

EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS DO FRUTO DA MACAÚBA NO NORTE DE MINAS GERAIS: ROTA DE PROCESSAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA¹

Gisele Cristina Rabelo Silva²
Maria Helena Caño de Andrade³

RESUMO: Quatro rotas de extração de óleo de macaúba foram investigadas por prensagem mecânica. A pesquisa foi realizada no norte de Minas Gerais. Os dados foram coletados por meio de experimentos realizados em uma planta semi-industrial em Montes Claros e os frutos provenientes da comunidade rural da região. As condições de processamento foram investigadas em relação ao pré-tratamento da fruta e o tipo de prensagem. Quanto à eficiência de processamento, este estudo identificou maior rendimento de óleo quando empregado frutos secos e prensagem a frio. Portanto, a viabilidade de implantação foi estudada e avaliada como fonte adicional de renda as propriedades rurais de pequeno e médio porte, devido a presença de uma unidade da Petrobras Biocombustíveis nesta região. A pesquisa inclui análise econômica, análise de sensibilidade dos principais fatores que afetam a viabilidade econômica e análise de risco. De acordo com a análise econômica, concluiu-se que a implantação do processamento de macaúba em uma empresa é uma alternativa rentável para investidores. Além disso, observou-se que o preço do óleo da polpa tem maior influência sobre as receitas, enquanto o custo dos frutos macaúba foi o fator de custo mais importante.

Palavras-chave: macaúba, óleos vegetais, viabilidade econômica, projetos agroindustriais.

EXTRACTION OF MACAUBA FRUIT OILS IN NORTHERN MINAS GERAIS: PROCESSING ROUTE AND ECONOMIC FEASIBILITY

ABSTRACT: We studied four macauba oil extraction routes through mechanical pressing, in northern Minas Gerais state. Data were collected through experiments performed in a semi-industrial plant in the city of Montes Claros and the palm fruits were provided by a rural community from this region. We investigated the processing conditions in relation to the fruit pre-treatment and the pressing type. Regarding the processing efficiency, we identified higher oil yield when both dried fruit and cold pressing were employed. We analyzed the feasibility of implementing this process and assessed it as an additional source of income for small and medium-sized rural properties located near a Petrobras Biofuels unit in this region. The research included economic analysis, sensitivity analysis of the key factors affecting the economic viability and risk analysis. The economic analysis showed that the implementation of macauba processing in a company is a cost-effective possibility for investor and that whereas the price of this pulp oil is what has the greatest effect on revenues, the cost of the macauba fruits was the most important cost factor.

Key-words: macauba, economic viability, agribusiness projects, vegetable oils.

Jel Classification: Q13, Q42.

¹Registrado no CCTC, REA-19/2014.

²Engenheira de Alimentos, Mestre, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Divinópolis, MG, Brasil (e-mail: giselec@ufsj.edu.br).

³Engenheira Química, Doutora, Professora Associada da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil (e-mail: cano@deg.ufmg.br).

1 - INTRODUÇÃO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*), uma palmeira de vasta distribuição geográfica, se apresenta como uma das plantas oleaginosas nativas mais promissoras existentes no território brasileiro para atender a demanda por biodiesel. No Estado de Minas Gerais ocorrem grandes populações de macaúba, com grandes adensamentos localizados na região norte (MOTTA et al., 2002).

Os frutos da palmeira apresentam grande potencial para a produção de óleo quando comparados com as taxas de produtividade agrícola de outras oleaginosas, como, por exemplo, a palma. O fruto maduro é constituído de um epicarpo (casca externa), um mesocarpo oleoso e fibroso (polpa), um endocarpo (castanha) e uma ou duas amêndoas oleosas na região mais interna.

A macaúba é uma espécie tradicionalmente submetida a extrativismo, sendo amplamente utilizada em âmbito doméstico; é também comercializada de forma incipiente, nas regiões brasileiras. Em função de suas várias aplicabilidades, essa espécie é tida como de alta potencialidade para geração de renda (NUCCI, 2007; MOTTA et al., 2002; SILVA; CAÑO ANDRADE, 2011; LOPES et al., 2013).

As vantagens advindas do cultivo da macaúba, além da obtenção de insumos energéticos ou alimentícios em rendimentos pouco vistos em outras espécies vegetais, residem ainda no possível aproveitamento dos espaços entre as palmeiras, que permitem plantios intercalares com outras culturas agrícolas, inclusive oleaginosas, e/ou o pastoreio de criações da pecuária.

Para o setor de beneficiamento ou industrial, os frutos da macaúba apresentam também outras vantagens quando comparados às outras oleaginosas, que são: a) dois óleos (polpa e amêndoa) com perfis diferentes de ácidos graxos, fontes potenciais para a geração de energia ou para usos alimentícios, farmacêuticos e cosméticos; b) dois tipos de torta, resultantes da prensagem da polpa e da amêndoa, que, ricas em fibras e proteínas, podem ser usadas para formulação de rações para animais; e c) um

endocarpo, cujo alto poder calorífico, comparável com a madeira de eucalipto, pode ser usado na produção de carvão ou outros produtos (PIMENTA; CAÑO ANDRADE, 2010; MARIANO, 2013; SILVA, 2009).

O governo de Minas Gerais regulamentou a Lei n. 19.485/2011 – Pró-Macaúba, em que instituiu o incentivo ao cultivo, à extração, à comercialização, ao consumo e à transformação da macaúba. Assim, uma das maiores dificuldades enfrentadas pelos que pretendiam trabalhar com a macaúba foi facilitada. Mas outras ainda existentes estão relacionadas às incertezas referentes à expectativa de produção dos plantios e a falta de um pacote tecnológico desenvolvido (PIMENTA; CAÑO ANDRADE, 2010; VIEIRA et al., 2012).

As unidades de processamento do fruto da macaúba existentes são de médio a pequeno porte. No norte de Minas Gerais, a macaúba pode contribuir para a melhoria do nível de renda das associações de agricultores familiares e, ainda, favorecer a diversificação de óleos para a produção de biocombustíveis da usina de biodiesel Darcy Ribeiro, da Petrobras, localizada em Montes Claros, Estado de Minas Gerais.

Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade econômica da inserção de plantas agroindustriais para o processamento da macaúba na região, observando quatro cenários da extração do óleo de macaúba, os quais consideram o condicionamento dos frutos (se secos ou frescos) e as condições de prensagem (se a frio ou a quente). Visando estabelecer o grau de resposta da taxa de retorno a alterações em uma variável chave do projeto, foram elaboradas também as análises de sensibilidade e de risco desse investimento.

2 - METODOLOGIA

2.1 - Rotas de Extração dos Óleos da Macaúba

Os cenários do processamento do fruto macaúba investigados neste trabalho foram baseados no trabalho de Silva e Caño Andrade (2011), com algumas adaptações (Figura 1).

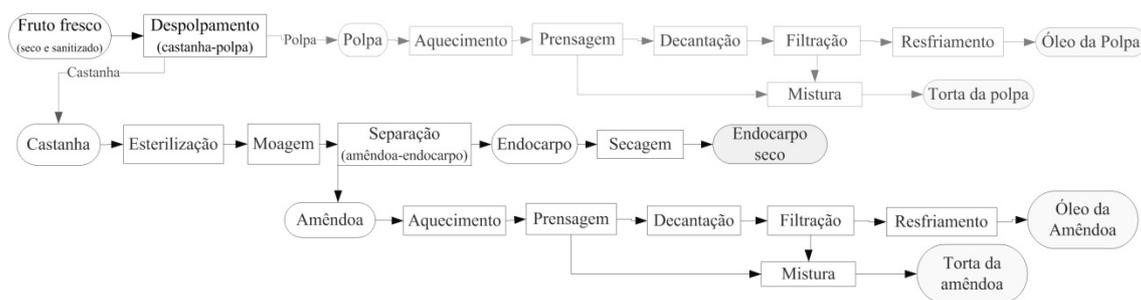


Figura 1 - Diagrama de Blocos do Processamento do Fruto da Macaúba.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados de Silva e Caño Andrade (2011).

De acordo com o diagrama de blocos mostrado na figura 1, as etapas de processamento são: separação das partes, extração do óleo da polpa, extração de óleo da amêndoa e secagem do endocarpo. As rotas propostas para este trabalho contêm equipamentos selecionados no mercado brasileiro.

Todos os experimentos foram realizados em uma planta semi-industrial localizada na cidade de Montes Claros. O processamento descrito na figura 1 foi investigado sob as formas de condicionamento do fruto e condição de prensagem. Os frutos foram condicionados na forma fresca ou seco. A prensagem (ou extração) foi realizada à temperatura ambiente (a frio) ou à temperatura de 60°C (quente). Assim, totalizaram quatro cenários diferentes de processamento do fruto da macaúba. Todos os casos estudados foram considerados como processos semicontínuos.

Em todos os processos propostos havia uma caldeira para geração de vapor a uma temperatura e pressão adequada para utilização nas etapas de aquecimento, tanto na rota de processamento da polpa quanto para a castanha, e a esterilização, nas castanhas. Uma pequena quantidade de endocarpo seco era conduzida para a câmara de combustão, a fim de gerar a energia térmica necessária.

Todas as rotas foram realizadas em triplicada, com alimentação inicial de frutos de 100 kg/h. Os frutos foram obtidos da comunidade rural da região norte de Minas Gerais.

Após os experimentos, o cenário de maior rendimento de óleo foi identificado, selecionado e

então reproduzido com uma alimentação inicial de frutos frescos de 1.000 kg/h. A seguir, os dados obtidos foram utilizados no estudo de viabilidade econômica.

2.2 - Avaliação Econômica

A planta industrial de extração de óleos de macaúba de maior rendimento em óleo obtida neste trabalho foi então analisada em uma planilha eletrônica construída no Microsoft Excel. Nela construiu-se o projeto de investimento em um período considerado para investimentos (vida útil do projeto) de dez anos.

O projeto foi avaliado a partir de uma planta industrial capaz de processar uma tonelada por hora de matéria-prima, considerando-se 30 dias de operação mensal e cinco meses de safra ao ano. Os resultados permitiram estimar o retorno do investimento e mensurar os riscos da atividade, a fim de estabelecer o suporte para a decisão do investimento.

Para as avaliações e análises propostas, foram definidas algumas características:

- O dimensionamento do galpão e construções externas da unidade agroindustrial foram realizados de forma a receber todos os equipamentos necessários à operacionalização eficiente de produção dos óleos vegetais;
- O custo de transporte envolvido na captação da matéria-prima na região em que a planta estiver instalada foi considerado como da empresa compradora; e

- Os produtos (óleo da polpa e da amêndoa) deverão atender às exigências da legislação.

As decisões sobre a viabilidade econômica de projetos de investimento resultam da estimativa e análise de indicadores de viabilidade (FORE et al., 2011; SULLIVAN; WICKS; LUXHOJ, 2011). Dentre esses indicadores, pode-se destacar o valor presente líquido (VPL), o tempo de retorno de capital (TRC), a taxa interna de retorno (TIR) e o ponto de equilíbrio (PE).

Para a cotação dos equipamentos foi necessário informar aos fabricantes a quantidade de frutos de macaúba que se desejava processar, além de algumas características específicas do processo, como por exemplo, temperatura de operação e capacidade máxima.

As embalagens adotadas nessa análise foram: sacos de 60 kg para a comercialização das tortas e do endocarpo, e bombonas plásticas de 50 litros para armazenamento do óleo. Tiveram um custo unitário de R\$0,50 e R\$8,00, respectivamente, valores obtidos no mercado da região de Montes Claros.

O custo de compra dos frutos de macaúba foi estabelecido em R\$0,25/kg, valor estipulado às associações de produtores rurais da região norte de Minas Gerais pela Petrobras Biocombustível - regional Montes Claros. O preço de venda do óleo da polpa e da amêndoa foi cotado entre R\$3,70/l e R\$4,00/l, respectivamente, por uma empresa fornecedora desses produtos no Estado de Minas Gerais. Adicionalmente, o preço da torta da polpa e da torta da amêndoa é de R\$0,40/kg e R\$0,80/kg, respectivamente. Parte dos endocarpos obtidos foi reutilizada no processo e o restante vendido por R\$0,80/kg.

