que os resíduos formados pela casca do café são descartados em grandes quantidades, constituindo um imenso recurso energético que deve ser explorado e protegido.

3.2 Resíduos de Café na produção de compósito de madeira (madeira plástica)

A madeira plástica vem sendo apontada como uma grande tendência para substituir a madeira tradicional por apresentar inúmeras vantagens sobre esta, como: durabilidade superior, imunidade ao ataque de fungos, cupins, e outros insetos, resistência a umidade e rachadura, não apresenta trincas sob a ação do sol ou chuva, não exige nenhum tipo de manutenção e além de tudo contribui com o meio ambiente evitando o desmatamento e transformando o plástico em um produto útil à sociedade.

De acordo com Pinto (2007) a madeira plástica foi desenvolvida na Europa na década de 1970, mas só nos anos 90 esse produto chegou ao Brasil. De acordo com Oliveira (2005) a

madeira plástica é um produto moderno, resultado de alta tecnologia industrial aplicada para transformar resíduos plásticos em peças que imitam a madeira comum. Para o autor, a expressão madeira plástica se aplica aos produtos manufaturados com conteúdo de plástico superior a 50% em massa e que possuam genericamente seção transversal retangular, apresentando dimensões típicas dos produtos de madeira industrializada.

Por toda versatilidade apresentada por esse produto, a madeira plástica deve substituir em quase a sua totalidade a madeira de origem arborea, sendo desenvolvida em função dos seus vários campos de aplicação. Entre eles pode-se destacar: as áreas de construção civil, agropecuária, indústria de móveis, transportes rodoviário e ferroviário e setores de: transmissão de energia, de embalagens para transporte e armazenamento de carga, de embalagens pesadas para transporte de máquinas e produtos diversos destinados à exportação (Pires *et al.* 2007).

A produção de madeira plástica exige conhecimento nas áreas de misturas poliméricas e de processamento de polímeros, e que para sua fabricação industrial também exige-se a avaliação de toda a cadeia industrial da reciclagem, que engloba a coleta, identificação de plásticos, moagem, lavagem, processamento e comercialização.

Diversos tipos de plástico podem ser utilizados para obtenção da madeira plástica, como: PEBD (Polietileno de Baixa Densidade), PEAD (Polietileno de Alta Densidade), PET (Politereftalato de Etila), PVC (Policloreto de Vinila), PP (Polipropilento). (OLIVEIRA, 2005).



Figura 8. Identificação dos plásticos

Fonte: Oliveira, 2005.

Esta simbologia é empregada no Brasil e em outros países, com exceção da Alemanha, onde a numeração vai de um a oito, sendo que o número 7 corresponde à resina ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno).

Para a industrialização deste compósito, os processos de fabricação podem chegar a 60% do custo total de um compósito e por isso recebem uma atenção maior, na intenção de aperfeiçoar as etapas e causar menor impacto no preço final do produto. Os diferentes polímeros (plásticos) para serem reciclados, isto é, processados, devem ser amolecidos a altas temperaturas portanto, é a primeira etapa do processo de reciclagem e deve utilizar diferentes propriedades físicas dos polímeros, isto é, densidade, condutividade térmica, temperatura de amolecimento (OLIVEIRA, 2005).

O processo produtivo da madeira plástica é feito basicamente por extrusão contínua e os equipamentos necessários para este processo são uma máquina para a mistura do plástico com a biomassa (ou outra mistura que venha a ser utilizada) e uma prensa extrusora.

