

Originais recebidos em 27/10/2020. Aceito para publicação em 04/04/2022.
Avaliado pelo sistema *double blind peer review*. Publicado conforme normas da ABNT.
Open access free available online.
DOI: <https://doi.org/10.35700/2316-8382.2022v1n12.3074>

MANGA UBÁ: PROCESSAMENTO AGROINDUSTRIAL E RESÍDUOS

Luiz Paulo de Lima - <https://orcid.org/0000-0003-0795-1178>¹

Victor de Souza Tavares - <https://orcid.org/0000-0002-0413-5821>²

Aline Gonçalves Spletozer - <https://orcid.org/0000-0003-2949-0237>³

RESUMO

Este artigo objetiva identificar os principais resíduos gerados ao longo do processo produtivo de polpa da manga Ubá, avaliar seus respectivos potenciais poluidores e apresentar opções de aproveitamento para os mesmos. Para tal, foram realizadas visitas técnicas em agroindústrias, buscas na literatura por informações relacionadas, avaliações de aspectos legais associados aos impactos ambientais gerados por tais resíduos e, por fim, buscas de alternativas de aproveitamento dos mesmos. Os resultados obtidos confirmaram a suspeita de que são muitos os resíduos gerados, em termos de quantidade (cerca de 40% em relação à massa de matéria-prima no caso só dos resíduos orgânicos) e diversidade (resíduos das amostragens, frutos impróprios, caroços, cascas, resíduos fibrosos, águas residuárias, gases, materiais particulados, dentre outros), e que os estabelecimentos visitados são de médio potencial poluidor. Entretanto, existem diversas alternativas para o aproveitamento destes resíduos, gerando inclusive novas receitas para tais indústrias e principalmente mitigando seu impacto ambiental.

Palavras-chave: agroindústria; aproveitamento de resíduos; economia circular; *Mangifera indica*; resíduos agroindustriais.

¹ Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Professor do Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Canoinhas. E-mail: luiz.paulo@ifsc.edu.br

² Universidade Federal de Viçosa. E-mail: victor.tavares@ufv.br

³ Universidade Federal de Viçosa. E-mail: alinespletozer_afmt@hotmail.com

UBÁ MANGO: WASTES AND AGRO-INDUSTRIAL PROCESSING

ABSTRACT

The objective of this article is threefold: a) to identify the main wastes generated during the pulp production process of the Ubá mango, b) to evaluate their respective polluting potentials and, 3) to present options for better use of these wastes. To do so, we have carried out technical visits in agroindustries, literature searches for related information, assessments of legal aspects associated with environmental impacts generated by such residues and, finally, searches for alternative uses of them. The results confirmed the suspicion that there is a lot of waste generated in terms of quantity (about 40% in relation to the mass of raw material in the case of organic waste only) and diversity (sampling waste, unsuitable fruits, stones, peels, fibrous waste, wastewater, gases, particulate materials, among others), and that the establishments visited are of medium polluting potential. However, there are several alternatives for the use of these wastes which can generate new income for such industries and, mainly, mitigate their environmental impact.

Keywords: agroindustry; use of waste; circular economy; mangifera indica; agro-industrial waste.

INTRODUÇÃO

O Brasil apresentou um crescimento econômico acentuado nas últimas décadas, sendo que grande parte desse crescimento se deve às atividades agrícolas (ABBADÉ, 2014). Entretanto, apesar de todo otimismo gerado com o crescimento do agronegócio e sua importância econômica, existe uma preocupação com a quantidade e a diversidade de resíduos agrícolas e agroindustriais (PEREIRA *et al.*, 2009). A busca por alternativas para a utilização da matéria orgânica gerada tem crescido em vários centros de pesquisa. Produtores e indústrias enfrentam o problema de descarte da biomassa residual que, embora seja biodegradável, necessita de um tempo mínimo para ser mineralizada, constituindo-se numa fonte de poluentes ambientais (HUBER *et al.*, 2012).

Uma das culturas de grande relevância no cenário nacional é a manga, considerada uma das mais importantes frutas tropicais (IBARRA-GARZA *et al.*, 2015), sendo o Brasil um dos maiores produtores do mundo (VIEIRA *et al.*, 2009). A produção brasileira em 2018 por exemplo, foi de 1319,3 mil toneladas, em uma área plantada de 65,9 mil hectares (IBGE, 2020). Já o estado de Minas Gerais ocupa a quarta posição entre os principais produtores de manga no Brasil. Com uma produção de 83,2 mil toneladas, a manga gerou, em 2018, uma receita de quase R\$ 75,4 milhões, em Minas Gerais (IBGE, 2020).

A *Mangifera indica* L. var. Ubá (manga Ubá), alvo da discussão no presente artigo, é um dos principais tipos de cultivares produzidos no Brasil, principalmente no Estado de Minas Gerais (RAMOS *et al.*, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2008). Está presente substancialmente na região

da Zona da Mata mineira (SILVA *et al.*, 2009) e tem sido utilizada em larga escala pelas agroindústrias da região (RIBEIRO *et al.*, 2008). Possui um elevado teor de açúcar (SILVA *et al.*, 2009; OLIVEIRA, 2013), o que reduz sensivelmente os custos de processamento e, conseqüentemente, os custos de produção (BENEVIDES *et al.*, 2008). Porém, por não apresentar características sensoriais adequadas para o consumo *in natura*, vem sendo utilizada, principalmente, como matéria-prima para a produção de polpa, doces e sucos (RIBEIRO *et al.*, 2008). Segundo Silva *et al.* (2009), a manga Ubá também se destaca frente a outras variedades no que diz respeito aos teores de vitamina C e carotenoides, o que contribui para que estes frutos sejam preferidos para a industrialização.