A linha de financiamento adotada para esta análise foi a fornecida pelo Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 2014). A taxa de juros aplicada está relacionada com o tipo de projeto. Para projetos agroindustriais, seu valor é de 9,5% ao ano, sendo estes valores relacionados ao custo financeiro (TJLP⁴ que apresenta um valor de

50%) e à remuneração do BNDES de 1,3% ao ano (BNDES, 2014). O nível de participação da financiadora é de 40%, 60% e 100%, respectivamente, para o capital de giro, obra e máquinas e equipamentos.

Para a análise de viabilidade do empreendimento, foi montada uma planilha eletrônica no programa Microsoft Excel. Utilizou-se o levantamento de investimentos, dos custos fixos e variáveis, receita, e ainda considerou-se o valor da taxa mínima de atratividade (TMA) de 12%. Com base nesses dados, foram calculados os valores dos índices de rentabilidade, tais como VPL, o TRC, a TIR e o PE.

Sullivan, Wicks e Luxhoj (2011) destacam que outros indicadores, como rentabilidade e lucratividade, podem ser úteis para se estimar a viabilidade de um projeto. Considerando a incerteza e os riscos naturalmente associados à implantação de um investimento, torna-se importante reunir um conjunto de técnicas de análise e avaliação de projetos para auxiliar a tomada de decisão; assim, técnicas mais sofisticadas, como análises de sensibilidade, são sempre importantes para a tomada de decisão.

2.3 - Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade consiste na variação sistemática em parâmetros chave do projeto (preços de insumos, preços de produtos, volume de venda, etc.) para calcular os efeitos destas mudanças sobre indicadores financeiros selecionados, tais como o VPL ou a TIR. Essa análise ajuda a estabelecer o grau de resposta da taxa de retorno a alterações em uma variável chave do projeto. Quanto maior a sensibilidade do projeto em relação a uma variável chave, maior o grau de incerteza ligado ao projeto em questão (PETERS; TIMMERHAUS; WEST, 2002).

Assim, a análise de sensibilidade dos custos fixos e variáveis, receita e capital de giro para o processamento do fruto da macaúba foi realizada. Em seguida, os parâmetros de maiores influências foram identificados por uma nova análise de sensibilidade.

⁴A taxa de juros de longo prazo (TJLP) tem período de vigência de um trimestre-calendário e é calculada a partir da meta de inflação calculada para os 12 meses seguintes ao primeiro mês de vigência da taxa, inclusive, baseada nas metas anuais fixadas

pelo Conselho Monetário Nacional; e pelo prêmio de risco.

2.4 - Análise de Risco

A análise de risco foi feita por meio da associação de probabilidades de ocorrência a uma ou mais variáveis do projeto, de maneira a estabelecer suas distribuições de probabilidades. Uma vez modelada à distribuição de probabilidade das variáveis relevantes do projeto, identificadas pela análise de sensibilidade, simulou-se valores dessas variáveis de modo a estimar seus impactos nos indicadores escolhidos.

Neste estudo, a análise de risco realizada pela simulação de Monte Carlo, por meio do programa Microsoft Excel e @Risk (PALISADE CORPORATION, 2014), utilizou-se da função de distribuição de probabilidade triangular, que inclui os valores mais prováveis da média, mínimo e máximo (HERTZ; HOWARD, 1983). A sequência de cálculo utilizada foi: a) identificação da função de distribuição de probabilidade de cada uma das variáveis relevantes sobre o fluxo de caixa; b) seleção de um valor aleatório de cada variável com base na sua função de distribuição de probabilidade; c) cálculo do indicador selecionado, em cada situação; e d) repetição deste processo até se obter uma função de frequência de distribuição apropriada para o indicador selecionado.

3 - RESULTADOS

3.1 - Rotas de Extração dos Óleos da Macaúba

Os cenários avaliados neste trabalho estão descritos no quadro 1.

Os diferentes cenários de processamento do fruto macaúba foram avaliados e os resultados dos rendimentos médios dos produtos (óleo de polpa, óleo da amêndoa, torta da polpa, torta da amêndoa e endocarpo seco) obtidos são apresentados na tabela 1. Os rendimentos foram calculados de acordo com a equação 1.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Massa de produto}}{\text{alimentação inicial}} \times 100 \quad (1)$$

Quadro 1 - Descrição dos Cenários do Processamento do Fruto da Macaúba, Município de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, 2011

Cenário	Condição do fruto	Forma da extração
1	Natural	Frio
2	Natural	Quente
3	Seco	Frio
4	Seco	Quente

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 1 - Rendimento Médio dos Produtos Obtidos em Diferentes Cenários do Processamento da Macaúba, Município de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, 2011 (%)

Cenário	Polpa		Amêndoa		Endocarpo
	Torta	Óleo	Torta	Óleo	
1	54,26	8,43	12,44	18,65	6,22
2	46,02	12,81	13,84	20,76	6,57
3	50,67	15,94	15,08	22,61	7,35
4	39,06	12,35	15,21	22,81	6,84

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que, no cenário 3, obteve-se o maior rendimento na produção de óleo a partir da polpa. Este é o principal produto de interesse neste trabalho, por ser o óleo mais indicado à produção de biocombustíveis. Portanto, o processo que apresentou maior rendimento na extração do óleo da polpa foi selecionado para o estudo de viabilidade. Por um lado, a maior produtividade, quando se utilizam os frutos secos, ocorre devido à maior facilidade de prensagem da polpa com baixa umidade. Por outro, quando se utilizaram frutos com umidade elevada, isto é, frutos naturais, verificou-se a formação de aglomerados que causaram o entupimento da prensa.

Nos processos realizados registrou-se uma série de dificuldades técnicas, principalmente devido às operações serem semicontínuas e a ocorrência de perdas de óleo nas tortas. Pode-se concluir que as condições operacionais mais favoráveis foram alcan-

çadas no processo de prensagem a frio dos frutos secos, no uso contínuo dos equipamentos, por ser mais eficiente e mais fácil de ser controlado, e no ajuste da prensa para minimizar as perdas de óleo a partir da massa de polpa.