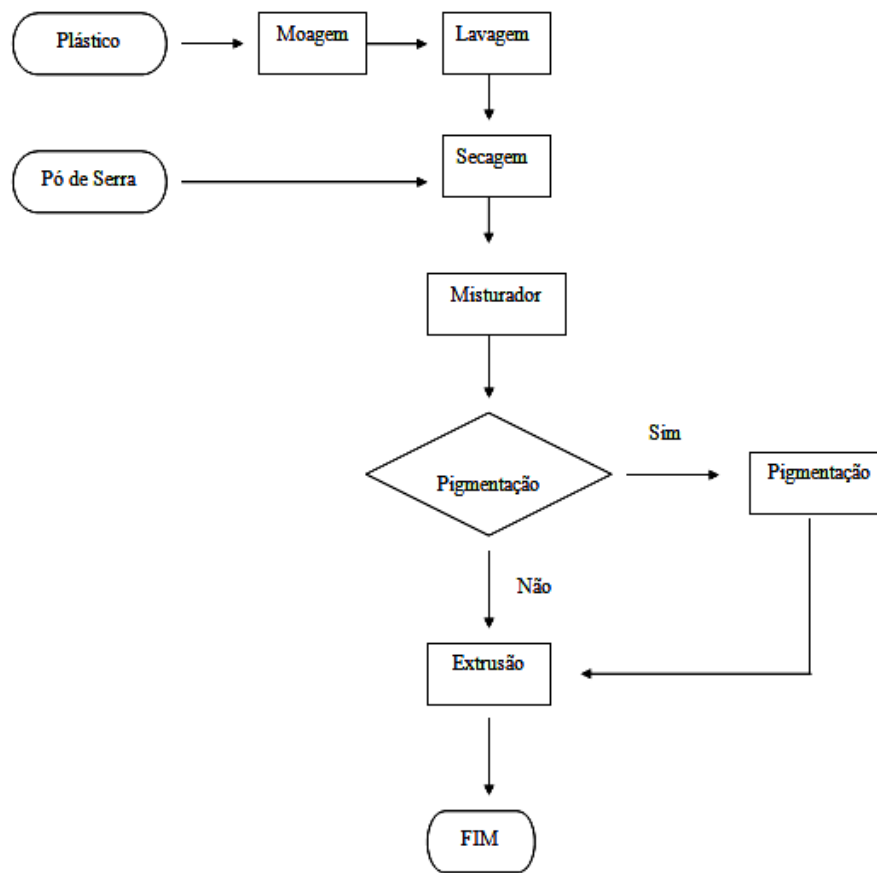


Figura 8. Fluxograma de Produção da Madeira Plástica.

Fonte: Oliveira, 2005.

Um fator limitante do processo de fabricação de madeira plástica consiste na baixa temperatura de degradação da biomassa, em torno de 200°C a 220°C. A exposição do resíduo a temperaturas acima dessa faixa libera compostos voláteis, provocando descoloração, aparecimento de odor e fragilização do compósito.

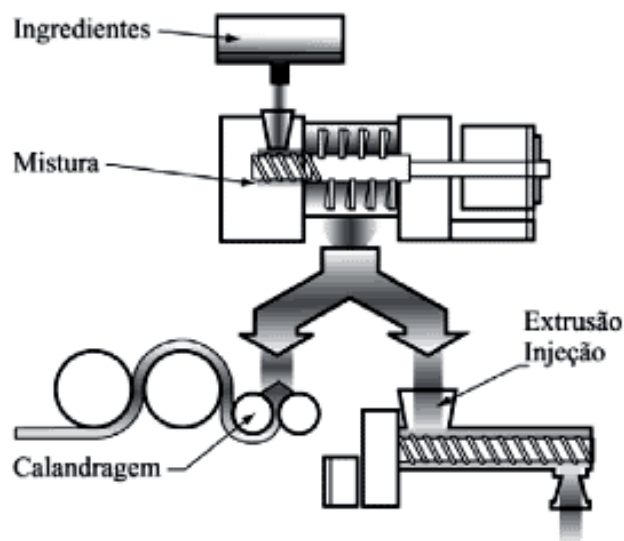


Figura 9. Detalhe do processo da produção da Madeira Plástica.

Fonte: Oliveira, 2005.

Ainda em relação à degradação da biomassa, além do perfil de temperaturas adequado na extrusora, há que se estabelecer um grau de cisalhamento e um tempo de residência compatíveis para que se obtenha boa mistura e homogeneização da madeira plástica e se evite a degradação excessiva da madeira no interior do equipamento quando sob temperatura, pressão e cisalhamento.



Figura 10. Aplicações da Madeira Plástica

Fonte: Do autor.

Outro fator que se constitui em uma dificuldade no processamento da madeira plástica é o elevado teor de absorção de umidade da fibra de madeira. A umidade e o tamanho granulométrico do pó da madeira também devem ser controlados de forma cuidadosa a fim de evitar descontinuidades de processo e peças com características inaceitáveis devido à presença de bolhas ou manchas superficiais.