De acordo com Pereira *et al.* (2009), a casca e a semente de frutas, em geral, possuem componentes orgânicos que, se incorporados à polpa ou ao suco, podem alterar o sabor e a aparência do produto final. Dessa forma, após o processamento agroindustrial, cerca de 50% do peso total da fruta costuma ser descartado, gerando grandes quantidades de resíduos, os quais possuem elevado potencial poluidor, representando, portanto, problemas ambientais e despesas para as agroindústrias, devido ao tratamento necessário para a sua disposição final no meio ambiente. Ademais, mesmo quando tratados, tais resíduos devem ser dispostos no meio ambiente em uma taxa que respeite a capacidade de assimilação do ambiente local.

Diante do exposto, este trabalho objetiva identificar os principais resíduos gerados ao longo do processo e beneficiamento de manga Ubá para a produção de polpa, determinar os possíveis impactos ambientais envolvidos com o descarte desses resíduos e apresentar opções para o aproveitamento dos resíduos orgânicos.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada neste artigo consistiu na coleta de informações junto às indústrias produtoras de polpa de manga Ubá, na literatura relacionada e na consulta às legislações ambientais relacionadas. Estas operações foram divididas em três etapas, elucidadas a seguir.

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL E IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS

Nesta fase, realizada em janeiro de 2015, houve visitas em unidades industriais que processavam, em Minas Gerais, a manga Ubá para obtenção de sua polpa com o intuito de conhecer as instalações, o processo e, principalmente, identificar as etapas geradoras de resíduos, bem como as características dos mesmos. Além disso, compararam-se as descobertas evidenciadas nas visitas com as informações disponíveis na literatura relacionada (RAMOS; SOUSA; BENEVIDES, 2004; BENEVIDES *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2009).

IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO DESCARTE DE RESÍDUOS

O passo seguinte consistiu em consultar documentos regulatórios nacionais e estaduais relacionados ao setor de processamento industrial de alimentos, para que, posteriormente, fosse possível discutir aspectos relacionados ao potencial poluidor do estabelecimento em questão, bem como dos diferentes resíduos gerados.

Algumas das normas relacionadas a tal segmento que foram consultadas são: NBR 1004:2004 (ABNT, 2004), Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), Resolução CONAMA nº 382 (BRASIL, 2007), Resolução CONAMA nº 430 (BRASIL, 2011), Deliberação Normativa COPAM nº 74 (MINAS GERAIS, 2017), Deliberação Normativa COPAM nº 187 (MINAS GERAIS, 2013).

ALTERNATIVAS DE APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS

Por fim, através de pesquisas na base de dados do Google Acadêmico⁴, utilizando combinações das palavras-chave “*Mangifera indica* L.”, “aproveitamento de resíduo” (“waste utilization”), “resíduo agroindustrial” (“agro-industrial residue”) e “subproduto industrial” (“industrial by-product”) nos idiomas português e inglês, buscou-se artigos científicos, teses, livros e anais de eventos científicos que abordassem alternativas relevantes para disposição e aproveitamentos dos resíduos orgânicos gerados no processamento da manga Ubá para obtenção da polpa. Considerações práticas, identificadas durante as visitas técnicas, também foram explicitadas de forma a complementar as diferentes proposições existentes na literatura relacionada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSAMENTO

As etapas do beneficiamento da manga Ubá para produção de polpa envasada assepticamente estão ilustradas na Figura 1. Quando o caminhão que transporta as frutas chega à indústria, são retiradas amostras para a análise de determinados parâmetros de qualidade, como pH, teor de sólidos solúveis (expressos em °Brix), acidez, entre outros. Após a comprovação de que estão aptas para o processamento, as frutas são descarregadas, lavadas com água quente clorada para sanitização das cascas, e selecionadas manualmente – frutas impróprias para o processamento (verdes, amassadas, em estado fitossanitário precário ou que