3.2 - Avaliação Econômica

O cenário de maior rendimento, cenário 3, foi repetido com uma alimentação inicial de 1.000 kg/h. Os rendimentos dos produtos obtidos nesta situação são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Rendimentos em Massa dos Produtos do Processamento dos Frutos Secos e Extração a Frio, Município de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, 2011

Produto	Vazão (kg/h)
Óleo da polpa	180,33
Óleo da amêndoa	23,13
Torta da polpa	268,78
Torta da amêndoa	32,13
Endocarpo ¹	168,00

¹Retirou-se a quantidade necessária a combustão para fornecer energia para gerar vapor para todo o processamento.
Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados da análise de viabilidade econômica e financeira da planta industrial para processamento de macaúba basearam-se em indicadores brasileiros de dez anos. Os valores dos custos fixos, custos variáveis e linhas de financiamento foram colocados nas entradas da planilha para a realização da avaliação econômica.

Os valores estimados do investimento inicial da empresa em reais (R\$) foram: equipamentos = 1.028.607,00; capital de giro = 613.030,00; construção civil = 449.175,00; estrutura de laboratório = 103.255,00; itens complementares = 11.085,60; e móveis = 8.995,00. Portanto, o investimento inicial total é 2.214.147,55.

Em relação à equipe de trabalho, na área de

produção foram necessários dez operadores, com custos mensais de R\$11.630,00. Além disso, no setor administrativo, oito funcionários foram incluídos (assistentes administrativos, zeladores, contador, secretário e outros), a um custo de R\$23.715,00 por mês. Portanto, o custo mensal total de pessoal foi de R\$35.445,00. Considerou-se que a empresa, por incentivo do governo, por se enquadrar na região norte de Minas Gerais, terá isenção de 100% do IPTU por dez anos. Adicionalmente, assumiu-se que a vida útil média desses equipamentos é de 10 anos e de 50 anos para a construção civil, e sua depreciação é de R\$115.194,00 anuais.

Os resultados financeiros permitem avaliar a atividade, sendo os indicadores econômicos descritos na tabela 3. Vale ressaltar que a amortização considerada neste trabalho foi de dez anos, devido aos avanços tecnológicos a que o setor de extração de óleos vegetais está submetido.

Tabela 3 - Indicadores Financeiros, Município de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, 2011

Descrição	Unidade	Valor calculado
Tempo de retorno de capital (TRC)	anos	2,36
Ponto de nivelamento (PN)	%	41,97
Taxa interna de retorno (TIR)	%	47,00
Valor presente líquido (VPL)	R\$	3.912.383,82

Fonte: Dados da pesquisa.

Considerando uma taxa mínima de atratividade de 12% ao ano (a.a.), calculou-se o VPL do projeto de investimento na implantação de uma indústria processadora do fruto da macaúba na região norte de Minas Gerais, conforme formulação apresentada na equação (1). O VPL calculado foi positivo e apresentou um valor de R\$3.912.383,00, indicando a viabilidade do investimento. Ainda que os fluxos líquidos de cada período fossem aplicados a uma taxa de 12% a.a., o valor da empresa seria aumentado em cerca de R\$4 mil.

Neste projeto, o ponto de equilíbrio obtido foi

cerca de 42%. Assim, este resultado indica que é necessário operar com a capacidade de produção mínima de 42% da capacidade total instalada para que a receita se iguale aos custos. Nos processamentos sazonais, caso desta proposta, é importante quantificar este parâmetro: a análise desse fator também aponta para a viabilidade deste projeto, mesmo que a fábrica opere somente no período entre novembro a março.

Este projeto apresentou uma taxa interna de retorno de capital de aproximadamente 47%, o que demonstra boa rentabilidade se comparado com a TMA (12% a.a.). Logo, nas condições selecionadas o projeto é viável economicamente.

3.3 - Análise de Sensibilidade

Neste trabalho, os resultados da análise de sensibilidade indicaram as principais variáveis de risco do projeto, e observou-se sua importância para as receitas geradas e para o custo total incorridos no processo de produção (Figura 2). Pode-se notar que

a sensibilidade da TIR em relação às variações na receita foi maior que no custo total, porém, com efeitos contrários. Além disso, este é mais sensível ao valor do investimento fixo do que a mudanças no capital de giro.

Desse modo, foi realizada a análise de sensibilidade às variáveis da receita (Figura 3), incluindo o preço de venda dos óleos, tortas e endocarpo e, também, dos custos variáveis (Figura 4), sendo considerados os custos com insumos, matéria-prima, mão de obra, embalagens e impostos. Após esses estudos, os parâmetros de maior influência na receita e nos custos variáveis foram identificados.

Pela análise das figuras 3 e 4, conclui-se que o preço de venda do óleo da polpa causa maior influência na receita. Isso é explicado por este óleo ser o produto de maior rendimento e preço alto no processamento do fruto da macaúba. Por outro lado, os custos variáveis sofrem maior alteração pelo preço de compra do fruto da macaúba. Como parte do endocarpo é utilizada para a geração de energia térmica necessária ao processo de extração dos óleos, o gasto com energia foi baixo.

