

JULIANE LAUREANO

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO DO GLP E DE
UM GASEIFICADOR DE BIOMASSA PARA DESIDRATAÇÃO DE BANANA**

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-graduação
em Engenharia Agrícola, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

L378e
2011

Laureano, Juliane, 1985-

Estudo da viabilidade do uso de GLP e de um gaseificador de biomassa para desidratação de banana / Juliane Laureano – Viçosa, MG, 2011.

xiii, 59f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Jadir Nogueira da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 54-59.

1. Gaseificação. 2. Banana – Desidratação. 3. Avaliação sensorial. 4. Secagem. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 634.772

JULIANE LAUREANO

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO DO GLP E DE UM
GASEIFICADOR DE BIOMASSA PARA DESIDRATAÇÃO DE BANANA**

**Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Engenharia
Agrícola, para obtenção do título de
Magister Scientiae.**

APROVADA: 22 de Julho de 2011.

Paulo Marcos de Barros Monteiro

Samuel Martin

Juarez de Sousa e Silva

**Jadir Nogueira da Silva
(Orientador)**

"La più grande soddisfazione nella vita è fare quello che la gente crede che tu non sia in grado di fare."

"Il successo non è definitivo, il fallimento non è fatale: ciò che conta è il coraggio di andare avanti."

DEDICO

*À Deus - Nada que eu possa
conquistar se compara à presença
Dele em minha vida.*

*Aos meus pais que não me negaram
nenhuma ajuda a que precisei.
Por eles escreveria mil teses...*

AGRADECIMENTOS

À DEUS – que antes mesmo de eu nascer já havia me dado tudo que eu precisava para concluir esse projeto.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade de adquirir mais esse título.

Ao CNPQ, pelo auxílio financeiro.

À TOVANI, pelo fornecimento da Sucralose.

Aos meus amados pais, que pelo simples fato de acreditarem em mim e estarem presentes no meu dia-a-dia já contribuíram com boa parte da força utilizada nesse trabalho.

Ao prof. Jadir por todo apoio, compreensão e amizade. Pela orientação, pelos conselhos e ensinamentos que levarei comigo em minha caminhada.

Aos co-orientadores prof. Stringheta e prof.^a Valéria pelos conselhos.

Aos estagiários Cássio e Elton, que não mediram esforços para me ajudar na parte experimental.

À prof.^a Cecília, prof.^a Cássia e ao prof. Zolnier pela colaboração.

Aos amigos do DEA, Fábio Zanatta, Emanuela, Svet, Conceição, Jofran, Mayra e Marcelo Coelho que contribuíram muito, não apenas pelos favores oferecidos, mas principalmente pela amizade compartilhada.

Aos funcionários do DEA, em especial ao Edson, Seu Catitu e Marcelo que contribuíram diretamente para a realização desse trabalho, tendo sempre presteza e boa vontade.

E por fim a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste projeto. A todos, o meu muito obrigada!

BIOGRAFIA

JULIANE LAUREANO, filha de Geraldo Eloi Laureano e Sirlene de Fátima Macedo Laureano, nasceu em 23 de Abril de 1985, na cidade de Viçosa – Minas Gerais.

Estudou a maior parte do ensino fundamental na E.E. Cônego José Ermelindo de Souza, em Araponga - MG, concluindo-o na E.M. Ministro Edmundo Lins, em Viçosa, no ano de 1999.

Em novembro de 2002 concluiu o ensino médio pelo Colégio Equipe de Viçosa.

Em Julho de 2009 graduou-se em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa.

Em Agosto de 2009 ingressou no programa de Mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em Julho de 2011, estando já aprovada no programa de Doutorado em Engenharia Agrícola, na mesma instituição.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS.....	x
LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Banana	4
2.2. Banana passa	9
2.3. Secagem convectiva	11
2.4. Desidratação osmótica.....	12
2.5. Gaseificação de Biomassa	14
2.6. Análise Sensorial	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1. Matéria-prima	17
3.2. Preparo da amostra	17
3.3. Planejamento Experimental.....	17
3.4. Desidratação Osmótica.....	18
3.5. Secagem convectiva	20
3.5.1. <i>Secagem utilizando o gás de gaseificação</i>	20
3.5.2. <i>Secagem utilizando o GLP</i>	24
3.6. Balanço de Energia.....	28
3.6.1. <i>Quantidade de água removida do produto</i>	28
3.6.2. <i>Energia elétrica utilizada e custos da energia</i>	28
3.6.3. <i>Gasto com combustível para cada processo</i>	29
3.6.4. <i>Custo total da energia utilizada</i>	29
3.6.5. <i>Rendimento</i>	29
3.7. Aceitabilidade Sensorial.....	29
3.7.1. <i>Análise Estatística</i>	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1. Balanço de energia	32
4.1.1. <i>Quantidade de água removida do produto</i>	32
4.1.2. <i>Energia elétrica utilizada e custos da energia</i>	40
4.1.3. <i>Gasto com combustíveis para cada processo</i>	40
4.1.4. <i>Custo total de energia utilizada</i>	41
4.1.5. <i>Rendimento</i>	43
4.2. Aceitabilidade Sensorial.....	44
5. CONCLUSÕES	51
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produção mundial de Bananas no ano de 2008	4
Figura 2. Desenvolvimento da banana partenocárpica, cultivar. <i>Pisang lilin</i> . Adaptado de RAM et al (1962) – evolução temporal do topo para baixo e da direita para a esquerda. Legenda: o – óvulo; oc – cavidade ovária; vb – aglomerado de canais vasculares; pi – células iniciadoras da polpa; do – óvulos desorganizados, p – polpa.	5
Figura 3. Fluxograma de produção convencional de banana-passa.....	10
Figura 4. Esquema de um gaseificador de leito fixo e fluxo ascendente	15
Figura 5. Esquema de um gaseificador de leito fixo e fluxo descendente	15
Figura 6. Desidratação osmótica com Sacarose.....	18
Figura 7. Desidratação osmótica com Sucralose.....	19
Figura 8. Bananas em papel absorvente após a desidratação osmótica com Sacarose (a) e com Sucralose (b).....	19
Figura 9. Desidratador de bandejas	20
Figura 10. Desidratador e Gaseificador com as adaptações.....	21
Figura 11. Sistema desidratador-gaseificador pronto para utilização	21
Figura 12. Esquema do processo de secagem de banana por meio da gaseificação de carvão vegetal.....	22
Figura 13. Distribuição das bananas na bandeja (a) e distribuição das bandejas no desidratador (b)	23
Figura 14. Sistema de aquisição de dados (a) e módulos registradores de temperatura ligados aos termopares (b).	24
Figura 15. Termopares ligados ao desidratador (a) e distribuição dos termopares no interior do desidratador (b).	25
Figura 16. Interior do desidratador com as bandejas, onde é possível ver a posição dos termopares	25
Figura 17. Desenhos esquemáticos da distribuição dos termopares no interior do desidratador e das entradas e saídas do ar de secagem	26
Figura 18. Banana passa sem pré-tratamento osmótico desidratada com gaseificação (a); Banana passa sem pré-tratamento desidratada com GLP (b); Banana passa com pré-tratamento osmótico com solução de Sacarose desidratada com GLP (c); Banana passa com pré-tratamento osmótico com solução de Sucralose desidratada com GLP (d).....	27

Figura 19. Modelo da ficha dos testes de aceitação e intenção de compra utilizada na análise sensorial	31
Figura 20. Curvas de secagem da banana passa desidratada utilizando gás de biomassa e sem pré-tratamento.....	32
Figura 21. Curvas de secagem da Banana Passa desidratada utilizando GLP e sem pré-tratamento.....	33
Figura 22. Curva de secagem da Banana Passa desidratada utilizando GLP e com pré-tratamento osmótico usando Sacarose	33
Figura 23. Curva de secagem da Banana Passa desidratada utilizando GLP e com pré-tratamento usando Sucralose.....	34
Figura 24. Perfil da temperatura do ar de secagem ao longo da desidratação de banana pré-tratada com solução osmótica de Sucralose, utilizando GLP, como combustível....	38
Figura 25. Perfil da temperatura do ar de secagem ao longo da desidratação de banana pré-tratada com solução osmótica de Sacarose, utilizando GLP, como combustível.....	39
Figura 26. Porcentagem de homens e mulheres com relação ao total de consumidores	44
Figura 27. Faixa etária dos provadores que participaram da análise sensorial	45
Figura 28. Resultado da intenção de compra dos consumidores, para a banana passa sem pré-tratamento	48
Figura 29. Resultado da intenção de compra dos consumidores, para Banana Passa desidratada previamente com Sacarose.....	48
Figura 30. Resultado da intenção de compra dos consumidores, para Banana Passa desidratada previamente com Sucralose	48
Figura 31. Resultado do aumento da intenção de compra da banana passa sem pré-tratamento (a); da banana passa desidratada previamente com Sacarose (b) e da banana passa desidratada previamente com Sucralose (c), caso o produto fosse de <i>Baixa Caloria</i>	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Evolução da composição de amido e açúcares da parte comestível de banana (<i>Musa Cavendishii</i>) correlacionada com a cor da casca	7
Quadro 2. Teor Mineral da banana** madura	7
Quadro 3. Vitaminas existentes na banana** madura	8
Quadro 4. Ponderações utilizadas para cada segmento do PIB do agronegócio de Minas Gerais para o ano de 2010.....	8
Quadro 5. Crescimento do volume e preços reais das lavouras (% a.a.) – 2010/09	9
Quadro 6. Quantidade de água removida da banana passa desidratada utilizando gás de biomassa e sem pré-tratamento	34
Quadro 7. Quantidade de água removida da banana passa desidratada utilizando GLP e sem pré-tratamento.....	35
Quadro 8. Quantidade de água removida da banana passa desidratada utilizando GLP e com pré-tratamento osmótico usando Sacarose	35
Quadro 9. Quantidade de água removida da banana passa desidratada utilizando GLP e com pré-tratamento usando Sucralose	35
Quadro 10. Energia elétrica requerida pelo desidratador e o seu custo.	40
Quadro 11. Quantidade de combustível consumido e seu custo.....	41
Quadro 12. Custo total com energia no processo.....	41
Quadro 13. Quantidade de energia gasta por grama de água removida.....	42
Quadro 14. Rendimento de cada processo de fabricação de banana passa (em %).....	43
Quadro 15. ANOVA dos dados de aceitação em relação à cor da Banana Passa.....	45
Quadro 16. Comparação de médias dos escores para aceitação quanto à cor das amostras de banana passa.....	46
Quadro 17. ANOVA dos dados aceitação em relação ao sabor da Banana Passa.....	46
Quadro 18. Comparação de médias dos escores para aceitação quanto ao sabor das amostras de banana passa.....	47
Quadro 19. ANOVA dos dados aceitação em relação à Textura da Banana Passa	47
Quadro 20. Médias dos escores para aceitação quanto à textura das amostras de banana passa	47

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANOVA	Análise de Variância
b.u.	Base úmida
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
DII	Desidratação por imersão-impregnação
dms	Diferença mínima significativa
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
Fcal	Valor de F calculado
Ftab	Valor de F tabelado
FV	Fonte de Variação
GL	Grau de liberdade
SQ	Soma dos quadrados
QM	Quadrado médio
°C	Grau celsius
kg	Quilograma ($g \cdot 10^3$)
mL	Mililitro ($L \cdot 10^{-3}$)
m ³	Metro cúbico
P _i	Massa (kg) inicial de bananas de uma bandeja
P _f	Massa (kg) final da banana seca
t	Tonelada
U _i	Umidade inicial dos frutos em base úmida
U _f	Umidade final desejada para o produto (20% b.u.)
U%	Porcentagem de perda de água
% a.a.	Percentual ao ano

RESUMO

LAUREANO, Juliane, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2011. **Estudo da viabilidade do uso do GLP e de um gaseificador de biomassa para desidratação de banana.** Orientador: Jadir Nogueira da Silva. Coorientadores: Valéria Paula Rodrigues Minim e Paulo César Stringheta.