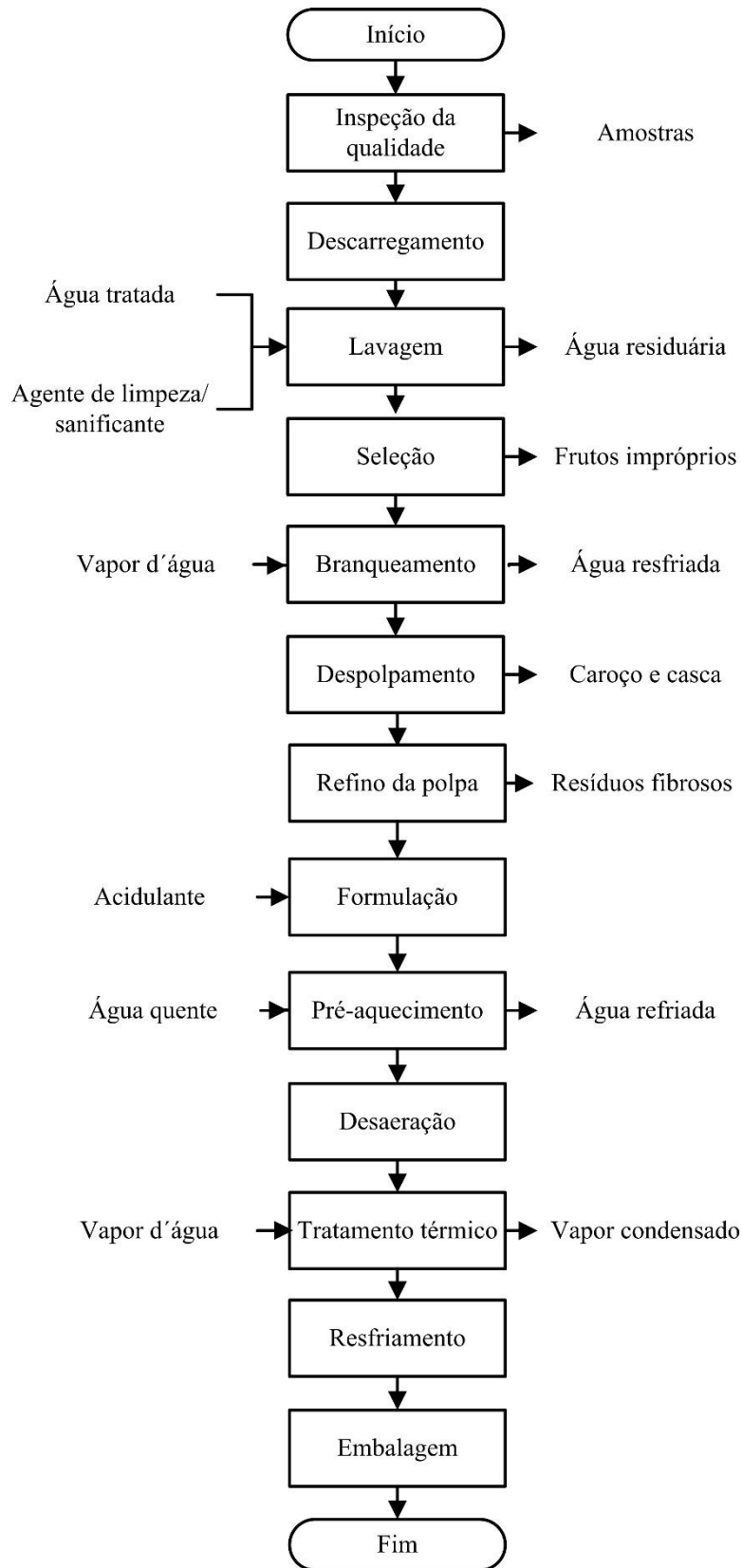
⁴ <https://scholar.google.com.br/>

tenham qualquer outro tipo de defeito que torne a fruta inadequada) são removidas (PEREIRA *et al.*, 2009).

A próxima etapa é o branqueamento, processo no qual as mangas são imersas num tanque cozedor. O objetivo desta etapa é facilitar o despulpamento das mangas, reduzir a carga microbiológica existente e inativar enzimas. Em seguida os frutos são submetidos ao processo de despulpamento. Nesta etapa, por meio de peneiras com telas perfuradas, é possível realizar a separação da polpa bruta (ainda com fibras) do caroço e da casca. Na sequência, a polpa bruta passa por um processo de refino, no qual as fibras são retidas em telas perfuradas com diâmetros menores que a despulpadeira. Dessa forma, obtém-se uma polpa refinada (RAMOS; SOUSA; BENEVIDES, 2004). Após o término do processo de refino, a polpa passa pela etapa de formulação. Neste momento ocorrem as medições do pH e da acidez total, e, caso os valores obtidos estejam em desacordo com a faixa legalmente estipulada (BRASIL, 2018a, 2018b), efetua-se a adição do acidulante ácido cítrico para se fazer a devida correção.

Finalizada a formulação, a polpa será pré-aquecida e posteriormente desaerada. O pré-aquecimento acontece logo antes da entrada do desaerador, objetivando a remoção do ar e do oxigênio absorvidos durante o despulpamento, a fim de promover um bloqueio nas reações químicas e enzimáticas que possam, eventualmente, alterar aspectos sensoriais do produto. Em seguida a polpa é tratada termicamente a 110 °C por 30 segundos. O objetivo desta etapa é reduzir a níveis aceitáveis a carga de microrganismos deteriorantes, principalmente fungos filamentosos e leveduras. Em seguida, a polpa passa pelo resfriamento a 30 a 35 °C para ser envasada. A operação de envase (embalagem), em geral, é realizada assepticamente. Neste caso, a polpa é envasada em embalagens assépticas, em equipamento capaz de impedir o contato com o ar atmosférico ou qualquer fonte de contaminação – ambiente asséptico (RAMOS; SOUSA; BENEVIDES, 2004).

Figura 1 – Fluxograma do processo de produção de polpa de manga



Fonte: Dados desta pesquisa (2022).

IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

De acordo com o fluxograma apresentado na Figura 1, os resíduos orgânicos gerados ao longo do beneficiamento da manga Ubá são: resíduos das amostragens, águas residuárias, frutos impróprios, caroços, cascas e resíduos fibrosos. É preciso ressaltar que o processo de produção de polpa a partir da manga Ubá também gera uma série de outros resíduos sólidos, como embalagens plásticas, embalagens metalizadas, resíduos de papel e papelão, lixo dos banheiros e cinzas de caldeiras; e faz uso de calor em diversas etapas (branqueamento, pré-aquecimento e tratamento térmico) e, conseqüentemente, emite gases e materiais particulados, em função do consumo de combustíveis (i.e., lenha, briquete, cavacos de madeira e/ou óleo bpf) para alimentação dos queimadores das caldeiras.