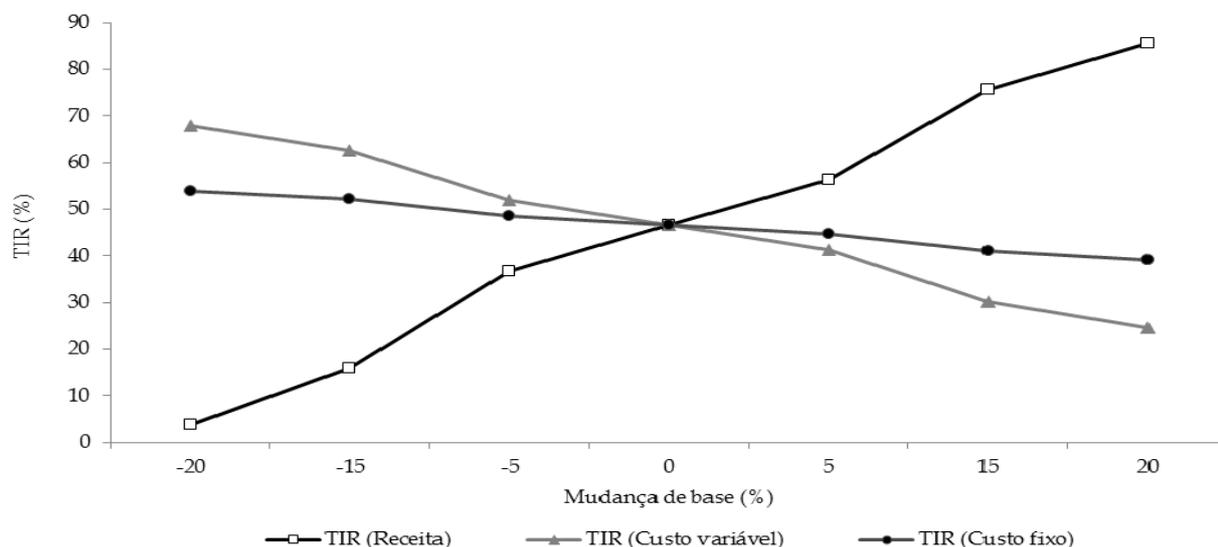


Figura 2- Análise de Sensibilidade do Projeto, Município de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, 2011.
Fonte: Dados da pesquisa.

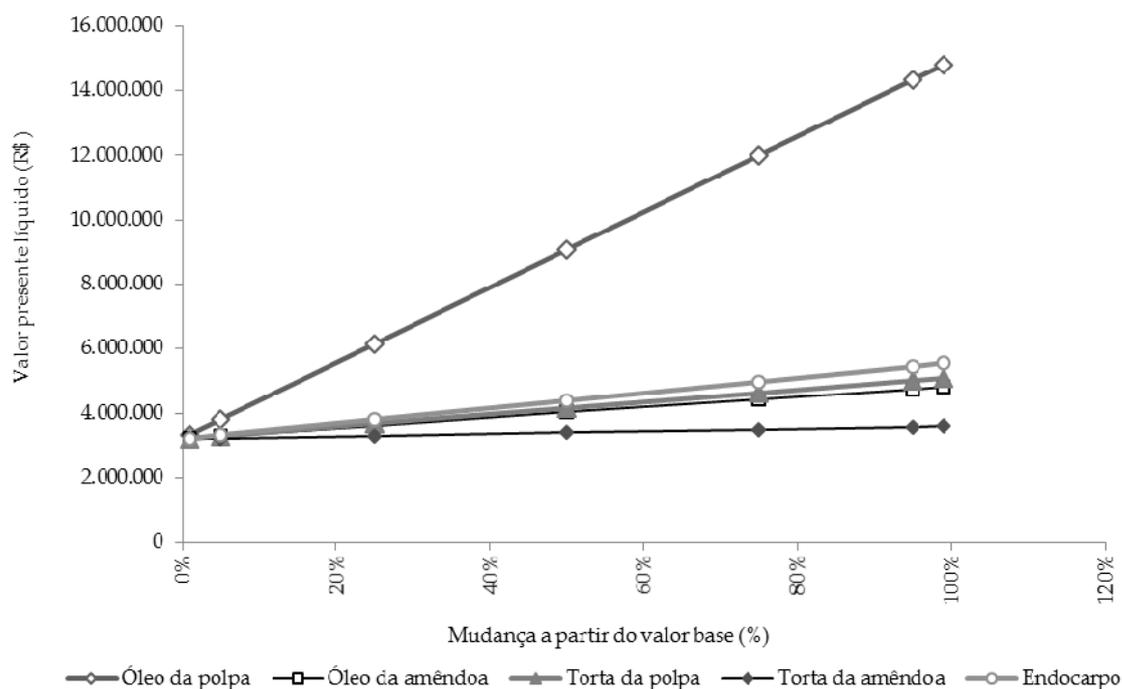


Figura 3 - Análise de Sensibilidade em Relação às Variáveis que Estimam a Receita do Projeto, Município de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, 2011.

Fonte: Dados da pesquisa.

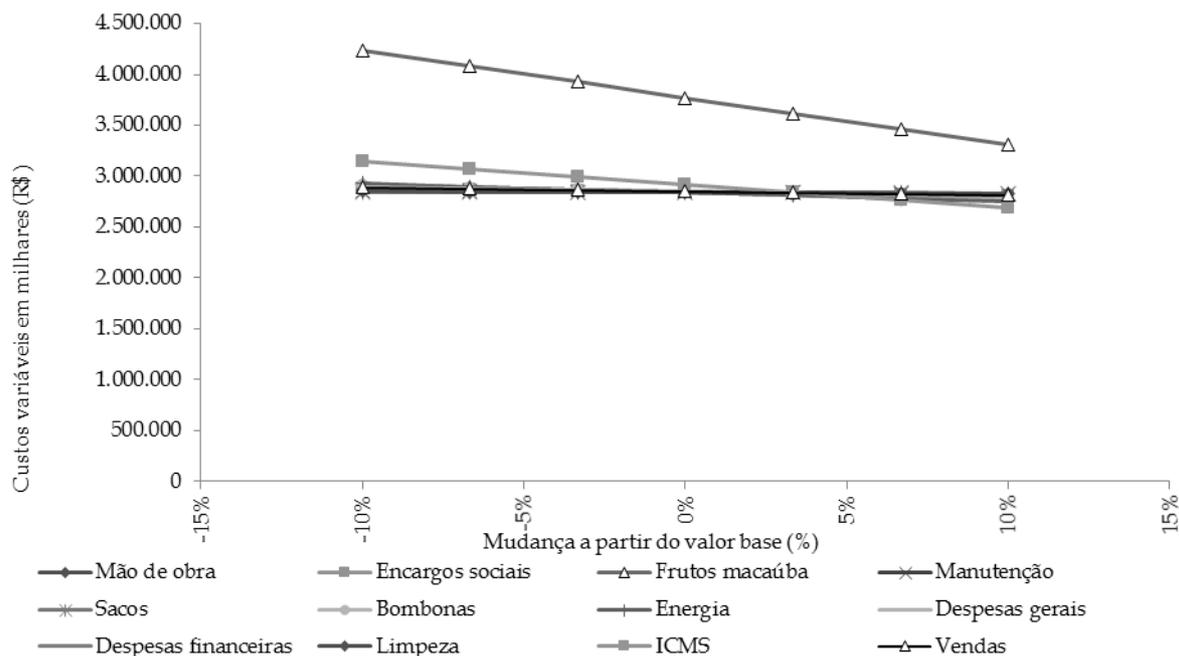


Figura 4 - Análise de Sensibilidade dos Custos Variáveis do Projeto, Município de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, 2011.