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas mais consumidas no mundo e sob o ponto de vista biológico, é um produto agrícola que apresenta uma das maiores perdas na produção, devido à decomposição pós-colheita, o que sugere a industrialização como alternativa para um melhor aproveitamento da produção. Com este estudo objetivou-se analisar a viabilidade técnica e econômica de se produzir banana passa com o uso de gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás proveniente da gaseificação de biomassa, e a aceitação sensorial do produto. Para isso foram produzidas bananas passas por desidratação convectiva forçada direta, utilizando a queima de gás liquefeito de petróleo e de gás da gaseificação de carvão vegetal, para aquecimento do ar de secagem em um desidratador de bandejas. Foram realizados também três tratamentos para a secagem utilizando GLP: 1) A desidratação convectiva direta; 2) A desidratação osmótica com solução de Sacarose seguida de secagem convectiva; 3) A desidratação osmótica com solução de Sucralose seguida de secagem convectiva. Foram calculadas e comparadas a quantidade de energia elétrica e térmica gasta nos processos, assim como o custo destas e o rendimento dos processos. Amostras de cada tratamento foram analisadas sensorialmente quanto à aceitação em relação à cor, sabor e textura do produto. Os consumidores também responderam a um questionário sobre a intenção de compra dos produtos. A partir da análise simplificada dos gastos energéticos concluiu-se que o processo de desidratação utilizando-se de um sistema de gaseificação do carvão vegetal e combustão do gás produzido foi mais caro que o processo com GLP, porém, é um sistema que pode ser aperfeiçoado para que haja menor desperdício da energia produzida. Observou-se maiores médias na aceitação da banana passa pré-tratada osmoticamente com a solução de Sucralose, nos aspectos sabor e textura. Em relação à cor, a banana passa pré-tratada osmoticamente com a solução de Sacarose apresentou maior aceitação. Um número maior de consumidores respondeu que certamente compraria a banana passa pré-tratada osmoticamente com a solução de Sacarose e mais de 60% dos consumidores disseram estarem mais dispostos a comprar o produto com baixa caloria, sugerindo potencial de vendas do produto pré-tratado com as soluções de Sacarose e Sucralose.

ABSTRACT

LAUREANO, Juliane, M.Sc., Universidade federal de Viçosa, July, 2011. **Study the feasibility of the use of LPG and a biomass gasifier for dehydration of banana.** Adviser: Jadir Nogueira da Silva. Co-advisers: Valéria Paula Rodrigues Minim and Paulo César Stringheta.

The banana (*Musa spp.*) is one of the most consumed fruits in the world and under the biological point of view, is an agricultural product that has one of highest production losses due to postharvest decay, which suggests industrialization as an alternative for better use the production. This study aimed to analyze the technical feasibility and economical to produce banana raisin with the use of liquefied petroleum gas (LPG) and gas from gasification of biomass, and the sensory acceptance of the product. For this, bananas raisin were produced by direct convective forced dehydration, using the burning of liquefied petroleum gas and gas from gasification of charcoal for heating the air drying in a dehydrator trays. Three treatments were also realized for drying using LPG: 1) direct convective dehydration; 2) the osmotic dehydration with sucrose solution followed by convective drying; 3) Osmotic dehydration with solution of sucralose then convective drying. The amount of electrical and thermal energy expended in the process were calculated and compared, as well as the cost and the efficiency of these processes. Samples of each treatment were sensorially analyzed about acceptance in respect to color, flavor and texture of the product. Consumers also responded to a questionnaire about the intention of purchasing the products. From the simplified analysis of the energy expenditure was concluded that the dehydration process using charcoal gasification and combustion of produced gas was more expensive than the process with LPG, however, it is a system that can be improved so that there is less waste of energy produced. It was observed highest average values in acceptance for banana raisin pre-treated osmotically with the Sucralose solution, in aspects flavor and texture. Regarding color, the banana raisin pre-treated osmotically with sucrose solution presented greater acceptance. A greater number of consumers responded that certainly would buy the banana pre-treated osmotically with Sucrose solution and more than 60% of consumers said they are more willing to buy the product with low-calorie, suggesting potential sales of the product pre-treated with solutions of sucrose and sucralose.

1. INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo produzida na maioria dos países tropicais. A produção mundial de bananas em 2008 foi de 91 milhões de toneladas, segundo a FAO, e o Brasil é o quarto maior produtor, com mais de sete milhões de toneladas, perdendo apenas para Índia, Filipinas e China (FAO, 2010).

Sob o ponto de vista biológico, a banana apresenta uma das maiores perdas na produção, devido à decomposição pós-colheita. É extremamente perecível e não permite o uso do frio para o armazenamento. Tal fato sugere a industrialização como alternativa para um melhor aproveitamento da produção. Dentre os processos industriais de aproveitamento da fruta, a produção de banana passa merece destaque devido ao baixo investimento inicial e perspectiva de lucratividade compatível com o investimento (SILVA, 1995, citado por SOUSA et al., 2003b).

Segundo Stringheta et al. (2003), o custo de produção da banana passa convencional é de R\$ 3,19/kg e o preço de venda está entre R\$ 4,00 e 6,00/kg. Segundo o Agriannual (2006), de 2000 a 2005, o preço médio para o produtor pela venda da banana *in natura* foi de R\$ 300,00/t, ou seja, R\$ 0,30/kg e o custo de produção de R\$ 0,21/kg, obtendo-se lucro em torno de R\$ 0,087/kg. Pode-se observar que o processamento agroindustrial agrega valor ao produto agrícola e, no caso da banana, é possível obter um lucro de R\$ 1,41/kg de banana passa, ou seja, cerca de 15 vezes mais por kg de banana vendida.

A desidratação por imersão-impregnação (DII), também denominada desidratação osmótica, tem sido utilizada como pré-tratamento que melhora algumas propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais do produto seco (TORREGGIANI & BERTOLO, 2001). O uso de temperaturas moderadas de operação, bem como o fato de a água ser removida do alimento, sem que haja nenhuma mudança de fase, contribui para a melhoria da qualidade do produto final, permitindo maior retenção de componentes voláteis durante a secagem subsequente e baixo consumo de energia (MAEDA e LORETO, 1998; POKHARKAR et al., 1997; TORREGGIANI, 1993).

O processo de secagem é responsável por boa parte do gasto com energia da etapa de pós-colheita, sendo que as fontes de energia mais utilizadas para o processo de secagem são a lenha e a energia elétrica. Outras alternativas de combustíveis vem sendo

empregadas durante esse processo como a radiação solar, o gás liquefeito de petróleo (GLP), o gás natural e resíduos orgânicos.

Nos dias atuais, há uma preocupação com questões ecológicas associadas à preservação dos recursos naturais visando à qualidade de vida atual e futura (FERREIRA et al., 2006). Na tentativa de diminuir o ritmo de poluição causado pela emissão de gases na atmosfera e o crescente consumo de recursos energéticos não renováveis, tem-se procurado desenvolver novas tecnologias que, de forma sustentável, auxiliem o desenvolvimento socioeconômico das populações, sem o esgotamento dos recursos naturais (SANTOS, 2003; VIEIRA, 2005). Nesse contexto, a gaseificação de biomassa coloca-se como uma tecnologia sustentável para a geração de energia, com baixa emissão de gases poluentes.

A gaseificação de biomassa associada a um combustor do gás produzido pode ser considerado como um processo cíclico, sendo a biomassa um recurso renovável. Isso ocorre porque todo gás carbônico liberado durante o processo é absorvido novamente pelas plantas, que serão utilizadas novamente no processo como biomassa, mantendo a concentração do gás carbônico inalterável.

O uso da gaseificação da biomassa no Brasil é uma prática ainda não difundida ou utilizada pelos produtores na secagem de produtos agrícolas, principalmente pela tecnologia que demanda e especialmente pela falta de divulgação dessa prática (SILVA et al., 2004).

A extensão territorial nacional, quase toda localizada em regiões tropicais e chuvosas, oferece excelentes condições para a produção e utilização da biomassa em larga escala. Os resíduos agrícolas, madeira, eucalipto, cana-de-açúcar, lenha e carvão vegetal são alguns exemplos de biomassa.

Assim, objetivou-se com esse trabalho analisar a viabilidade técnica e econômica de se produzir banana passa com o uso de ar aquecido à partir da queima de GLP e da queima do gás de síntese de um gaseificador de biomassa.

Os objetivos específicos foram:

- Produzir banana passa utilizando como fonte de energia o GLP e o gás oriundo da gaseificação de biomassa;
- Produzir banana passa utilizando a desidratação por imersão-impregnação seguida de secagem convectiva forçada com GLP, com diferentes tipos de solução osmótica - Solução de Sacarose e Solução de Sucralose - para reduzir o tempo de secagem;

- Fazer uma análise comparativa dos custos de energia para os processos de desidratação da banana passa utilizando GLP e gás de biomassa;
- Verificar o rendimento do processo de desidratação da banana, em termos de quantidade de produto e lucro potencial;
- Comparar a aceitação e a intenção de compra de potenciais consumidores em relação aos produtos obtidos sem e com pré-tratamento osmótico, usando sacarose e sucralose como solutos da solução osmótica.

A banana variedade prata foi escolhida por ser a variedade mais difundida no Brasil (EMBRAPA, 2009) e optou-se por trabalhar somente com a sucralose como edulcorante de baixa caloria porque ela reúne todas as características desejáveis para a utilização na banana-passa, como alta solubilidade e estabilidade térmica, além do sabor sem gosto residual. Dentre os edulcorantes é o que apresenta melhor perfil tempo-intensidade, semelhante ao da sacarose (CÂNDIDO e CAMPOS, 1996).

A biomassa escolhida foi o carvão vegetal, devido ao seu elevado poder calorífico, comparado a outras biomassas (OLIVEIRA, 2010).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Banana

A banana (*Musa spp.*) é uma fruta tropical consumida primariamente logo após a colheita e o Brasil é um dos líderes mundiais na sua produção e consumo (NOGUEIRA & PARK, 1992). A produção mundial de bananas em 2008 foi de 91 milhões de toneladas, segundo a FAO, e o Brasil é quarto maior produtor, com mais de sete milhões de toneladas, ficando atrás apenas da Índia, China e Filipinas, conforme mostrado na Figura 1 (FAO, 2010).