O teor de polpa existente na manga Ubá varia de 56% a 61%; já os resíduos de casca e semente representam, respectivamente, cerca de 23% e 18% da massa total de frutos sadios; o que por si só representam aproximadamente 40% de resíduos em relação à massa total da matéria-prima que entra na linha de produção (HUBER *et al.*, 2012; OLIVEIRA, 2013; SILVA *et al.*, 2009). Na Tabela 1 há maiores detalhes sobre essa proporção de componentes no fruto da manga Ubá.

Tabela 1 – Distribuição da massa do fruto de manga Ubá, em média, obtida em diferentes trabalhos

| Estatística | Silva <i>et al.</i> (2009) | Huber <i>et al.</i> (2012) | Oliveira (2013) |
|-------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|
| Massa (g) | 135,6 | 119,2 | * |
| Casca (%) | 23,3 | 23,2 | 23,6 |
| Polpa (%) | 61,2 | 56,6 | 58,4 |
| Semente (%) | 15,6 | 20,2 | 17,9 |

* não informado.

Fonte: Dados desta pesquisa (2022).

Há de se considerar ainda que frutos impróprios são descartados por inteiro, além é claro, de perdas no processo que ocorrem naturalmente em linhas de produção industriais. Portanto, levando em conta tais dados, aliados às informações oriundas de indústrias locais que processam o referido fruto, nota-se que a geração de resíduos varia de 45% a 50% da massa de matéria-prima que entra na linha de produção.

Nos tópicos abaixo temos algumas importantes observações sobre os resíduos de amostragens, as águas residuárias e os resíduos fibrosos:

- Resíduos de amostragens: são gerados durante a etapa de análise amostral, a fim de se determinar a qualidade do lote recebido. Neste caso, o volume de resíduos gerados pode ser considerado pouco representativo em relação ao volume de matéria-prima recebido. Em geral, após a inspeção visual da carga, as mangas coletadas para as análises laboratoriais de cada carregamento (cerca de 20 toneladas) representam menos de uma caixa (aproximadamente 2 kg).
- Águas residuárias: são geradas durante a etapa de lavagem dos frutos. Além disso, existem as águas de lavagem das linhas de produção, com resíduos de enchimento e esvaziamento de linha. Não foram encontrados na literatura estudos que relacionem o volume de água a ser utilizado no processamento da manga para realizar a lavagem e sanitização das mesmas, nem mesmo sobre o volume de água gasto com a higienização das linhas.
- Resíduos fibrosos: são gerados durante a etapa de refino, quando a polpa bruta passa por telas perfuradas a fim de se obter a polpa refinada. Não há disponível na literatura estudos que relacionem o teor de massa fibrosa retida em relação à polpa bruta.

Também há uma carência de trabalhos sobre o aproveitamento de frutos impróprios, os quais tendem a existir em grandes quantidades. É certo que a proporção destes em cada carregamento será variável em função da pré-seleção realizada pelo fornecedor. Contudo, *a priori*, quanto menor a quantidade de frutos impróprios na indústria, maior a quantidade destes no campo. Segundo profissionais relacionados ao processamento de polpa de fruta da região, utiliza-se como alternativa de aproveitamento dos resíduos da manga (cascas, caroço e frutos impróprios) a realização da secagem ao sol e posterior inserção na caldeira como combustível para a geração de vapor.

POTENCIAIS IMPACTOS AMBIENTAIS

Um impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada pelas atividades humanas (BRASIL, 1986). Dessa forma, os impactos ambientais provenientes de indústrias de processamento de manga Ubá estão relacionados ao lançamento dos efluentes líquidos, à geração de resíduos sólidos e às emissões atmosféricas.

No licenciamento ambiental, as normas estabelecidas pelo Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais – COPAM – mencionam que a indústria deverá ser classificada de acordo com o porte e o potencial poluidor do empreendimento, ambos nas classes pequeno (P), médio (M) ou grande (G). Como tal, indústrias que beneficiam manga Ubá para a produção de polpa se enquadram no código D-02-05-4 (Atividades Industriais/Indústria Alimentícia, mais especificamente Indústria de bebidas para a fabricação de sucos). Segundo a Deliberação Normativa nº 217 do COPAM, de 06 de dezembro de 2017, o potencial poluidor sobre o ar, a água, o solo e geral desse tipo de indústria é M (médio) e o porte varia de acordo

com a capacidade instalada: 5.000 a 10.000 L de produto/dia é pequeno, 10.000 a 200.000 L de produto/dia é médio e > 200.000 L de produto/dia é grande. Considerando o potencial poluidor médio e o porte das três capacidades de produção, esse tipo de empreendimento pode se enquadrar nas seguintes classes: Classe 2 (Pequeno porte e médio potencial poluidor), Classe 3 (Médio porte e médio potencial poluidor) e Classe 4 (Grande porte e médio potencial poluidor) (MINAS GERAIS, 2017).