Fonte: Dados da pesquisa.

3.4 - Análise de Risco

3.4.1 - Variação da TMA

A análise de risco foi construída no software @Risk e realizada com 1.000 iterações. Primeiramente, foram rodadas três simulações, variando somente a taxa mínima de TMA nos valores 12%, 15% e 20%. Esta análise foi realizada tendo em vista que o VPL do projeto é altamente influenciado por esta variável que é de difícil determinação.

A figura 5 representa as distribuições de probabilidade dos VPLs encontradas pela simulação realizada no programa @Risk. Nota-se que a probabilidade do VPL ser menor que zero cresce com o aumento da taxa de atratividade do projeto, o que mostra a necessidade de se definir bem a taxa ajustada ao risco a ser considerada nos estudos. Na análise com TMA 12%, a probabilidade de se obter um VPL negativo é de 6,9%. Ao elevar essa taxa para 15% e 20%, tem-se uma maior probabilidade de ocorrência de VPL negativo, sendo de 9,7% e 15,5%, respectivamente. Pela simulação de Monte Carlo, nota-se que a implantação da indústria processadora de macaúba oferece baixo grau de risco, podendo ser uma alternativa viável de industrialização do fruto no Estado de Minas Gerais.

Pode-se observar que o valor mais provável da VPL encontra-se no intervalo de R\$2.305.164,00 a R\$1.106.312,00, para as TMAs consideradas neste estudo.

3.4.2 - Preço de compra do fruto da macaúba

Pela análise de sensibilidade, identificou-se que o preço de compra do fruto da macaúba é a variável de maior influência nos custos totais do investimento. Portanto, foi feita uma análise da variação dos preços no VPL. Esse estudo pode ser visualizado na figura 6.

Para que o investimento torne inviável, isto é, VPL nulo, o preço de compra do fruto deve ser menor que R\$0,38; R\$0,41 e R\$0,42 para a TMA de 20%,

15% e 12%, respectivamente. Vale ressaltar que foi considerada uma distribuição triangular para o preço de compra, sendo o mínimo valor R\$0,15 e o máximo R\$0,50 e, o valor mais provável R\$0,25.

3.4.3 - Preço de venda do óleo da polpa da macaúba

Conforme a análise de sensibilidade, verificou-se que variações no preço de venda do óleo da polpa provocam maiores alterações na receita do projeto em questão, seguido do preço da torta da polpa. Isso pode ser explicado por esses produtos serem os de maiores produção do processamento do fruto da macaúba, representando um percentual de produção de 27% e 40%, respectivamente. Como o preço do óleo sofre maiores alterações no mercado financeiro e, também, por ser o produto principal da empresa a ser implantada, a análise de risco foi focado nele, lembrando que os outros dados foram mantidos constantes. Apenas variou-se a TMA, conforme visualizado na figura 7.

Preços de venda do óleo da polpa inferiores a R\$2,84; R\$2,94; R\$3,10, respectivamente, para TMA de 12%, 15% e 20%, tornam o projeto inviável. Isso demonstra que a implantação do projeto é viável, visto que o preço do óleo da polpa da macaúba no mercado é de R\$4,00, sendo 43%, 46% e 55% mais alto que o valor avaliado para que o projeto se inviabilize.

Por meio da aplicação da análise de risco conduzida neste estudo, pôde-se verificar que em situações nas quais a questão da incerteza seja relevante, como é o caso de projetos agroindustriais, é possível quantificar as flexibilidades gerenciais existentes, em função da variação dos parâmetros nas receitas e custos do projeto.

A questão fundamental da análise conduzida é que as incertezas envolvendo variáveis fundamentais para a avaliação do projeto, como por exemplo, o preço da matéria-prima, não é considerada pelo método tradicional do fluxo de caixa descontado. Desta forma, para capturar as incertezas e flexibilidades existentes, o trabalho utilizou a análise de