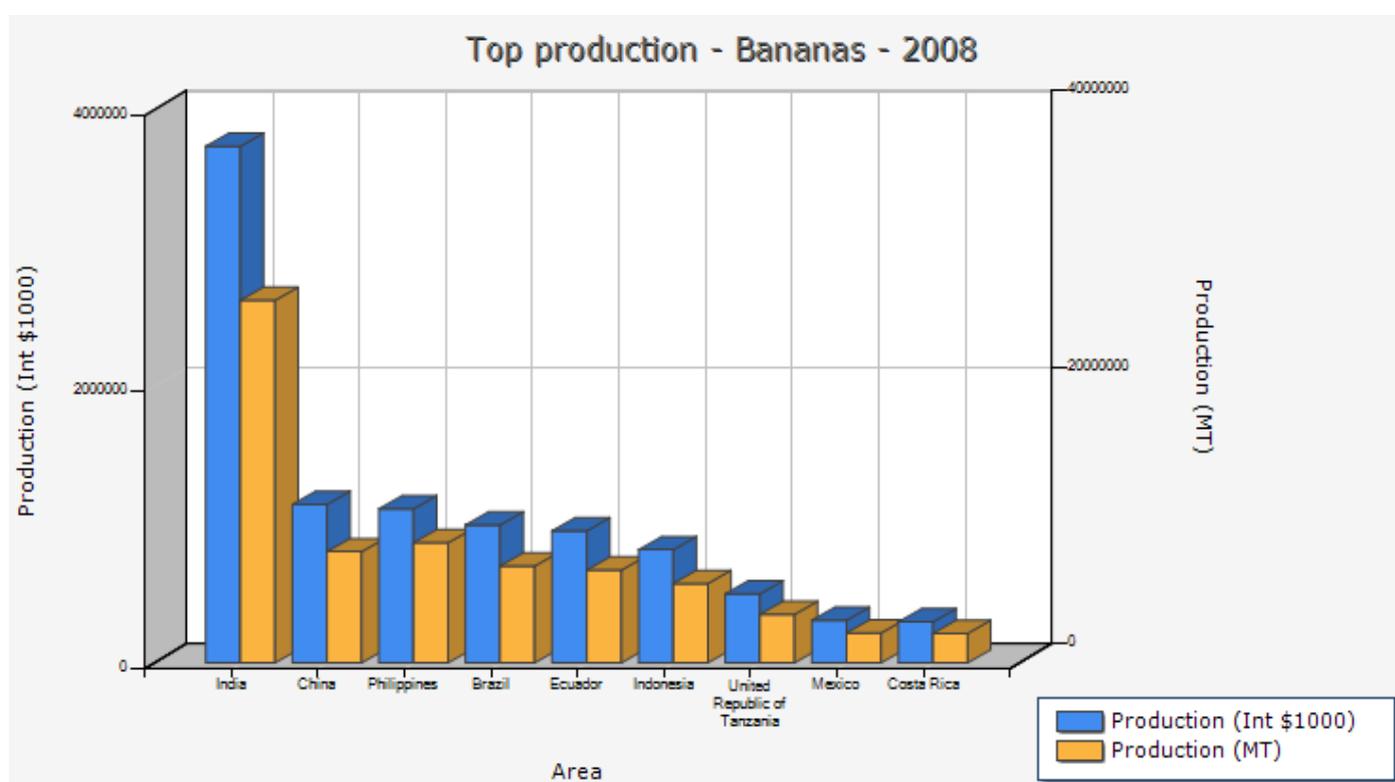


Figura 1. Produção mundial de Bananas no ano de 2008

Os cultivares de banana são classificados de acordo com sua procedência genética a partir das duas espécies selvagens, *Musa acuminata* (A) e *Musa balbisiana* (B) (ITAL, 1995). As espécies selvagens produzem frutos que não são comestíveis por possuírem muitas sementes. No entanto, um acidente genético criou plantas com três cromossomos ao invés de dois, cujo fruto possui apenas traços das sementes (PEARCE, 2003).

O fruto de banana possui três camadas distintas: o exocarpo, que forma a casca da fruta; o mesocarpo, que é uma camada intermediária relativamente grossa; e o endocarpo, uma camada interna membranosa que é formada pelos lóculos (MAURO, 1992).

A banana comestível é um fruto partenocárpico, ou seja, não precisa do estímulo da polinização. Na Figura 2 apresenta-se um diagrama esquemático da seção transversal do fruto durante o desenvolvimento.

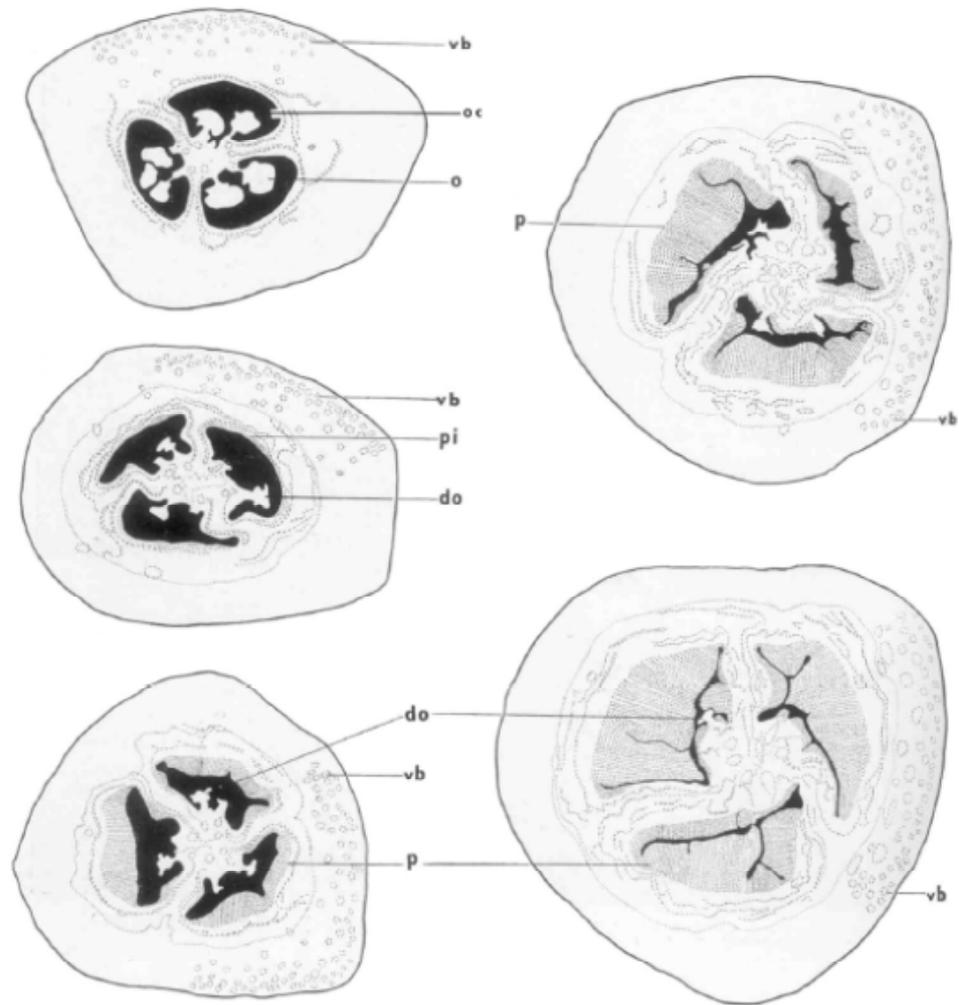


Figura 2. Desenvolvimento da banana partenocárpica, cultivar. *Pisang lilin*. Adaptado de RAM et al (1962) – evolução temporal do topo para baixo e da direita para a esquerda. Legenda: o – óvulo; oc – cavidade ovária; vb – aglomerado de canais vasculares; pi – células iniciadoras da polpa; do – óvulos desorganizados, p – polpa.

O crescimento do fruto se dá em dois estágios, primeiramente pelo crescimento, para dentro, do pericarpo que reveste os lóculos internamente e, em seguida, pela expansão do eixo floral central, da placenta e dos septos. No estágio final, a cavidade

ovária é substituída por um tecido macio e carnudo, sem que os óvulos tenham se transformado em sementes. Os óvulos desorganizados podem ser identificados no fruto maduro como pequenos pontos pretos no interior da parte comestível (SIMMONDS, 1966).

Composição centesimal

A banana constitui uma importante fonte na alimentação humana pelo valor calórico, energético e principalmente pelo conteúdo mineral e vitamínico que apresentam. O fruto é basicamente composto de água (70%); proteína (1,2%); carboidrato rico em fósforo (27%), apresentando regular teor de cálcio, ferro, cobre, zinco, iodo, manganês, cobalto, vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina e vitamina C (SIMÃO, 1971, citado por LIMA, 1999). A banana possui teores relativamente elevados de proteína, comparada a outras frutas e uma quantidade de energia de 92 kcal/100g (NEPA, 2006).

No Quadro 1 apresenta-se a evolução dos teores de amido e de açúcares ao longo do processo de maturação da banana pós-colheita, correlacionada com a cor da casca. Nota-se que o amido é gradativamente convertido em açúcares redutores e sacarose durante este processo. Essa conversão é mais pronunciada entre os estágios 5 e 6. A composição centesimal possui influência direta na temperatura de transição vítrea e, por conseguinte, no encolhimento da parte comestível da banana. Um teor elevado de açúcares leva a uma maleabilização da fruta, o que pode ser constatado pelo fato da fruta ficar “mais mole” ao longo da maturação.

Quadro 1. Evolução da composição de amido e açúcares da parte comestível de banana (*Musa Cavendishii*) correlacionada com a cor da casca

Estágio	Coloração da casca	Amido (%)	Açúcares redutores	Sacarose (%)
1	Verde	61,7	0,2	1,2
2	Verde	58,6	1,3	6,0
3	Verde com traços amarelos	42,4	10,8	18,4
4	Mais verde que amarela	39,8	11,5	21,4
5	Mais amarela que verde	37,6	12,4	27,9
6	Amarela com ponta verde	9,7	15,0	53,1
7	Amarela	6,3	31,2	51,9
8	Amarela com poucos pontos pretos	3,3	33,8	52,0
9	Amarela com muitos pontos pretos	2,6	33,6	53,2

Fonte: (Lii et al., 1982 citado por Katewaka, 2006)

Nos Quadros 2 e 3 apresentam-se, respectivamente, o teor mineral e o conteúdo de vitaminas da banana madura, segundo alguns autores reportados na literatura, citados por Lima (1999).

Quadro 2. Teor Mineral da banana** madura

Teor Mineral	Referência		
	Jacobs (1951) (mg/100g)	Moreira (1987) (mg/100g)	Macrae et al. (1993) (mg/100g)
Sódio	-	1	1
Potássio	-	881	350
Cálcio	8,8	29	7
Magnésio	-	31	42
Fósforo	28	29	28
Ferro	0,6	0,89	0,4
Cobre	-	0,10	0,16
Zinco	-	0,19	0,2
Enxofre	-	10	13
Cloro	-	118	79
Manganês	-	0,99	-

** "Nanica"

Quadro 3. Vitaminas existentes na banana** madura

Vitaminas	Referência		
	Jacobs (1951) (mg/100g)	Moreira (1987) (mg/100g)	Macrae et al. (1993) (mg/100g)
Caroteno (A)	430 U.I	540-500U.I	0,200
Tiamina (B1)	0,09	0,04-0,06	0,040
Riboflavina (B2)	0,06	0,06-0,08	0,070
Ácido Nicotínico	-	-	0,600
Acido Ascórbico (C)	10,0	0,10-0,11	10,000
Vitamina E	-	-	0,200
Vitamina B6	-	-	0,510
Folato	-	-	0,022
Pantotenato	-	-	0,26
Niacina	0,6	-	-

** "Nanica"

Pelo conteúdo mineral e vitamínico da banana é possível afirmar a importância deste produto na alimentação, justificando até mesmos incentivos ao consumo, uma vez que é um produto de qualidade nutricional e de grande importância no agronegócio brasileiro, como pode ser observado nos Quadros 4 e 5.

Quadro 4. Ponderações utilizadas para cada segmento do PIB do agronegócio de Minas Gerais para o ano de 2010.

Agricultura	Part. % em 2010
Café	33,67
Cana-de-açúcar	12,49
Milho	11,63
Soja	12,67
Carvão vegetal	7,84
Feijão	5,47
Batata-inglesa	6,81
Banana	3,17
Tomate	3,01
Laranja	1,04
Algodão herbáceo	0,96
Mandioca	0,76
Arroz	0,47
Total	100,00

Fonte: Cepea-USP /Faemg /Seapa.

Quadro 5. Crescimento do volume e preços reais das lavouras (% a.a.) – 2010/09

	Quantidade	Preços reais	Valor
Café	22,24	8,70	32,87
Milho	-7,31	-9,03	-15,68
Soja	4,35	-22,33	-18,95
Cana-de-açúcar	4,34	14,11	19,06
Feijão	3,75	23,11	27,73
Batata-inglesa	1,05	-0,64	0,40
Carvão vegetal	1,74	37,66	40,06
Mandioca	-3,68	43,48	38,20
Tomate	-0,41	-15,64	-15,98
Laranja	8,92	77,39	93,20
Banana	5,05	13,60	19,33
Algodão herbáceo	0,08	38,93	39,04
Arroz	-9,97	-5,36	-14,80

A maioria dos bananicultores são pequenos produtores, que usam a banana como fonte de recurso adicional. A importância estende-se à fixação do homem no campo, sendo inclusive uma fonte contínua de alimento e de renda, pois é produzida durante todo o ano (SILVA et al, 2003).