Uma boa solução para utilizar no processo de fabricação da madeira plástica é a adoção da casca de café processado. A casca da semente de café é apropriada para fazer a placa de compósito de madeira. A moagem parcial da casca (contendo tanto a parte interna e externa da casca) para obter tamanhos diferentes é necessária para atingir boas propriedades de ligação. Uma vez que as propriedades de casca de café são semelhantes ao da placa de partículas de casca de arroz, associada a uma resina fenólica modificada, cardanol que deve ser usado para dar liga ao material (Pandey; Sujatha, 2010).

A produção de painéis com aplicação de resíduos de diferentes origens, pode contribuir para o atendimento da demanda de painéis, promover a adequada disposição final de resíduos e gerar materiais que preservem os recursos naturais. Quanto às propriedades e qualidade dos painéis, muitos são os fatores que contribuem para as características do produto final. Dentre elas, destacam-se as inerentes à madeira (espécies, densidade, pH, teor de umidade, extrativos, local de crescimento, idade e forma do tronco) e os inerentes ao processo (densidade dos painéis, razão de compactação, composição dos painéis, resina e parafina, dimensão e orientação das partículas, umidade das partículas, tempo de fechamento da prensa, temperatura de prensagem e pressão específica) (MALONEY, 1993).

A produção da madeira plástica é apontada como um grande fator de sustentabilidade por todas as implicações positivas que traz para o meio ambiente. A começar por ser um produto 100% reciclado e reciclável. A madeira plástica retira o lixo plástico do meio ambiente e o transforma em um produto útil à sociedade.

4 Conclusão

A utilização de compósitos de madeira e biomassa oriunda de produtos agrícolas, pode ter um longo caminho pela frente. A falta de informação da população acaba sendo um dos grandes gargalos para um crescimento ainda mais acelerado desse setor, mas o maior acesso da população e dos governos locais a informações sobre o material e os produtos que dele podem ser gerados ampliará com certeza o mercado, assim, na análise de custo-benefício verifica-se que o produto é pouco conhecido e muito menos ainda, utilizado.

As diferentes propriedades que estes materiais apresentam, são similares à madeira natural ou carvão/lenha com aplicações diversas, dentre outras, assim, se tornam uma solução interessante para produtos com relevante resistência e leveza, ambientação rústica e durabilidade.

Quanto à questão ambiental, é imperioso diminuir o uso de fontes fósseis na geração de energia ou a utilização de madeira in natura por causa das emissões de gases do efeito estufa. O Brasil reúne condições vantajosas para produzir, com sucesso, briquetes, péletes e compósitos de madeira plástica. Tal prática é uma excelente opção para vários setores produtivos agregarem valor aos resíduos que hoje são subaproveitados, dentre eles, os resíduos de café. Nesse sentido, o presente trabalho teve foco em reunir e organizar informações para compreender a produção e utilização de péletes, briquetes e compósito de madeira a partir de resíduos agroflorestais e agroindustriais, tanto para suprir o mercado interno quanto para exportação.