A produção de polpa de manga Ubá gera efluentes das águas residuárias da lavagem, branqueamento e pré-aquecimento, aumentando a carga orgânica do corpo receptor e, assim, gerando um impacto ambiental hídrico. Aqui cabe salientar que a Resolução nº 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA –, de 13 de maio de 2011, em seu Art. 16, estabelece que efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam às condições de pH (5 a 9), temperatura (< 40 °C), materiais sedimentáveis (1 mL/L), regime de lançamento (1,5 vez a vazão média), óleos e graxas (20 a 50 mg/L), ausência de materiais flutuantes e Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (removida em 60%) – e os padrões (parâmetros inorgânicos e orgânicos) especificados neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis (BRASIL, 2011).

Os frutos impróprios, caroços, cascas e resíduos fibrosos gerados na seleção, no despulpamento e no refino da polpa são os principais resíduos orgânicos gerados no processo de produção da polpa de manga Ubá. Estes resíduos podem gerar um impacto positivo no solo, pois resíduos agroindustriais aumentam a matéria orgânica e os nutrientes do solo e seus elementos tóxicos são insignificantes (SEÇER; ELMACI; CEYLAN, 2016). De acordo com a NBR 1004:2004, que estabelece a classificação dos resíduos sólidos, esses podem ser classificados como Resíduos classe II-A (Não perigosos e Não inertes) por apresentarem propriedades como a biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (ABNT, 2004). A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, também define a classificação dos resíduos quanto à origem (BRASIL, 2010). Neste caso, os resíduos orgânicos gerados no processo de produção da polpa de manga Ubá são classificados como resíduos industriais não perigosos.

Embalagens plásticas, embalagens metalizadas, resíduos de papel e papelão, lixo dos banheiros e cinzas de caldeiras também são resíduos gerados no processamento de polpa de manga Ubá. Todos são classificados como Resíduos classe II-A (Não perigosos e Não inertes), exceto o lixo dos banheiros. Estes são classificados como Resíduos classe I (Perigosos), pois podem conter microrganismos patogênicos (ABNT, 2004). A disposição inadequada desses resíduos está associada a impactos ambientais negativos como a contaminação do solo e dos corpos d'água e poluição visual (MUCELIN; BELLINI, 2008).

Em uma indústria de polpa de manga Ubá também há a emissão de gases e materiais particulados, em função do consumo de combustíveis, como lenha, briquete, cavacos de

madeira e óleo combustível derivado de petróleo (bpf) para alimentação dos queimadores das caldeiras, contribuindo, assim, para o aumento dos poluentes no ar. De acordo com a Deliberação Normativa nº 187 do COPAM, de 19 de setembro de 2013, que estabelece as condições e limites máximos de emissão (LME) de poluentes atmosféricos para fontes fixas no estado de Minas Gerais, os valores permitidos para emissões de fontes fixas pontuais, neste tipo de indústria, quando usado óleo combustível são: 100 mg/Nm³ de material particulado, 1000 a 1600 mg/Nm³ de óxidos de nitrogênio, 1800 a 2700 mg/Nm³ de óxidos de enxofre e entre 20 e 100 mg/Nm³ de compostos orgânicos voláteis. Já para derivados de madeira os valores permitidos são: 130 a 200 mg/Nm³ de material particulado, 650 mg/Nm³ de óxidos de nitrogênio e entre 1300 e 7800 mg/Nm³ de compostos orgânicos voláteis (MINAS GERAIS, 2013).

A nível nacional, a Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006, também estabelece limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos. Neste caso, os limites máximos de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão de óleo combustível, por exemplo, são: 100 a 300 mg/Nm³ de material particulado, 1000 a 1600 mg/Nm³ de óxidos de nitrogênio, 1800 a 2700 mg/Nm³ de óxidos de enxofre e 80 mg/Nm³ de monóxido de carbono. Já para derivados de madeira os limites variam de 130 a 730 mg/Nm³ de material particulado, 650 mg/Nm³ de óxidos de nitrogênio e 1300 a 6500 mg/Nm³ de monóxido de carbono (BRASIL, 2007).

FORMAS DE APROVEITAMENTO

Os frutos impróprios para o beneficiamento da manga Ubá têm sido alvo de pesquisas visando o seu aproveitamento na alimentação animal (VIEIRA *et al.*, 2008). Neste sentido, Vieira *et al.* (2008) analisaram os efeitos da inclusão de farelo do resíduo agroindustrial de manga Ubá (cascas, caroços e frutas descartadas) na ração de frangos de corte e analisaram o desempenho dos mesmos do 1º ao 42º dia de vida. Os autores testaram a inclusão de níveis de 0,0 a 10,0% do farelo e identificaram que a sua inclusão não influenciou o consumo de ração em nenhum dos níveis testados. Porém, somente rações com níveis de até 5,0% de farelo do resíduo de manga não afetaram o ganho de peso e a conversão alimentar em nenhuma das fases de desenvolvimento das aves. Analisando a composição química dos farelos⁵ da casca e do caroço da manga Ubá, Huber *et al.* (2012) identificaram as fibras como o componente mais representativo, principalmente do caroço. Os autores associaram este resultado ao fato de que cascas e envoltórios da semente (tegumento) são tecidos de revestimento, os quais contêm

⁵ Os farelos foram obtidos após processo de secagem em estufa por 72 h a 65 °C e, posteriormente, trituração em moinho.

elevado teor de celulose, hemicelulose e lignina (VIEIRA *et al.*, 2008). Ambos os farelos apresentaram baixos teores de lipídios, proteínas, cinzas e minerais.