Considerando que o Brasil é um grande produtor de banana, a possibilidade de exploração dessa fruta com fins comerciais é sempre uma grande perspectiva para o produtor. Entretanto, como toda fruta tem um prazo definido para aproveitamento *in natura*, é crescente o interesse dos produtores por tecnologias que permitam a obtenção da banana com maior prazo de validade, e a secagem apresenta-se como uma solução para este problema (AGUIAR, 2006).

2.2. Banana passa

O processamento por desidratação, na obtenção da banana-passa é simples, envolve poucas operações, requer pouca mão-de-obra e baixo investimento em equipamentos, e pode ser viável em diferentes escalas de produção. Seu valor energético é da ordem de 318cal/100g, sendo que 125g por dia bastariam para cobrir um quarto das necessidades alimentícias de um menino de 10 anos, em valor energético, glicídeos, proteínas de origem vegetal, potássio, ferro e magnésio, e um oitavo das necessidades em fósforo, cloro, zinco e vitamina C (TRAVAGLINI et al., 2002).

Na Figura 3 encontra-se o fluxograma da produção convencional de banana passa.

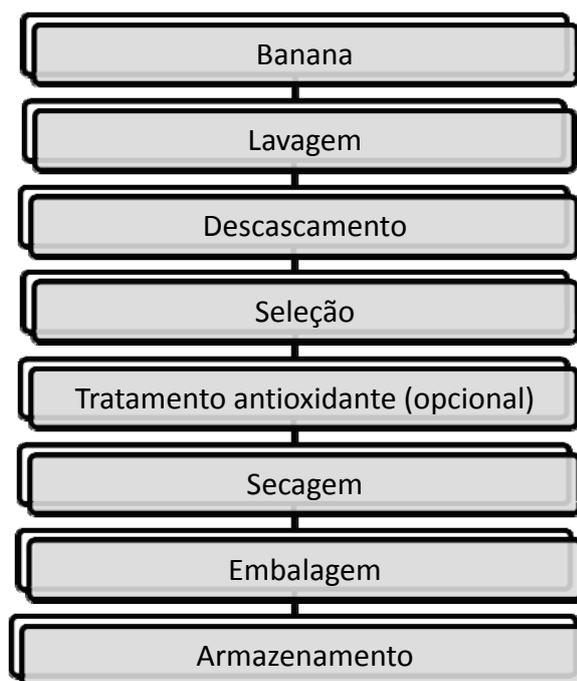


Figura 3. Fluxograma de produção convencional de banana-passa

De acordo com Medina et al. (1995), as condições ideais de secagem de banana em secadores tipo túnel, considerando-se os fatores de qualidade e cor do produto são: temperatura do ar de secagem de 70°C e velocidade tangencial do ar de 3 m/s. O tempo de secagem é de cerca de 12 a 16 horas, quando a umidade relativa exterior está entre 70 e 90%. Ao final da secagem o teor de água do produto está em torno de 25% (b.u.), de acordo com a Resolução 12/78 da CNNPA (1985). Porém, Bansal e Garg (1987) recomendam que a umidade final do produto seja de 15% (b.u.).

Luccas (1996) ao estudar a secagem de bananas em leito fluidizado desenvolveu um processo em que rodela do produto foram submetidas a uma velocidade de ar de 10 m/s a temperaturas de 110 a 150 °C, por 15 e 6 minutos, respectivamente, seguido de secagem convencional por 5,5 horas a 70°C e 1,25 m/s de velocidade do ar. O produto apresentou alto índice de reidratação, cor atraente, baixa densidade real e crocância, após comparação com a secagem convencional. Em ambos os casos, as rodela de banana foram pré-tratadas em suspensão de amido de mandioca gelatinizado na concentração 2%, à temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) por 2 minutos.

Segundo Lima et al. (2000) a banana madura seca pode ser armazenada satisfatoriamente por alguns anos sem adição de conservantes.

2.3. Secagem convectiva

A secagem é uma das técnicas tradicionais de conservação de alimentos mais utilizadas. Possui a vantagem de ser uma técnica simples e consiste na redução da disponibilidade de água, o que impede o desenvolvimento de microrganismos e a ocorrência de reações bioquímicas deteriorativas permitindo a obtenção de produtos com maior vida de prateleira. Além disso, o processo envolve menores custos e volumes de acondicionamento, armazenagem e transporte. Em alguns casos, a desidratação apresenta a vantagem adicional de colocar ao alcance do consumidor uma maior variedade de produtos alimentícios que podem ser disponibilizados fora da safra, como é o caso das frutas desidratadas (PARK et al., 2001; GABAS, 1998).

Com a expansão do mercado, surge o desafio de utilizar tecnologias baratas e adequadas na produção de alimentos que atendam às exigências do consumidor e do produtor. Cada vez mais se têm buscado adaptar técnicas e processos capazes de transformar matérias-primas “danificadas” ou “sem uso” ou ainda fora da classificação, em produtos de alto valor agregado e com consumidores em potencial. A desidratação, além de ser utilizada como um método de conservação, impedindo a deterioração e perda do valor comercial, objetiva também o refinamento do alimento, tendo-se como consequência a instalação de um novo produto no mercado, o que usualmente vem motivando os investimentos de produção e beneficiamento agrícola, face aos benefícios monetários que derivam da transformação do produto (UNIFEM, 1989).

Estudos feitos com relação à movimentação de umidade no interior de produtos submetidos ao processo de secagem revelaram que, o transporte de umidade ocorre por difusão de líquido ou difusão de vapor ou, ainda, pela combinação de ambos os mecanismos, predominando um ou outro durante a secagem (ALVARENGA et al., 1980, citado por RODRIGUES, et al., 2008). Entretanto, Fortes e Okos (1981) afirmaram que em determinada fase da secagem, o movimento de umidade é, basicamente, determinado pela difusão de líquido.

De acordo com Nicoletti (2001) os principais fatores que afetam a taxa de secagem são as propriedades físicas do produto, o arranjo geométrico do produto em relação à superfície de transferência de calor, as propriedades físicas do ambiente de secagem e a característica do equipamento de secagem. Dos fatores citados, o que mais influencia a taxa de secagem é a natureza da matéria prima, compreendendo a constituição química e física das paredes das células.

A secagem de bananas é utilizada não só para fins de conservação, mas também devido ao valor agregado ao produto seco, como na produção de chips (DEMIREL & TURHAN, 2003) e banana-passa (NOGUEIRA & PARK, 1992). Secagem convectiva de bananas e plátanos (*Musa AAB*) foi utilizada em diversos trabalhos encontrados na literatura (JOHNSON et al., 1998; QUEIROZ & NEBRA, 2001; BOUDHRIOUA et al., 2002; DANDAMRONGRAK et al., 2002; LIMA et al., 2002; DEMIREL & TURHAN, 2003). Referências a outros processos de secagem, como secagem por micro-ondas (MASKAN, 2000) e de desidratação osmótica (MAURO, 1992; SANKAT et al., 1996) também foram encontradas.

2.4. Desidratação osmótica

A desidratação por imersão-impregnação (DII), também denominada desidratação osmótica, tem sido utilizada como pré-tratamento que melhora algumas propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais do produto seco (TORREGGIANI & BERTOLO, 2001). A retirada parcial de água é obtida por imersão da matéria-prima em soluções hipertônicas onde a complexa estrutura da parede celular dos alimentos age como uma membrana semipermeável, não completamente seletiva aos íons e compostos presentes tanto na solução osmótica quanto no interior do alimento (LENART & PIOTROWSKI, 2001). Estabelece-se assim um fenômeno caracterizado por três tipos de fluxo: água do produto para a solução; soluto da solução para o produto; e solutos naturais do produto, como ácidos orgânicos, minerais e vitaminas, para a solução, com conseqüente alteração de sua composição química (RAOULT-WACK et al., 1994).

A desidratação osmótica minimiza os efeitos adversos que geralmente aparecem com a utilização dos métodos convencionais de secagem, como dureza excessiva, degradação da cor, aroma e sabor, escurecimento enzimático, além de dificuldade na reidratação. Também estão relacionados com a melhoria de muitas propriedades nutricionais e funcionais dos produtos quando comparados com outros processos de desidratação direta, como maior retenção de componentes voláteis durante a secagem subsequente e baixo consumo de energia (MAEDA & LORETO, 1998; POKHARKAR et al., 1997 e TORREGGIANI, 1993). O uso de temperaturas moderadas de operação, bem como o fato de a água ser removida do alimento, sem que haja nenhuma mudança de fase, contribui também para a melhoria da qualidade do produto final.

A desidratção osmótica, entretanto, não é capaz de, por si só, reduzir a atividade de água de um alimento a níveis suficientemente baixos que garantam sua estabilidade (TORRINGA et al., 1998). Em geral, a desidratção osmótica elimina ao redor de 50% da massa inicial do vegetal devido à redução da umidade. A perda de água ocorre, principalmente, durante as duas primeiras horas e o maior ganho de sólidos, durante os 30 minutos iniciais (GIANGIACOMO et al. 1987). A impregnação de solutos pode ser desejável, como é o caso de frutas com elevada acidez, cujo tratamento em soluções de açúcar torna o sabor mais agradável (VIAL et al., 1991). No entanto, excessiva incorporação de solutos pode ser inconveniente nesses processos.

Em estudos realizados com bananas, observou-se que, após a desidratção osmótica sob condições adequadas, não houve escurecimento enzimático, mesmo sem o uso de tratamentos antioxidantes. A textura e o sabor da banana também foram superiores aos de produtos encontrados normalmente no comércio, feitos a partir de métodos tradicionais de secagem (MAEDA & LORETO, 1998).

Parâmetros como a cor, sabor e aroma de frutas, sensíveis à secagem por convecção em ar aquecido, foram melhorados quando uma etapa prévia de desidratção por imersão-impregnação foi utilizada (LAZARIDES et al., 1997; IKOKO & KURI, 2007).

Sousa et al. (2003a) fizeram a desidratção de banana com o pré-tratamento osmótico à pressão atmosférica e sob vácuo, seguida da secagem em estufa e a partir dos resultados sensoriais, microbiológicos e do tempo gasto no processo sugeriram a desidratção osmótica sob vácuo seguida de secagem para obtenção de banana passa por exigir menor tempo de imersão dos frutos no xarope e menor tempo de secagem, além de melhor aceitação dos produtos.

Queiroz et al. (2007) avaliaram as características físico-químicas e sensoriais de goiabas *in natura* e submetidas à desidratção por imersão-impregnação e à secagem complementar por convecção, além de avaliar a estabilidade da cor das goiabas secas após 30, 60 e 90 dias de armazenamento sob refrigeração. Amostras de goiaba foram imersas em soluções de sacarose a 0,4 e 0,5 g mL⁻¹, sacarose a 0,3 g mL⁻¹ + sucralose a 0,2 g L⁻¹, açúcar invertido a 41% (p/p) e açúcar invertido sem diluição. As goiabas submetidas à desidratção por imersão-impregnação tiveram boa aceitação sensorial, e aquelas secadas apenas por convecção não foram aceitas pelos consumidores.

Conforme citado por Gomes et al. (2007) a calda formada com a perda de água das frutas e hortaliças e do açúcar usado na desidratção ainda pode ser aproveitada,

quando fermentada, podendo ser destilada, produzindo aguardentes e licores e o fermentado pode ser, por sua vez, fermentado aceticamente para produção de vinagres finos com sabores e aroma das frutas.

2.5. Gaseificação de Biomassa

A gaseificação é um processo em que um combustível sólido (a biomassa) é convertido em um gás de baixa ou média capacidade calorífica. O oxidante para o processo de gaseificação pode ser o ar atmosférico ou oxigênio puro. Os sistemas que utilizam oxigênio puro permitem produzir um gás de maior capacidade calorífica, sendo também mais rápida a sua produção. No entanto, os custos de produção deste energético aumentam consideravelmente.