5 Bibliografia

- Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC). 2014. Disponível em: <http://www.abic.com.br/>
- ADANS, M. R., & DOUGAN, **Waste products - Coffee Technology**. Londres: Elsevier Applied Science, 1985.
- BHATTACHARYA, S. C. **Biomass energy and densification: a global review with emphasis on developing countries**. In: WORLD CONFERENCE ON PELLETS, 2002, Stockholm, Sweden. Anais... Stockholm: Swedish Bioenergy Association, 2002. p. 1-17.
- BRANDÃO, V.S.; MATOS, A.T.; MARTINEZ, M.A.; FONTES, M.P.P. **Tratamento de águas residuárias de suinocultura utilizando-se filtros orgânicos**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.4, n.3, p.327-333, 2000.
- COSTE. R. **The plant and the product**. MacMillan, London. 1992
- DEMAJORIVIC, J. **Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades**. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v.35, n.3, p 88-93, 1995.
- DIAS, José Manuel Cabral de Sousa [et al.]. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais** / – Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2012.
- FAHL, J. I. et al. **Instruções agrícolas para o estado de São Paulo** – Boletim N°200. 6ª edição. Instituto Agrônomo de Campinas. 1995. p. 58-62.
- GAVIRIA, J. C.; **Pelletizar madera, una forma económica y ecológica de producir combustible**. Disponível em: <<http://www.engormix.com/MA-balanceados/fabricacion/articulos/pelletizar-madera-formaeconomica-t1778/801-p0.htm>>. Acesso em: Abril. 2014.
- GROVER, P. D.; MISHRA, S. K. **Biomass briquetting: technology and practices**. Bangkok: FAO, 1996. 43 p. (Field document, n. 46). Regional Wood Energy Development Programme in Asia GCP/RAS/154/ NET.
- MALONEY, T.M. **Modern particleboard and dry process fiberboard manufacturing**. 2. ed. São Francisco: M.Freeman, 1993. 689p.
- MATOS, A.T.; PINTO, A.B.; BORGES, J.D. **Caracterização das águas residuárias da lavagem e despulpagem de frutos do cafeeiro e possibilidades de seu uso na fertirrigação**. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON BIOTECHNOLOGY IN THE COFFEE AGROINDUSTRY, 3, Londrina, 2000. Proceedings... Londrina: UFPR, IAPAR, IRD, p. 395-396. 2000.
- MATOS, A.T. **Tratamento e destinação final dos resíduos gerados no beneficiamento do fruto do cafeeiro. Produção Integrada de Café**. ZAMBOLIM, L. (ed.). Viçosa: UFV; DPF, p. 647-705. 2003.
- NILSON, D.; BERNESSON, S.; HANSSON, P.-A. **Pellet production from agricultural raw materials – a systems study**. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, v. 35, n. 1, p. 679-689, 2011.
- OLIVEIRA, S.M.M. **Meio Ambiente, Reciclagem e Tratamento de Resíduos**. Tecpar, 2005. Disponível em: <http://sbirtv1.ibict.br/upload/sbirt409.pdf?PHPSESSID=6aa56910df57f5c60f1bee9de0deaf0>. Acesso em: Abril de 2014.
- ORMOND, J. G. P. **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais**. 3. ed. Rio de Janeiro: BNDES, 2006. 54 p.
- PAULA, L. E. R. da. **Caracterização química de resíduos lignocelulósicos visando a produção de energia**. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 12., 2010, Lavras. Anais... Lavras: Instituto Brasileiro da Madeira e das Estruturas de Madeira, 2010.

PINTO, M. **Exclusivo: madeira plástica tem praticamente todas as aplicações da natural, e vantagens.** Ambiente Brasil, 2007. Disponível em: http://groups.msn.com/Armazen/noticias.msnw?action=get_message&mview=0&ID_Message=1382. Acesso em: Abril 2014.

PISTON Press **Densification/Briquetting.** Disponível em: <http://www.soi.wide.ad.jp/class/20070041/slides/03/12.html>. Acesso em: Abril. 2014.

PIRES, E. O. et al. **Pentagonal Ecowood: a empresa.** Disponível em: http://www.incubadorasorocaba.com.br/incubada_pentagonal.php. Incubadora Sorocaba, 2007. Acesso em: Abril 2014.

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais.** Brasília, Laboratório de Produtos Florestais - LPF/IBAMA, 2003. 14 p.

QUIRINO, W. F; BRITO, J. O. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal.** Brasília, Laboratório de Produtos Florestais – LPF/IBAMA, (série técnica nº 13), 1991. 18 p.

SAWIN, J. L.; BhATTACHARYA, S. C.; GALÀN, E. M.; McCRONE, A.; MOOMAW, W. R.; SONNTAG-O'BRIEN, V.; SVERRISSON, F.; ChAWLA, K.; MUSOLINO, E.; SKEEN, J.; MARTINOT, E. Renewables 2012 Global Status Report. Paris: REN21, 2012. Disponível em: http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2012_low%20res_FINAL.pdf. Acesso em: 5 Abr. 2012.

VASCO, J.Z. **Procesamiento de frutos de café por vía húmeda y generación de subproductos.** In: INTERNATIONAL SEMINAR ON BIOTECHNOLOGY IN THE COFFEE AGROINDUSTRY, 3, Londrina, 2000. Proceedings... Londrina, PR: UFPR, IAPAR, IRD, 2000. p.345-355.

VALE, A. T. do.; GENTIL, L. V.; GONÇALEZ, J. C.; COSTA, A. F. da. **Caracterização energética e rendimento da carbonização de resíduos de grãos de café (Coffea arábica, L) e de madeira (Cedrelinga catenaeformis), duke.** Cerne, Lavras, v. 13, n.4, p. 416-420, out./dez. 2007.

ZYLBERSZTAIN, D., FARINA, E.M.M., SANTOS, R. DA COSTA. **O Sistema Agroindustrial do café.** Porto Alegre, Ortiz, 1993, pág. 277.