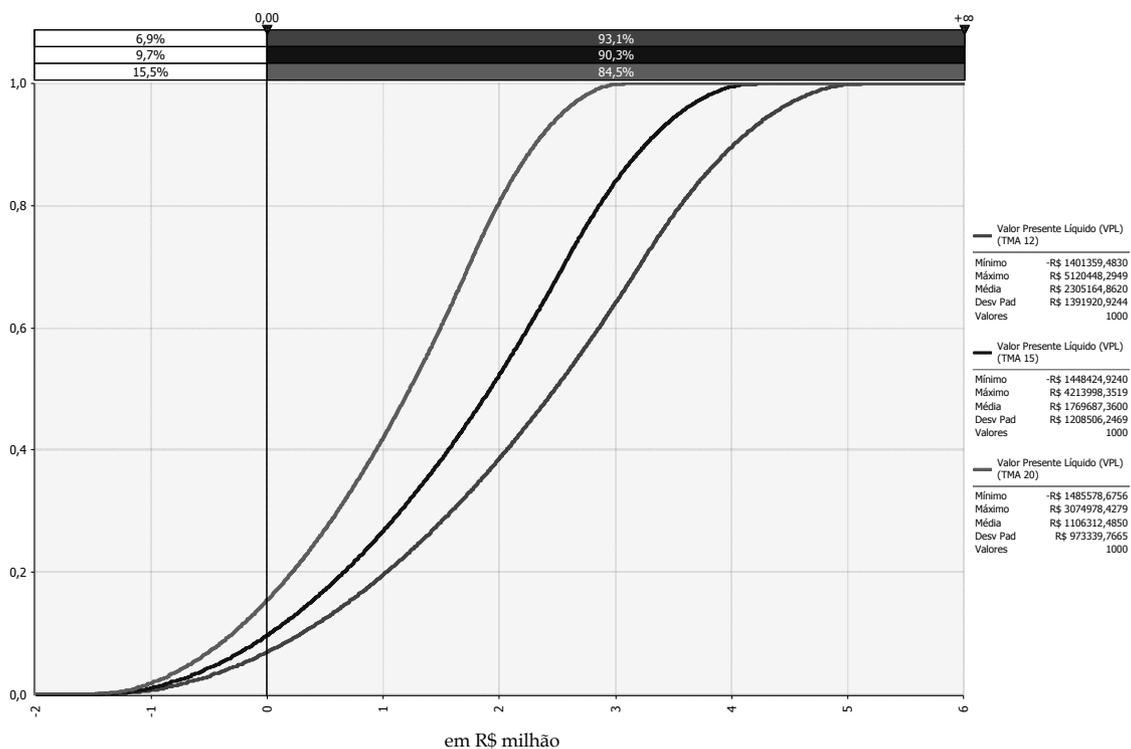


Figura 5 - Distribuição de Probabilidade do VPL para Diferentes Valores da Taxa Mínima de Atratividade (TMA), Município de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, 2011.

Fonte: Dados da pesquisa.

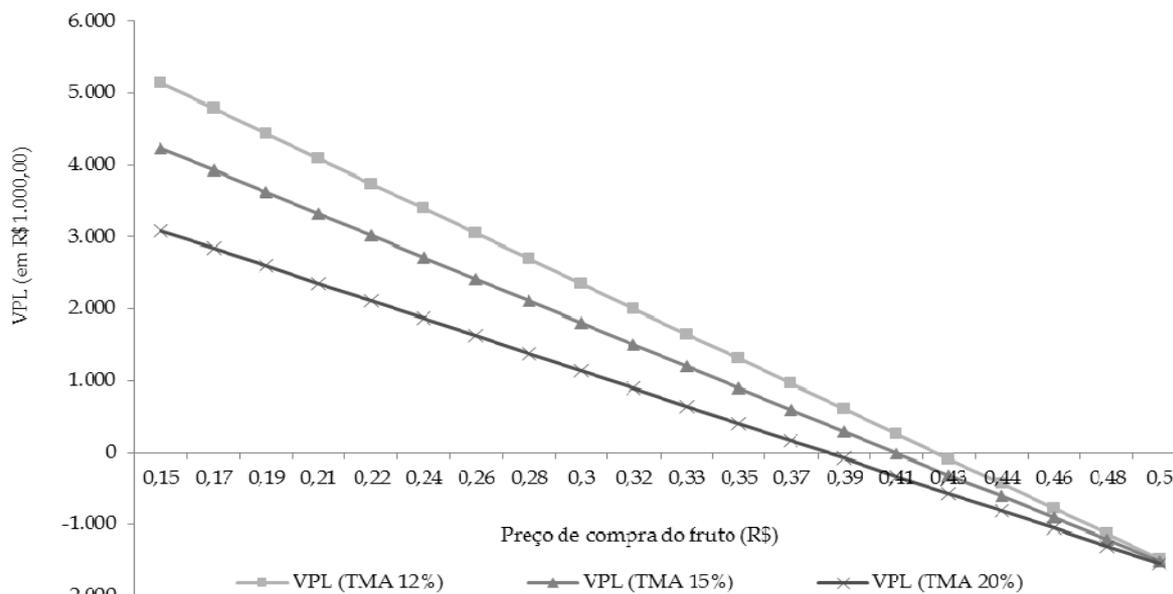


Figura 6 - Análise de Risco para o Preço de Compra do Fruto da Macaúba sobre o VPL do Projeto, Município de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, 2011.

Fonte: Dados da pesquisa.

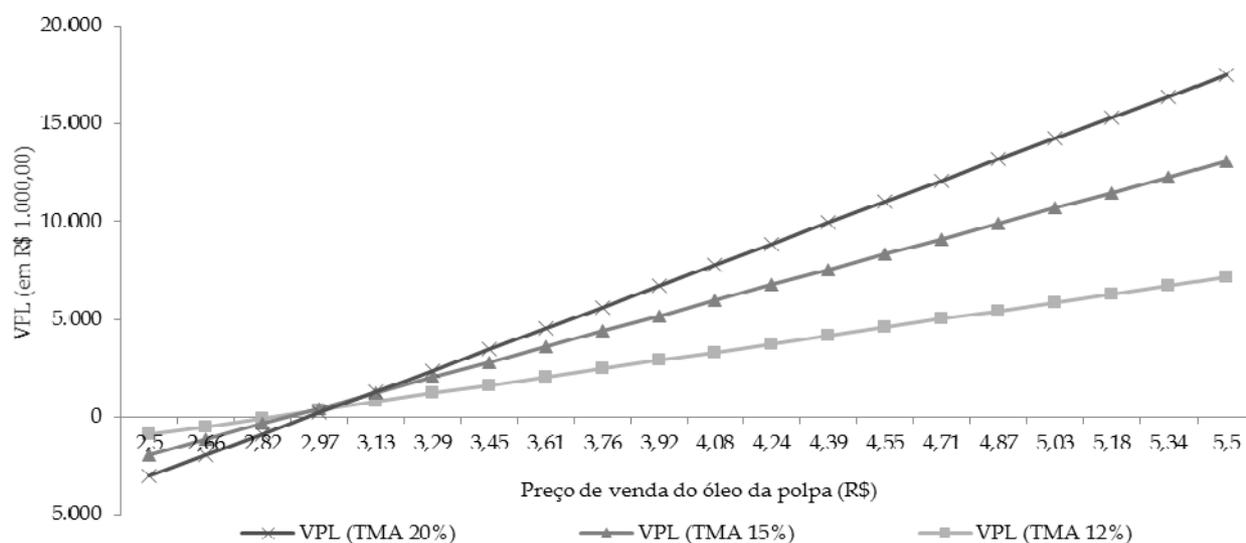


Figura 7 - Análise de Risco para o Preço de Comercialização do Óleo da Polpa sobre o VPL do Projeto, Município de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, 2011.