Considera-se que todo gás carbônico produzido durante o processo de gaseificação é absorvido pelas plantas que serão utilizadas novamente no processo como biomassa. Se a biomassa for queimada de modo eficiente, há apenas a produção de dióxido de carbono e água e podemos dizer o processo é cíclico e que a biomassa é um recurso renovável (SILVA et al., 2004).

Há vários tipos de gaseificadores, que funcionam em diferentes temperaturas e/ou pressões. Os mais comuns são os reatores de leito fixo e de leito fluidizado. Na gaseificação em leito fixo a matéria a ser gaseificada só se move por ação da gravidade e é o tipo de equipamento adequado para a conversão de quantidades relativamente pequenas de biomassa. Gaseificadores de fluxo descendente produzem gases com baixos teores de alcatrão e de material particulado.

Na Figura 4 encontra-se o esquema de um gaseificador de leito fixo e fluxo ascendente e na Figura 5, o de um gaseificador de leito fixo e fluxo descendente.

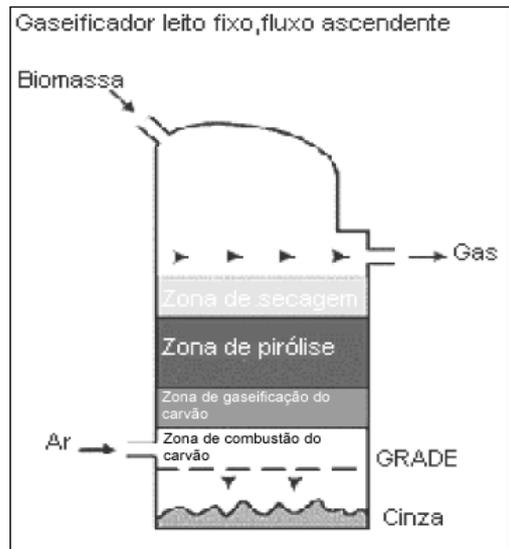


Figura 4. Esquema de um gaseificador de leito fixo e fluxo ascendente

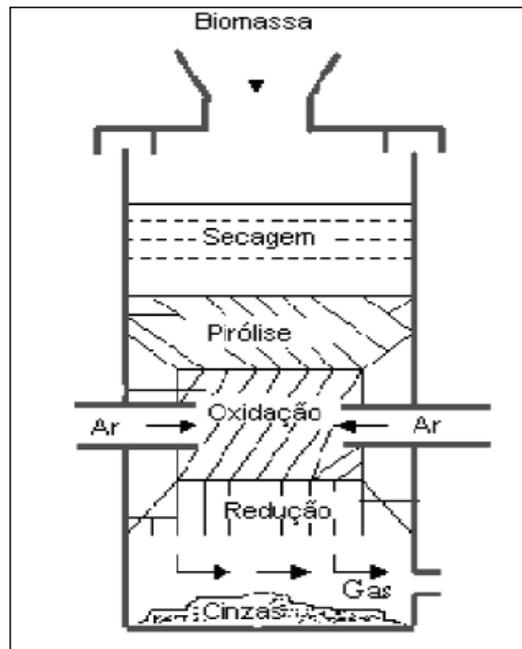


Figura 5. Esquema de um gaseificador de leito fixo e fluxo descendente

Conforme Martin (2005), o uso do gás combustível obtido por meio do processo de gaseificação de biomassa pode ter diversos fins, tais como térmicos (em secadores ou aquecedores), em substituição a combustíveis fósseis em veículos ou para a geração de energia elétrica (muito defendida como uma alternativa importante para países em desenvolvimento e no suprimento de eletricidade em locais isolados).

Santos (2008), citando o trabalho realizado por Vieira (2005), relatou que o acoplamento do reator de gaseificação a uma câmara de combustão de gases mostrou-se

uma alternativa tecnicamente viável para aquecimento direto de ar, obtendo-se ar quente e limpo para várias aplicações.

No Brasil, a biomassa constitui uma das alternativas energéticas frequentemente avaliadas, considerando a extensão de áreas agricultáveis no país, as características edafo-climáticas de seus ecossistemas e a sua diversidade biológica. A biomassa convertida em biocombustíveis tem a vantagem de ser renovável, a possibilidade de ser produzida perto do seu local de uso e a capacidade de se adaptar às condições de solo e clima de uma determinada região. E por ser uma atividade que envolve a fase agrícola ou silvicultural, tem um importante alcance do ponto de vista socioeconômico, na medida em que pode contribuir grandemente para a geração de emprego e melhoria das condições de vida das populações rurais (CENBIO, 2002).

A imensa superfície do território nacional, quase toda localizada em regiões tropicais e chuvosas oferece excelentes condições para a produção e utilização da biomassa em larga escala. Os resíduos agrícolas, madeira, eucalipto, cana-de-açúcar, lenha e carvão vegetal são alguns exemplos de biomassas indicadas para uso em gaseificador.

2.6. Análise Sensorial

Nas atuais condições, com mercados multinacionais e mais competitivos, o sucesso de um produto depende não só dos aspectos de eficiência do processo e viabilidade econômica, mas, também, da satisfação ao sabor e expectativas do consumidor; portanto, considerar esses fatores é essencial no processo de desenvolvimento, otimização e melhoria da qualidade dos produtos e, para tanto, a análise sensorial se constitui em importante ferramenta (CAMARGO et al., 2007).

Em vários trabalhos reportados na literatura foi utilizada a análise sensorial para avaliar a aceitação de produtos obtidos a partir de diferentes formulações e métodos. Jesus et al. (2005) avaliaram a banana-passa obtida a partir de frutos de diferentes genótipos de bananeira. O processamento da banana-passa incluiu a aplicação de tratamento antioxidante, com ácido ascórbico (0,25%) e ácido cítrico (0,30%), e desidratação osmótica, com sacarose (40%, a 70°C). As bananas-passa tiveram boa aceitação sensorial, com médias superiores a 6 (gostei ligeiramente) para os atributos aparência, cor, aroma, sabor e textura, permitindo concluir que a banana-passa produzida a partir da cultivar Prata Anã e de seus híbridos é a mais aceita sensorialmente e que todos os frutos dos genótipos avaliados podem ser usados para a

fabricação do produto. Gonçalves e Blume (2008) utilizaram a análise sensorial para avaliar a aceitabilidade e preferência entre os produtos de abacaxi tratados osmoticamente (45 °Brix) e não tratados e, obtiveram que o abacaxi tratado osmoticamente teve maior aceitação e maior preferência.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida no laboratório de Secagem e Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) e nos Laboratórios de Pigmento e Secagem e de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG.

3.1. Matéria-prima

Para realização dos experimentos foram utilizadas, como matéria-prima, bananas da variedade Prata provenientes da região da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, adquirida no comércio de Viçosa-MG. Estas foram selecionadas de acordo com a observação visual da cor da casca, totalmente amarelada e em tamanho homogêneo.

3.2. Preparo da amostra

As bananas foram sanitizadas com uma solução de cloro livre de concentração de 50 ppm, durante 15 minutos. Posteriormente, estas foram enxaguadas em água corrente a fim de se retirar o excesso da solução. Em seguida, descascadas, cortadas em círculos de 25 mm de espessura com auxílio de um cortador em aço inox de tripla lâmina, que foi desenvolvido para este fim, mantendo-se a espessura constante.

Antes do início de cada secagem, foram retiradas amostras do produto para determinação do teor de umidade inicial, utilizando o método descrito pela AOAC (1992).

3.3. Planejamento Experimental

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado (DIC). Foram realizados quatro tratamentos: Desidratação sem pré-tratamento

utilizando Gás de biomassa; Desidratação sem pré-tratamento utilizando GLP; Desidratação com pré-tratamento com Sacarose utilizando GLP; Desidratação com pré-tratamento com Sucralose utilizando GLP. O experimento foi realizado em cinco repetições, em que cada bandeja representou uma repetição.

3.4. Desidratação Osmótica

Foram preparadas soluções osmóticas de sacarose e sucralose para a produção de banana passa convencional e de baixa caloria, respectivamente.

A solução de Sacarose foi preparada sob aquecimento a 65°C até a quantidade de sólidos solúveis de 65° Brix, medida em refratômetro. O pH do xarope foi ajustado para 3,0 pela adição de ácido cítrico. Já a solução de Sucralose não atingiu 65 °Brix porque esse edulcorante apresenta um poder adoçante equivalente a 600 vezes o poder adoçante da Sacarose, segundo informações do fornecedor (TOVANI, 2011). Optou-se, então, por fazer a solução osmótica, com a quantidade de Sucralose equivalente à quantidade de Sacarose usada para atingir 65° Brix. A solução foi preparada sob aquecimento a 65°C e o pH da solução foi ajustado para 3,0 pela adição de ácido cítrico.

A desidratação foi realizada pela imersão das amostras na solução osmótica a 50°C, com tempo de incubação de 2 horas. O procedimento é mostrado nas Figuras 6 e 7.

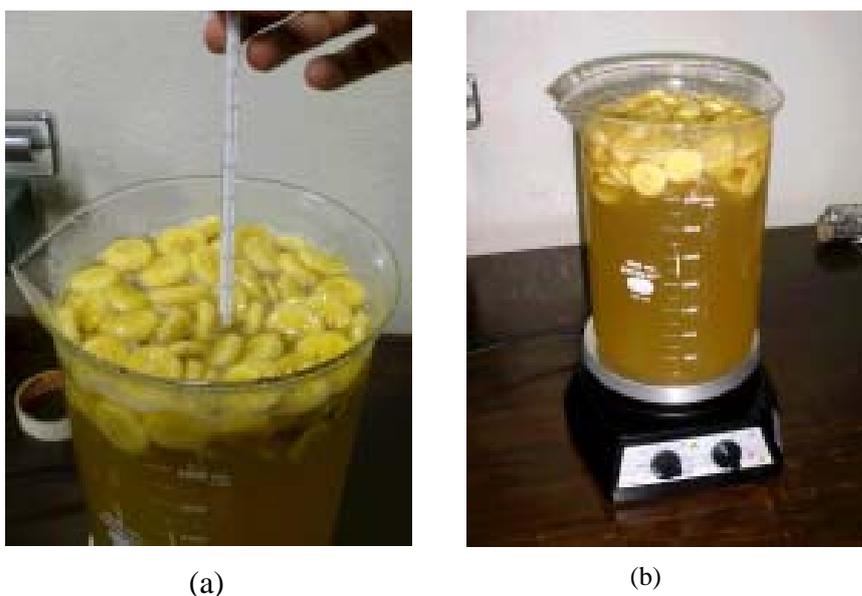
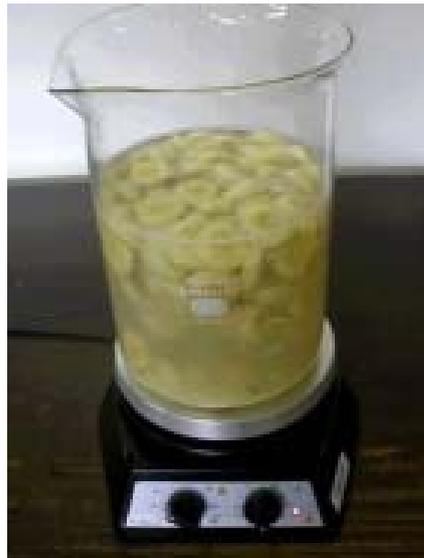


Figura 6. Desidratação osmótica com Sacarose



(a)



(b)

Figura 7. Desidratação osmótica com Sucralose

Após a desidratação por imersão-impregnação, as amostras foram enxaguadas com água destilada, para remoção do filme de açúcar formado na superfície e envolvidas em papel absorvente para retirada do excesso de água, conforme mostrado na Figura 8.