Os resíduos da casca da manga Ubá, assim como os frutos impróprios para o beneficiamento, são adequados para a alimentação animal (RIBEIRO *et al.*, 2008; VIEIRA *et al.*, 2009). Contudo, pesquisas também têm apontado a viabilidade técnica de extração de compostos de maior valor agregado, como a pectina (OLIVEIRA, 2013) e compostos fenólicos (NEGRO; TOMMASI; MICELI, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2008; HUBER *et al.*, 2012). Oliveira (2013) identificou que a casca da manga Ubá é fonte de pectina de alto grau de esterificação, com grande potencial de utilização como espessante em alimentos como geleias e doces de frutas. Segundo Ribeiro *et al.* (2008), as cascas e as sementes da manga Ubá são ricas em compostos fenólicos (flavonoides e xantonas). Dessa forma, os autores destacam a possibilidade de utilização desses resíduos para a extração industrial desses componentes, ou mesmo para a formulação de alimentos para animais. Ademais, Negro, Tommasi e Miceli (2003) consideram que a elevada quantidade de compostos fenólicos na composição da casca da manga Ubá pode gerar efeitos ambientais indesejáveis, caso seja descartada sem qualquer controle. Os autores salientam que os compostos fenólicos presentes na casca podem inibir a germinação de certos vegetais.

Em relação ao teor de compostos fenólicos, Huber *et al.* (2012) identificaram uma concentração 28% mais elevada no caroço do que na casca. O teor de compostos fenólicos do extrato do caroço de manga também foi superior aos descritos para outras sementes, tais como tamarindo (94,5 mg EAG/g)⁶ e abacate (88,2 mg EAG/g) (HUBER *et al.*, 2012). Ribeiro *et al.* (2008) identificaram teor de compostos fenólicos na casca e no caroço, respectivamente, 4,6 e 7,3 vezes superiores aos da polpa, relatado por Ribeiro *et al.* (2007).

Vieira *et al.* (2009) destacam as concentrações de proteínas, fibras, lipídios e ácidos graxos insaturados da casca da manga Ubá. Para os autores, estes resíduos são potenciais ingredientes para a alimentação animal e humana. Ademais, Huang, Ho e Lee (1992) identificaram a existência de baixos níveis de componentes tóxicos no extrato bruto da casca de manga e, conseqüentemente, baixa probabilidade de efeitos adversos ao organismo humano, decorrentes do consumo do mesmo.

A semente de manga é composta da casca (tegumento), camada externa da semente e da amêndoa, que é a parte principal do fruto. O tegumento representa cerca de 73% da massa da semente da manga Ubá, enquanto a amêndoa representa os outros 27% (HUBER *et al.*, 2012). A semente da manga Ubá pode ser utilizada para a alimentação animal (VIEIRA *et al.*, 2008) e humana (VIEIRA *et al.*, 2009), como, por exemplo, na elaboração de farinha (FLORÊNCIO *et al.*, 2012), além do fabrico de compostos de maior valor agregado, como nanocristais de celulose (HENRIQUE *et al.*, 2013). Ademais, a amêndoa da semente também

⁶ Fenólicos totais expressos como equivalentes de ácido gálico (EAG).

pode ser separada para a produção de óleo (VIEIRA *et al.*, 2009). De acordo com Vieira *et al.* (2009), a semente da manga Ubá também apresenta concentrações de macronutrientes suficientemente adequadas para a sua utilização como ingrediente na alimentação animal e humana. Florêncio *et al.* (2012) constataram que a farinha obtida a partir do caroço da manga apresentou-se como um ingrediente atóxico e rico em fibras. Os autores também evidenciaram o seu potencial para a substituição parcial da farinha de trigo.

É preciso ressaltar que o uso de resíduos de sementes na alimentação animal e humana deve ser bem avaliado. Coprodutos que apresentam alta porcentagem de sementes em sua constituição podem conter elevados teores de taninos (PEREIRA *et al.*, 2009). Logo, para algumas aplicações pode ser necessário o uso de pré-tratamentos com o objetivo de reduzir os efeitos de fatores antinutricionais. Aplicações mais específicas também têm sido propostas. Entre elas, está a produção de nanocristais de celulose, que podem ser utilizados em aplicações como: filmes de barreira, filmes antimicrobianos, entre outras (HENRIQUE *et al.*, 2013).

O óleo de amêndoa da semente de manga possui importância pela sua capacidade de agregar valor a um resíduo gerado – a semente. Além disso, a extração do óleo pode facilitar o aproveitamento do restante dos resíduos do caroço, ou contribuir para diminuir o volume de resíduo a ser tratado e disposto. De acordo com Pereira *et al.* (2009), é praticamente inviável o uso da semente da manga na alimentação de ruminantes na forma *in natura*, devido à resistência do tegumento da semente. O aproveitamento só é possível após tratamento físico, com rompimento da barreira existente no tegumento, tornando a porção de maior valor nutritivo acessível às enzimas e microrganismos do trato gastrointestinal.

Vieira *et al.* (2009) identificaram que o óleo extraído da amêndoa apresenta considerável teor de ácidos graxos insaturados (oleico e linoleico) e saturados (palmítico e esteárico), com relação insaturados/saturados de 1,11. Para Abdalla *et al.* (2007), a alta concentração de fosfolipídios entre os ácidos graxos insaturados confere maior estabilidade à oxidação, podendo ser usado em misturas com outros óleos vegetais a fim de aumentar a vida de prateleira da mistura. Além do óleo, a própria amêndoa da semente de manga também pode ser incluída na dieta de animais monogástricos, incluindo seres humanos, sem causar efeitos adversos (OKAI; ABOAGYE, 1990).