Fonte: Dados da pesquisa.

sensibilidade e risco, metodologia complementar ao método tradicional de valor presente líquido.

O VPL variou de R\$2.305.164,00 a R\$1.106.312,00 para uma taxa de atratividade variando de 12% a 20%. Isso é confirmado pelo critério da taxa interna de retorno, mesmo na maior TMA esta foi de 40%.

Mediante a simulação de Monte Carlo, pode-se concluir que a maior probabilidade do investidor obter valor presente líquido negativo é de 15,5%, cuja TMA considerada foi de 20%, indicando que o projeto oferece determinado grau de risco considerável.

Pela análise de sensibilidade, observou-se que o preço de venda do óleo da polpa tem maior influência nas receitas geradas, porém, para que o projeto torne-se inviável, é necessário que o valor seja inferior a R\$3,10, considerando a maior taxa avaliada (TMA 20%). Vale ressaltar que esse produto é vendido no mercado por R\$4,00.

No entanto, para os custos do projeto, avaliou-se que o custo do fruto é o mais importante. Identificou-se que preços de compra dessa matéria-prima acima de R\$0,38, R\$0,41 e R\$0,42 para a TMA de 20%, 15% e 12%, respectivamente, inviabilizam o projeto descrito.

Com esta avaliação, o investidor passa a ter subsídios e informações mais confiáveis para sua tomada de decisão, pois foi criada na análise a possibilidade de variações na taxa de juros, preço da matéria-prima e preço de venda do seu principal produto - óleo da polpa na região norte do Estado de Minas Gerais.

4 - CONCLUSÃO

A implantação de agroindústrias em regiões rurais, como o norte de Minas Gerais, é importante para o crescimento econômico e melhoramento socioeconômico da população local. A macaúba é uma palmeira cujo fruto tem grande potencial de produção de óleo, mas tem sido pouco explorada como atividade lucrativa, apenas de forma rudimentar e extrativista.

Portanto, fez-se necessário estudar a melhor rota de processamento do fruto da macaúba para a obtenção dos seus óleos, dando destaque ao óleo da polpa que pode ser destinado a fabricação de biodiesel. Após ter a rota de processamento de maior rendimento, a análise econômica da obtenção dos óleos da macaúba foi realizada.

De acordo com as análises econômicas realizadas, pode-se concluir que a implantação da empresa processadora do fruto da macaúba considerada no presente trabalho apresenta-se como uma alternativa rentável para investidores.

Portanto, verificou-se que o projeto é viável do ponto de vista econômico se a planta operar nas condições proposta neste trabalho. Porém, deve-se ressaltar que:

- Tanto o processo de extração dos óleos da macaúba quanto o processo de produção agrícola carecem de aperfeiçoamento. Por ainda não apresentarem níveis de tecnologias já dominados, ambos (processos industrial e agrícola) precisam ainda ser validados na prática. Porém, o pioneirismo nesse sistema de produção, resguardado as devidas precauções, pode ser viável conforme os dados apresentados; e
- Outra questão importante a se considerar é que o tempo de operação da indústria de cinco meses no ano torna o parque fabril extremamente ocioso. Alternativas como estocagem das castanhas na safra para processamento na entressafra ou adaptações nas linhas de processamento industrial na utilização de outras oleaginosas, que podem ou não ser consorciadas com a macaúba, devem ser consideradas.

LITERATURA CITADA

- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO - BNDES, 2014. **Banco de dados**. Rio de Janeiro: BNDES. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 20 jun. 2014.
- FORE, S. R. et al. Economics of small-scale on-farm use of canola and soybean for biodiesel and straight vegetable oil biofuels. **Biomass and Bioenergy**, Vol. 35, Issue 1, pp. 193-202, Jan. 2011.
- HERTZ, D. B.; HOWARD, T. **Risk analysis and its applications**. New York: Wiley, 1983. 323 p.
- LOPES, D. C. et al. Economic feasibility of biodiesel production from Macauba in Brazil. **Energy Economics**, Vol. 40, pp. 819-824, Nov. 2013.
- MARIANO, R. G. B. **Fracionamento e biotransformação de óleos obtidos a partir de frutos do cerrado: Macaúba (*Acrocomia aculeata*) e Pequi (*Caryocar brasiliense Camb*)**. 2013. 113 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- MOTTA, P. E. et al. Ocorrência de Macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, São Paulo, v. 37, n. 7, p. 1023-1031, 2002.
- NUCCI, S. M. **Desenvolvimento, caracterização e análise da utilidade de marcadores microsatélites em genética de população de macaúba**. 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2007.
- PALISADE CORPORATION. **@RISK 6 for industrial edition**. New York, 2014.
- PETERS, M.; TIMMERHAUS, K.; WEST, R. **Plant design and economics for chemical engineers**. 5. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2002. 1008 p.
- PIMENTA, T. V.; CAÑO ANDRADE, M. H. The palm tree macauba fruits: improved methodologies for collecting the fruit, extraction and characterization of its oils. In: CONGRESSO ARGENTINO DE INGENIERIA QUÍMICA, 2010, Argentina. **Anais...** Argentina: Mar del Plata, 2010. CD-ROM.
- SILVA, G. C. R.; _____. Development and simulation of a new oil extraction process from fruit of macauba palm tree. **Journal of Food Process Engineering**, Vol. 36, Issue 1, pp. 134-145, 2011.
- SILVA, I. C. C. **Uso de processos combinados para aumento do rendimento da extração e da qualidade do óleo de macaúba**. 2009. 99 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- SULLIVAN W. G.; WICKS E. M.; LUXHOJ, J. T. **Engineering economy**. 15. ed. New York: Pearson Education, 2011. 672 p.
- VIEIRA, S. S. et al. Macaúba palm (*Acrocomia aculeata*) cake from biodiesel processing: an efficient and low cost substrate for the adsorption of dyes. **Chemical Engineering Journal**, Vol. 183, pp. 152-161, Feb. 2012.

Recebido em 09/10/2014. Liberado para publicação em 06/05/2015.