(a)



(b)

Figura 8. Bananas em papel absorvente após a desidratação osmótica com Sacarose (a) e com Sucralose (b)

3.5. Secagem convectiva

A secagem convectiva foi realizada em um desidratador de bandejas, projetado para a desidratação de frutas, modelo PD-25, da Indústria Polidryer, com capacidade para 24 Kg de banana (Figura 9).



Figura 9. Desidratador de bandejas

Foram realizados dois tratamentos para a secagem: o primeiro utilizando gás proveniente da gaseificação de carvão vegetal e o segundo utilizando gás liquefeito de petróleo (GLP). Foi utilizada uma temperatura de secagem e uma velocidade do ar de secagem de aproximadamente, 70°C e $1,5 \text{ m.s}^{-1}$, respectivamente, para os dois tratamentos.

3.5.1. Secagem utilizando o gás de gaseificação

Para a secagem utilizando o gás de gaseificação foram feitas adaptações para que o gaseificador fosse acoplado ao desidratador. Essas adaptações são mostradas nas Figuras 10 e 11.

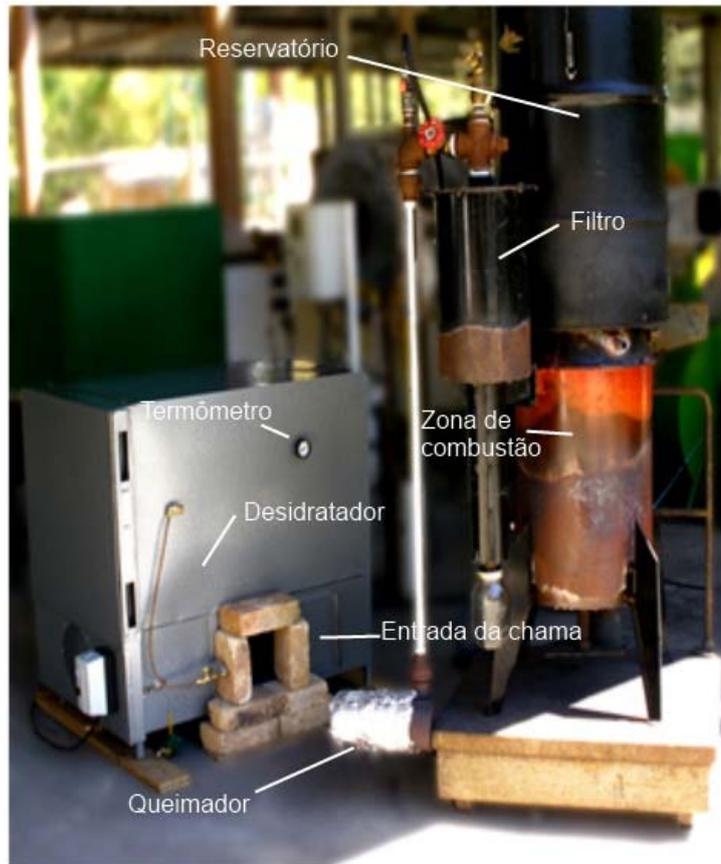


Figura 10. Desidratador e Gaseificador com as adaptações



Figura 11. Sistema desidratador-gaseificador pronto para utilização

O aquecimento foi realizado por chama direta, proveniente da combustão que queima o gás de síntese produzido no gaseificador de biomassa, conforme esquematizado por Oliveira (2011) e mostrado na Figura 12. A chama foi colocada de forma a ficar dentro da entrada lateral do desidratador e a sua distância foi controlada de forma a atingir a temperatura desejada.

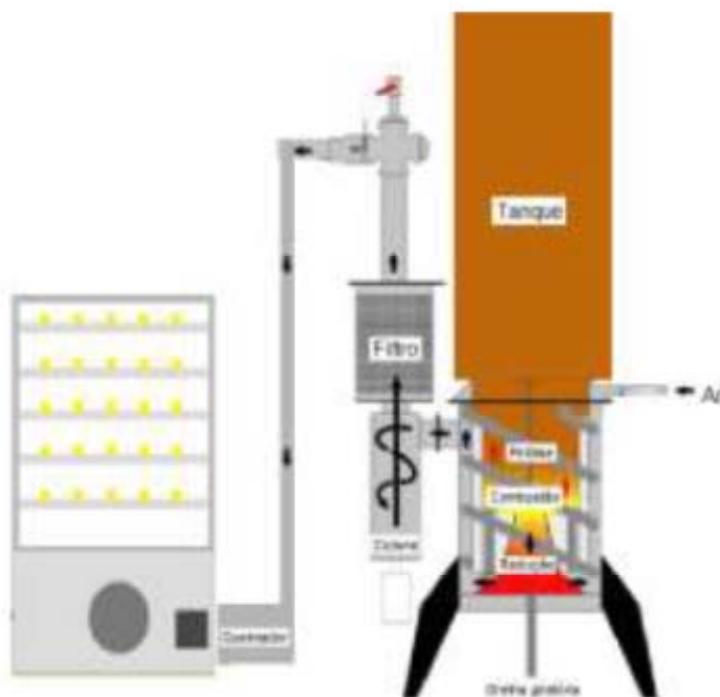


Figura 12. Esquema do processo de secagem de banana por meio da gaseificação de carvão vegetal.
(Oliveira, 2011)

As bananas foram distribuídas em cinco bandejas numeradas, colocando-se 25 rodela espaçadas de forma uniforme em cada bandeja, conforme mostrado na Figura 13.



(a)



(b)

Figura 13. Distribuição das bananas na bandeja (a) e distribuição das bandejas no desidratador (b)

Durante a secagem, as bandejas foram pesadas de 15 em 15 minutos, durante as 3 horas iniciais, de 30 em 30 minutos nas horas seguintes e de 60 em 60 minutos até as bananas atingirem umidade final de 20 ± 1 % (b.u.). O final da secagem foi estimado pela massa e teor de água inicial de produto na bandeja, segundo a Equação 01.

$$P_f = P_i \frac{(100 - U_i)}{(100 - U_f)} \quad [01]$$

Em que:

P_i = massa inicial de bananas de uma bandeja, em kg;

U_i = umidade inicial dos frutos, em base úmida;

U_f = umidade final desejada para o produto (20% b.u.); e

P_f = massa final da banana seca, em kg.

O consumo de carvão vegetal utilizado no aquecimento do ar de secagem foi registrado através da redução da massa do mesmo ao final do processo, detectado por uma balança mecânica, com capacidade para 250 kg e precisão de 0,200 kg, sobre a qual foi colocado o gaseificador.

3.5.2. Secagem utilizando o GLP

Foram realizadas outras três desidratações da banana:

- Sem pré-tratamento osmótico;
- Com pré-tratamento osmótico utilizando solução de Sacarose; e
- Com pré-tratamento osmótico utilizando solução de Sucralose.

Foi montado um sistema de aquisição de dados para o monitoramento da temperatura entre as bandejas e em outros pontos no interior do desidratador. Porém, por limitações técnicas, o monitoramento não pôde ser realizado em todos os testes. Como o objetivo do monitoramento era acompanhar o perfil de temperatura do ar de secagem no interior do desidratador, o acompanhamento realizado nos 2 últimos testes foram coerentes e cumpriram com o objetivo do sistema montado.

A montagem do sistema é mostrada na Figura 14.



(a)

(b)

Figura 14. Sistema de aquisição de dados (a) e módulos registradores de temperatura ligados aos termopares (b).

Nas Figuras 15 e 16 são observadas as posições dos termopares distribuídos para o monitoramento do perfil de temperatura do ar de secagem no interior do desidratador.



(a)



(b)

Figura 15. Termopares ligados ao desidratador (a) e distribuição dos termopares no interior do desidratador (b).

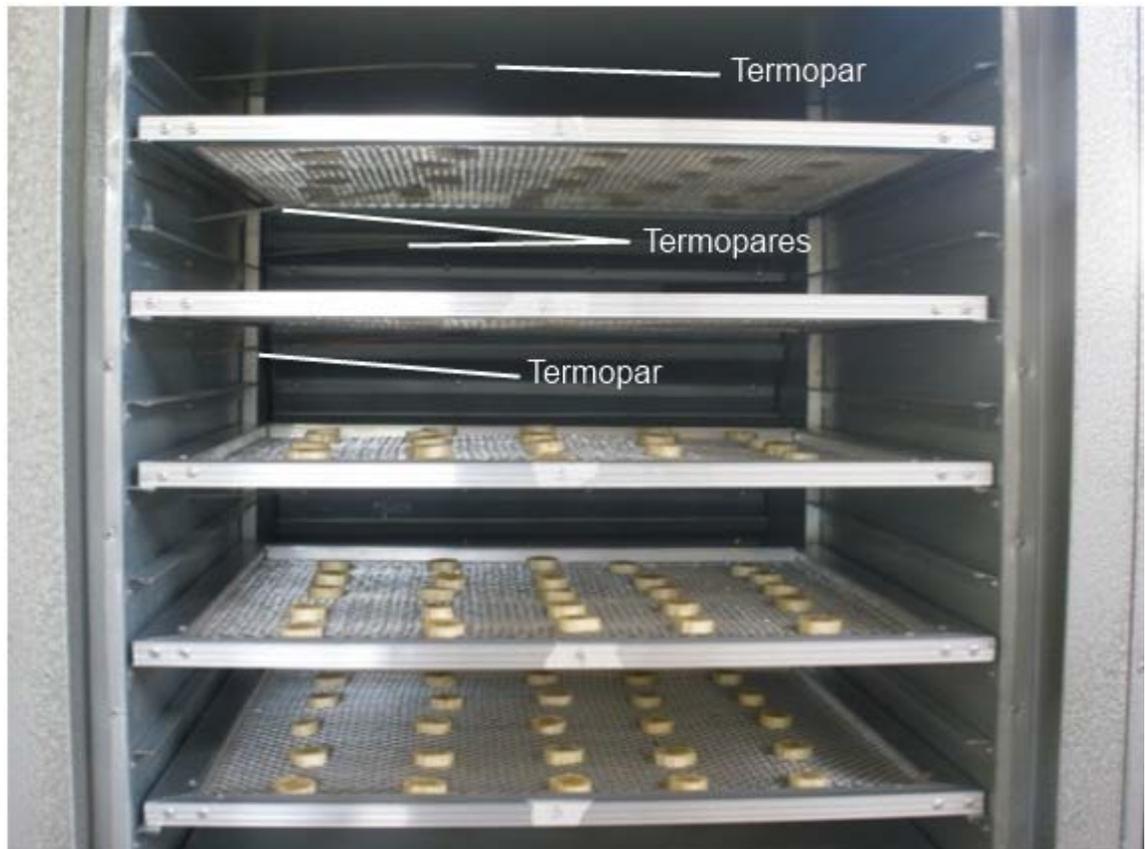
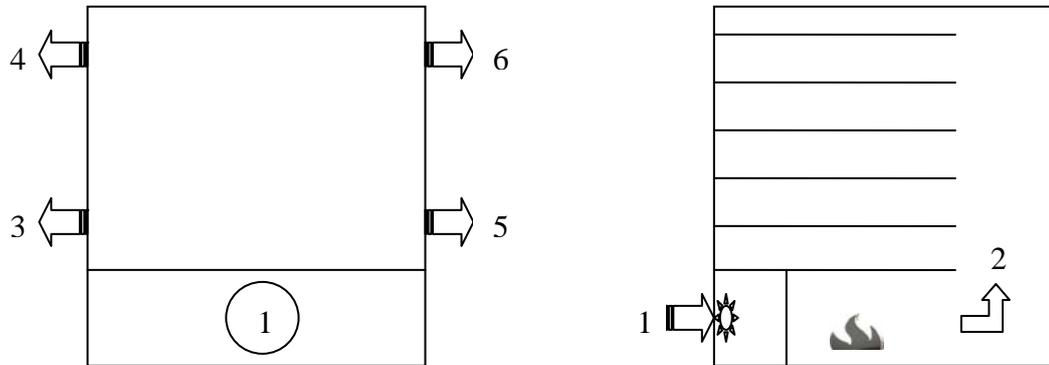


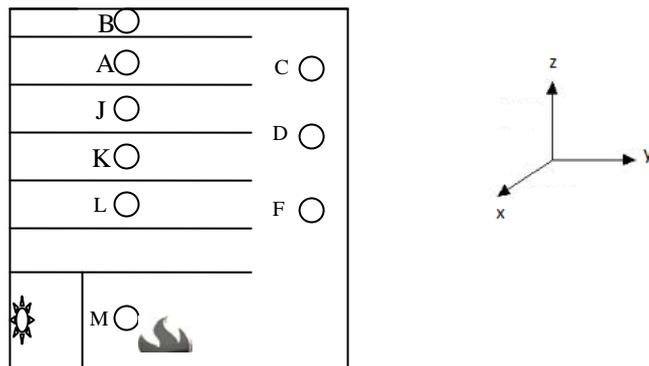
Figura 16. Interior do desidratador com as bandejas, onde é possível ver a posição dos termopares

Na Figura 17 é apresentado um esquema indicando as posições dos termopares no interior do desidratador, indicados por círculos acompanhados de letras, e as posições das entradas e saídas de ar, indicadas pelas setas.