O aproveitamento dos resíduos gerados ao longo do processo de produção de polpa a partir da manga Ubá, seja na forma de coprodutos de valor agregado ou não, contribui para a consolidação de um sistema produtivo circular. Neste, os resíduos gerados a partir da atividade econômica principal (produção da polpa de manga Ubá) são integralmente aproveitados como matérias-primas em outras atividades, dando início a um novo ciclo produtivo.

Este tipo de sistema produtivo é mais sustentável ao diminuir a pressão sobre o meio ambiente na forma de exploração de recursos naturais, bem como na assimilação dos resíduos gerados pelas atividades produtivas (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018). Contudo, a estruturação de uma cadeia para o aproveitamento integral destes resíduos é uma

atividade bastante complexa, principalmente devido à sazonalidade com que são produzidos (NEVES, 2010). Dessa forma, inicialmente, a consolidação do seu aproveitamento em atividades que demandam menor investimento, como o aproveitamento na alimentação animal, ou como combustível em caldeiras, poderia contribuir para o posterior aproveitamento destes resíduos na obtenção de compostos de maior valor agregado.

Além disso, o aproveitamento dos resíduos em outras atividades também tem um efeito econômico, proveniente da diminuição do volume de resíduos a ser tratado e disposto pela agroindústria. Portanto, além de contribuir para a diminuição do impacto ambiental da atividade, o aproveitamento desses resíduos representa um impacto econômico positivo para a agroindústria, seja como receitas provenientes da venda de coprodutos, ou mesmo como redução de custos com o seu tratamento.

Em suma, entre os aspectos positivos que podem ser associados ao aproveitamento dos resíduos do processamento da manga Ubá, destacam-se a:

- Amenização de problemas de poluição ambiental, em função da diminuição da exploração dos recursos naturais, bem como do volume de resíduo a ser tratado e disposto;
- Redução de custos operacionais, devido à diminuição do volume final de resíduos a serem tratados e dispostos pela agroindústria;
- Geração de receitas extras para as agroindústrias a partir da venda de coprodutos. A organização de uma cadeia capaz de absorver este resíduo, mesmo que em partes, também poderia contribuir para uma maior valorização do mesmo.

Sobre as barreiras que precisam ser superadas a fim de se obter um maior aproveitamento destes coprodutos, cabe destacar que:

- Os resíduos são gerados somente em determinadas épocas do ano, uma vez que a industrialização está atrelada à safra. Segundo informações de uma fábrica de suco da cidade de Ubá, em Minas Gerais, entre o período de 15 de novembro de 2005 a 15 de janeiro de 2006 (2 meses) foram geradas aproximadamente 600 toneladas de coprodutos (PEREIRA *et al.*, 2009);
- Os resíduos apresentam alta porcentagem de água e são perecíveis, portanto, devem ser utilizados ou conservados rapidamente para não perderem o seu valor nutritivo. Além disso, o uso de resíduos úmidos (80% a 85% de umidade) pode ser inviável devido ao alto custo de transporte. Para Grasser *et al.* (1995), a maior parte dos resíduos deve ser utilizada num raio de até 160 km da indústria de processamento;
- A presença de fatores antinutricionais pode ser um empecilho à inclusão destes resíduos na alimentação animal e, portanto, deve ser avaliada com cautela;

- Por fim, cabe ressaltar que os impactos ambientais gerados ao longo do processamento da manga Ubá podem ser minimizados ou até mesmo eliminados. Todavia, para isso são necessárias medidas mitigadoras. Entre elas tem-se a implantação de uma estação de tratamento para seus efluentes líquidos, a reciclagem de resíduos sólidos e a menor emissão de resíduos atmosféricos com usos de filtros.

CONCLUSÃO

São muitos, em quantidade e diversidade, os resíduos gerados ao longo do processo e beneficiamento de manga Ubá para a produção de polpa. Os impactos ambientais de indústrias de processamento estão relacionados ao lançamento dos efluentes líquidos, à geração de resíduos sólidos e emissões atmosféricas. Todavia, existem muitas opções para o aproveitamento dos resíduos gerados a partir da produção de polpa da manga Ubá. A estruturação de uma cadeia de aproveitamento destes resíduos para alimentação animal e para uso como combustível em caldeiras poderia facilitar a sua reciclagem. Além disso, a existência de uma cadeia de aproveitamento destes resíduos poderia suportar a utilização destes para obtenção de compostos de maior valor agregado.

A utilização de resíduos do beneficiamento da manga Ubá, como os resíduos advindos do processamento de frutas de uma maneira geral, apresenta inúmeras vantagens, que os condicionam como alternativas promissoras para a diminuição do volume de resíduo a ser tratado e a geração de valor. Todavia, faz-se necessária uma caracterização completa do resíduo e de suas partes, além do mapeamento de suas fontes geradoras, mensuração dos volumes gerados e de sua sazonalidade. E, como sugestão de estudos futuros, recomenda-se uma análise térmica do uso do caroço da manga Ubá como fonte de alimentação de caldeiras.

REFERÊNCIAS

ABBADE, Eduardo Botti. O papel do agronegócio brasileiro no seu desenvolvimento econômico. **GEPROS**, n. 3, p. 149-158, 2014.

ABDALLA, Ahmed E. M. *et al.* Egyptian mango by-product 2: antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. **Food Chemistry**, v. 103, n. 4, p. 1141-1152, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 1004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BENEVIDES, Selene Daiha *et al.* Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 571-578, 2008.

BRASIL. Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. Estabelece os parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas e a listagem das frutas e demais quesitos complementares aos padrões de identidade e qualidade já fixados pelo Ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento através da Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018 para suco de fruta e polpa de fruta. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 155, n. 194, p. 23, 8 out. 2018a.

BRASIL. Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018. Estabelece em todo o território nacional a complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade de Suco e Polpa de Fruta. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 155, n. 187, p. 4, 27 set. 2018b.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 147. p. 3, 03 ago. 2010.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 2548-2549, 17 fev. 1986.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 1 p. 131-137, 2 jan. 2007.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 92, p. 89, 16 mai. 2011.

FLORÊNCIO, Isanna Menezes *et al.* Farinha do caroço da manga como ingrediente na elaboração de produtos de panificação. *In*: Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia, 1., 2012, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Editora Realize, 2012.

GRASSER, L. A. *et al.* Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 4, p. 962-971, 1995.

HENRIQUE, Mariana Alves *et al.* Valorization of an agro-industrial waste, mango seed, by the extraction and characterization of its cellulose nanocrystals. **Journal of Environmental Management**, v. 121, p. 202-209, 2013.

HUANG, Mou-Tuan; HO, Chi-Tang; LEE, Chang Lee. **Phenolic compounds in food and their effects on health**. Washington: American Chemical Society, 1992.

HUBER, Karina *et al.* Caracterização química do resíduo agroindustrial da manga Ubá (*Mangifera indica* L.): uma perspectiva para a obtenção de antioxidantes naturais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 6, n. 1, p. 640-654, 2012.

IBARRA-GARZA, Ingrid P. *et al.* Effects of postharvest ripening on the nutraceutical and physicochemical properties of mango (*Mangifera indica* L. cv Keitt). **Postharvest Biology and Technology**, v. 103, p. 45-54, 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PAM - Produção Agrícola Municipal**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>. Acesso em: 03 jul. 2020.

KORHONEN, Jouni; HONKASALO, Antero; SEPPÄLÄ, Jyri. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecological Economics**, v. 143, p. 37-46, 2018.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 187, de 19 de setembro de 2013. Estabelece condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas e dá outras providências. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**: caderno 1, Diário do Executivo, Belo Horizonte, ano 121, n. 176, p. 22-31, 20 set. 2013.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 217, de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**: caderno 1, Diário do Executivo, Belo Horizonte, ano 125, n. 227, p. 14-23, 08 dez. 2017.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

NEGRO, C.; TOMMASI, L.; MICELI, A. Phenolic compounds and antioxidant activity from red grape marie extract. **Bioresource Technology**, v. 87, n. 1, p. 41-44, 2003.

NEVES, Érica Granato Faria. **Caracterização da produção e qualidade da manga Ubá e goiaba e validação de um sistema de rastreabilidade para a fruticultura da Zona da Mata mineira**. 2010. 210 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

OKAI, Daniel B.; ABOAGYE, John. The effects of mango seed kernel meal (MSKM) on the performance of growing rats. **Biological Wastes**, v. 34, n. 2, p. 171-175, 1990.

OLIVEIRA, Anderson do Nascimento. **Pectinas de casca de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Ubá**: Otimização da extração, caracterização físico-química e avaliação das propriedades espessantes e gelificantes. 2013. 151 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

PEREIRA, Luiz Gustavo Ribeiro *et al.* **Aproveitamento dos coprodutos da agroindústria processadora de suco e polpa de frutas na alimentação de ruminantes**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009.

RAMOS, Afonso Mota *et al.* **Manga Ubá**: boas práticas agrícolas para produção destinada à agroindústria. Viçosa: UFV, 2005.

RAMOS, Afonso Mota; SOUSA, Paulo Henrique Machado de; BENEVIDES, Selene Daiha. Tecnologia da Industrialização da Manga. In: ROZANE, Danilo Eduardo *et al.* (org.). **Manga - Produção Integrada, Industrialização e Comercialização**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2004. p. 571-604.

RIBEIRO, Sônia Machado Rocha *et al.* Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. **Food Chemistry**, v. 110, n. 3, p. 620-626, 2008.

RIBEIRO, Sônia Machado Rocha *et al.* Antioxidants in mango (*Mangifera indica*, L.) pulp. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 62, p. 13-17, 2007.

SEÇER, Müzeyyen; ELMACI, Ömer Lütfü; CEYLAN, Şafak. The effects of organic wastes on soil and cotton quality with respect to the risk of boron and heavy metal pollution. **International Journal of Agronomy**, v. 16, p. 1-7, 2016.

SILVA, Danieele Fabíola Pereira da *et al.* Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata mineira. **Revista Ceres**, v. 56, n. 6, p. 783-789, 2009.

VIEIRA, Patrícia Aparecida Fontes *et al.* Caracterização química do resíduo do processamento agroindustrial da manga (*Mangifera indica* L.) var. Ubá. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 4, p. 617-623, 2009.

VIEIRA, Patrícia Aparecida Fontes *et al.* Efeitos da inclusão de farelo do resíduo de manga no desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2173-2178, 2008.