(a) Vista frontal do desidratador. O número 1 indica a entrada de ar e os números de 3 a 6 indicam as saídas de ar

(b) Corte YZ do desidratador. O número 1 indica a entrada de ar e o número 2, o sentido do fluxo de ar no interior do desidratador



(c) Corte YZ do desidratador. As letras indicam os termopares

Figura 17. Desenhos esquemáticos da distribuição dos termopares no interior do desidratador e das entradas e saídas do ar de secagem

Foi registrado o consumo do GLP através da redução da massa do mesmo ao final dos processos, detectado por uma balança mecânica, com capacidade para 150 kg e precisão de 0,200 kg, sobre a qual foi colocado o botijão de gás.

Completado o período de secagem, os frutos desidratados foram acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade, transparentes, com sistema de fechamento hermético, do tipo *zip bag* com 0,1 mm de espessura, mostrados na Figura 18. Os produtos embalados foram armazenados à temperatura ambiente, em local protegido da luz, até a análise sensorial.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 18. Banana passa sem pré-tratamento osmótico desidratada com gaseificação (a); Banana passa sem pré-tratamento desidratada com GLP (b); Banana passa com pré-tratamento osmótico com solução de Sacarose desidratada com GLP (c); Banana passa com pré-tratamento osmótico com solução de Sucralose desidratada com GLP (d)

3.6. Balanço de Energia

Foi avaliado o balanço energético dos dois métodos de secagem empregados, ou seja, utilizando o gás LP e o gás proveniente da biomassa (carvão vegetal) via gaseificação, como fontes energéticas, e estabelecidos os custos finais de cada processo. O balanço energético levou em consideração a energia necessária para o processo de secagem a partir das medições e conversões realizadas. Foram calculados os seguintes parâmetros: quantidade de água removida do produto, energia elétrica utilizada e custos da energia; gasto com combustível para cada processo; custo total da energia utilizada e rendimento.

3.6.1. Quantidade de água removida do produto

Para isso foram realizadas:

- a) *Determinação da massa final da massa de banana*: obtida pela Equação 01.
- b) *Perda de água*: obtida pela subtração da massa inicial da banana (P_i) da massa final da banana (P_f).
- c) *Porcentagem de perda de água (U%)*: calculada fazendo-se uso da Equação 02:

$$U\% = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} 100 \quad [02]$$

3.6.2. Energia elétrica utilizada e custos da energia

- a) *Energia elétrica utilizada*: obtida através da potência do ventilador que faz a circulação do ar no interior do desidratador, multiplicado pelo tempo gasto durante o experimento, obtendo o resultado em kWh.
- b) *Custo da energia elétrica (R\$)*: obtido pela multiplicação da quantidade de energia elétrica gasta durante o processo de desidratação da banana pelo preço público cobrado por kWh (CEMIG, 2011).

3.6.3. *Gasto com combustível para cada processo*

O custo da energia térmica (R\$) foi obtido pela multiplicação da quantidade de carvão utilizado durante o processo pelo preço do mesmo, e, pela multiplicação da quantidade de gás GLP utilizado pelo seu preço.

3.6.4. *Custo total da energia utilizada*

Foi obtido pelo somatório dos custos da energia elétrica e dos custos da energia térmica requerida para cada processo.

3.6.5. *Rendimento*

O rendimento da produção de banana passa foi determinado pela relação entre a massa do produto após a secagem e a massa do fruto *in natura*, determinada em balança semi-analítica, em cinco repetições.

3.7. Aceitabilidade Sensorial

Oliveira (2011) realizou a análise sensorial de bananas passa desidratadas utilizando energia de biomassa e por processo convencional com GLP. Foi observada diferença significativa no grau de aceitação das amostras analisadas, sendo a banana desidratada em sistema de aquecimento do ar de secagem utilizando GLP mais aceito que a banana desidratada em sistema de aquecimento do ar de secagem por meio da gaseificação de carvão vegetal.

Foi analisada então a aceitabilidade sensorial da banana passa com diferentes pré-tratamentos e comparada com a banana sem pré-tratamento utilizando a queima do GLP para a desidratação.

As análises de aceitação das bananas passa foram realizadas em cabines individuais e sob luz branca.

Foram oferecidas aos consumidores três amostras de banana passa:

- Desidratadas sem pré-tratamento osmótico usando-se a queima do GLP para aquecimento do ar de secagem;
- Desidratadas com pré-tratamento osmótico usando-se solução de sacarose e a queima do GLP para aquecimento do ar de secagem; e

- Desidratadas com pré-tratamento osmótico usando-se solução de sucralose e a queima do GLP para aquecimento do ar de secagem.

As três amostras de banana passa foram avaliadas, quanto à aceitação, por 31 consumidores de banana passa em relação à cor, sabor e textura. As amostras foram servidas em copos descartáveis brancos codificados com números de três dígitos, e servidas de forma aleatória e monádica, à temperatura ambiente. Um copo de água filtrada, em temperatura ambiente, foi oferecido aos consumidores para enxaguarem a boca entre as avaliações.

Cada consumidor recebeu uma ficha de avaliação para cada amostra, em que lhe foi solicitado que indicasse, segundo a escala hedônica estruturada de nove pontos (Figura 19) o seu julgamento em relação à aceitação do produto, sendo atribuída nota 9 para gostei extremamente até 1 para desgostei extremamente.

Foi realizado ainda um teste de intenção de compra por parte dos consumidores, os quais, depois de experimentarem as amostras assinalaram no mesmo formulário (Figura 19), se comprariam ou não o produto oferecido e se a intenção de compra aumentaria caso o produto fosse de *Baixa Caloria*.

Nome: _____ Sexo: F () M ()
 Idade: _____ Data: _____

Por favor, avalie a amostra servida e indique o quanto você gostou ou desgostou de cada um dos atributos sensoriais do produto, dando notas de acordo com a escala abaixo. Logo após, responda às questões.

9)Gostei extremamente
 8) Gostei muito
 7) Gostei moderadamente
 6) Gostei ligeiramente
 5) Indiferente
 4) Desgostei ligeiramente
 3) Desgostei moderadamente
 2) Desgostei muito
 1) Desgostei extremamente

Código da amostra: _____
 Cor: _____
 Sabor : _____
 Textura: _____

Após provar a amostra, você estaria disposto a comprar o produto?
)Certamente compraria
)Talvez compraria
)Não compraria

Sua intenção de compra aumentaria de esse produto fosse de *Baixa Caloria*?
) Sim Não ()

Comentários:

Figura 19. Modelo da ficha dos testes de aceitação e intenção de compra utilizada na análise sensorial

3.7.1. *Análise Estatística*

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos e 31 repetições (participantes do teste de aceitação).

Uma análise de variância (ANOVA) foi empregada para análise dos dados obtidos referente à aceitação das bananas desidratadas. A hipótese de nulidade (H_0) testada foi de que não havia diferença entre as médias de aceitação para as diferentes amostras de banana passa. Para verificar esta hipótese, a razão entre o quadrado médio da amostra ($QM_{Amostra}$) e o quadrado médio do resíduo ($QM_{Residuo}$) foi calculada em cada ANOVA, sendo esse valor (denominado estatística F) comparado ao valor tabelado em função do nível de significância adotado no teste (5%) e dos graus de liberdade das amostras e do resíduo. Para os casos em que H_0 foi rejeitada nas ANOVA's, o teste de comparação de média Tukey (1953) foi utilizado para verificar quais marcas diferiam entre si em termos de aceitação (ver, como exemplo, Minim (2006) citada por Della Lucia (2008)).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Balanço de energia

4.1.1. Quantidade de água removida do produto

Na Figura 20 são apresentadas as curvas de secagem para a banana desidratada utilizando a gaseificação de biomassa (carvão vegetal).

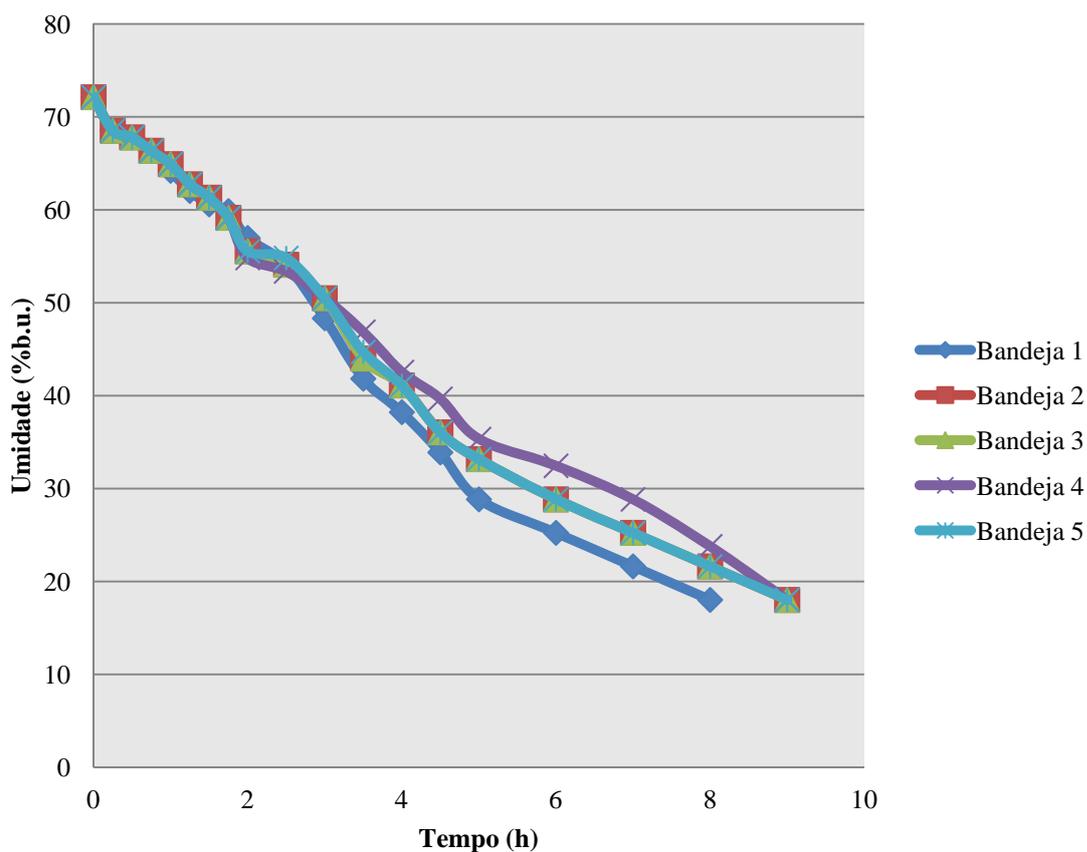


Figura 20. Curvas de secagem da banana passa desidratada utilizando gás de biomassa e sem pré-tratamento

Nas Figuras 21, 22 e 23 são apresentadas as curvas de secagem para os três tratamentos com o uso do GLP.

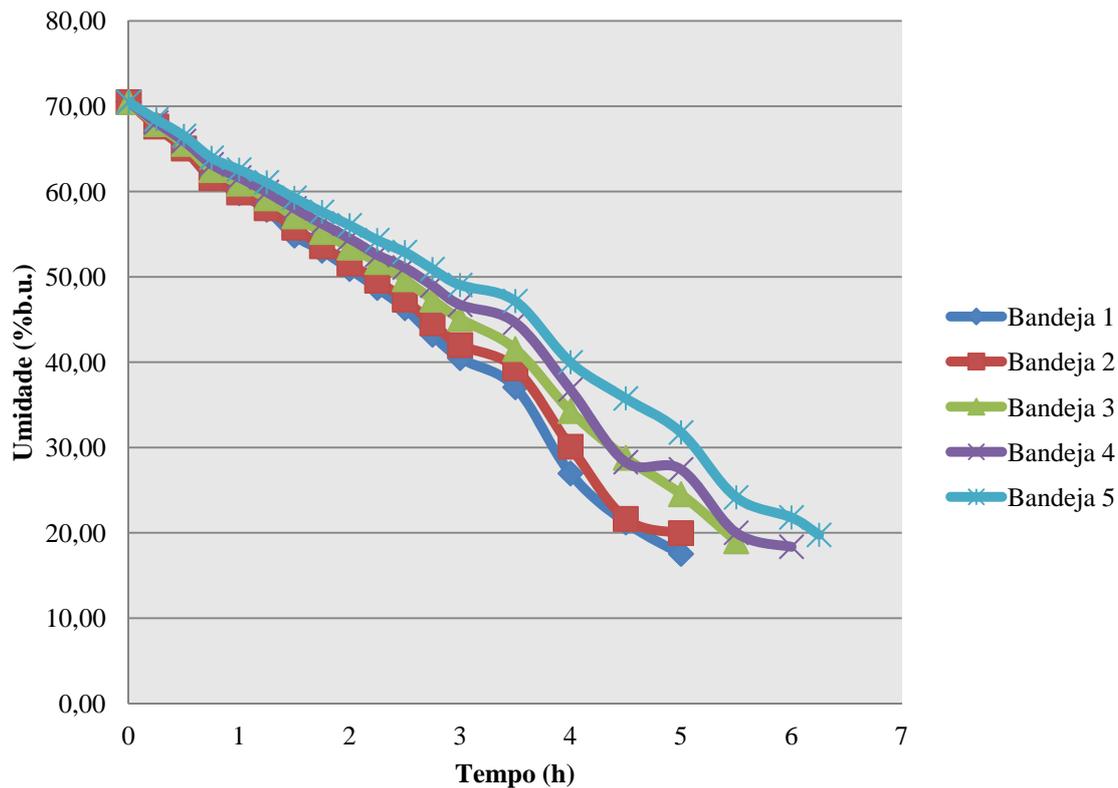


Figura 21. Curvas de secagem da Banana Passa desidratada utilizando GLP e sem pré-tratamento

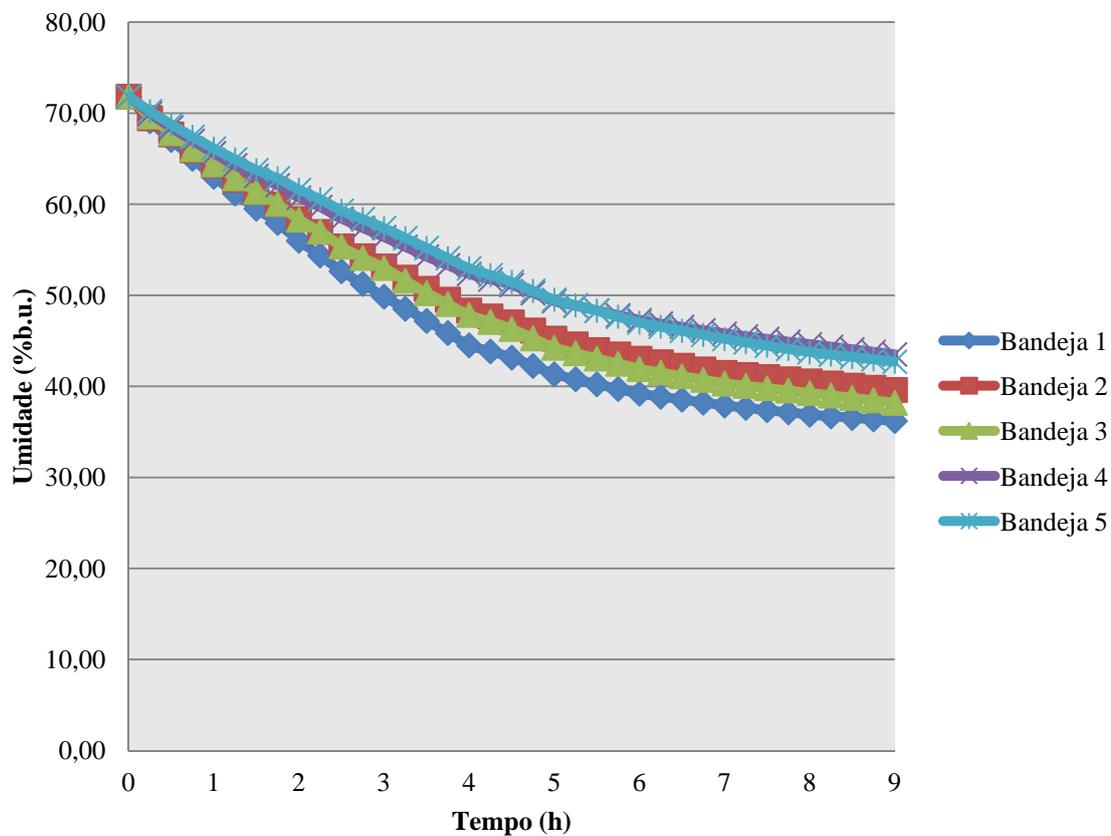


Figura 22. Curva de secagem da Banana Passa desidratada utilizando GLP e com pré-tratamento osmótico usando Sacarose

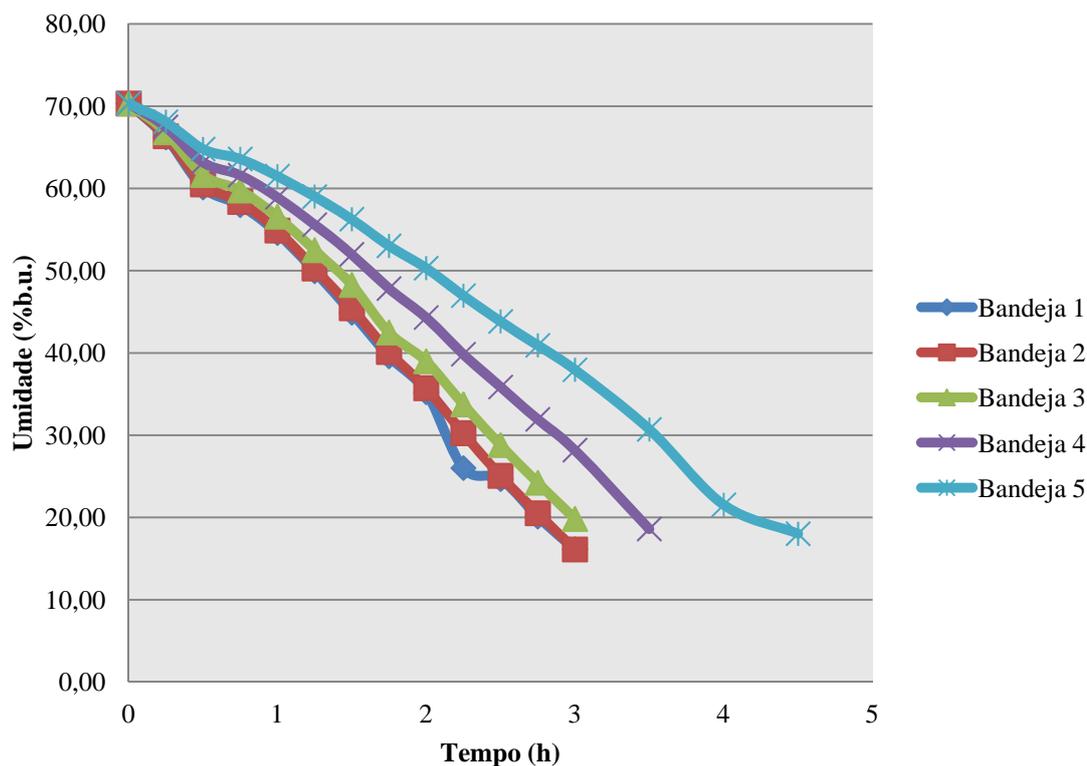


Figura 23. Curva de secagem da Banana Passa desidratada utilizando GLP e com pré-tratamento usando Sucralose

No Quadro 6 observa-se a quantidade de água removida da banana passa desidratada utilizando gás de biomassa e sem pré-tratamento, enquanto que nos quadros 7, 8 e 9 observa-se a quantidade de água removida das bananas desidratadas sem pré-tratamento, com pré-tratamento com Sacarose e com pré-tratamento com Sucralose, respectivamente, usando GLP.

Quadro 6. Quantidade de água removida da banana passa desidratada utilizando gás de biomassa e sem pré-tratamento

Bandejas	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Água removida (g)	%
1	139,3	49,42	89,88	64,52
2	146,8	52,42	94,38	64,29
3	138,6	50,21	88,39	63,77
4	137,7	49,68	88,02	63,92
5	131,2	49,08	82,12	62,59

Quadro 7. Quantidade de água removida da banana passa desidratada utilizando GLP e sem pré-tratamento

Bandejas	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Água removida (g)	%
1	149,5	53,5	96	64,21
2	153,5	56,6	96,9	63,13
3	153,7	56	97,7	63,56
4	148	53,5	94,5	63,85
5	145,2	54,8	90,4	62,26

Quadro 8. Quantidade de água removida da banana passa desidratada utilizando GLP e com pré-tratamento osmótico usando Sacarose

Bandejas	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Água removida (g)	%
1	123,9	54,7	69,2	55,85
2	120,7	56,3	64,4	53,35
3	123,3	56,2	67,1	54,42
4	109,3	54,5	54,8	50,13
5	120,4	59,2	61,2	50,83

Quadro 9. Quantidade de água removida da banana passa desidratada utilizando GLP e com pré-tratamento usando Sucralose

Bandejas	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Água removida (g)	%
1	141,9	50,2	91,7	64,62
2	132,6	46,9	85,7	64,63
3	135,1	50	85,1	62,99
4	149,8	54,6	95,2	63,55
5	153,9	55,7	98,2	63,81

Observa-se, pelos resultados, que a quantidade de água removida no processo com a Sacarose foi menor que nos demais e, que a curva de secagem deste tratamento apresentou um comportamento assintótico em torno de 40% de umidade (b.u.), após oito horas de secagem. Foi observada também a formação de um filme de aspecto gelatinoso na superfície das bananas neste tratamento, devido à alta concentração da solução osmótica de sacarose, uma vez que o enxágue não foi suficiente para remover toda a solução, provavelmente, por ter sido rápido para evitar que as bananas reabsorvessem um alto teor de água. Com o aquecimento, este filme originou uma película que agiu como uma barreira à saída de água das bananas. Portanto, as bananas passa atingiram peso constante antes de atingirem a umidade final de 20% (b.u.).

O mesmo não foi observado com as bananas desidratadas previamente com a solução osmótica de Sucralose, pois, optou-se por fazer a solução osmótica com a quantidade de Sucralose equivalente à quantidade de Sacarose usada para atingir 65° Brix. Logo, a solução de Sucralose não atingiu a mesma quantidade de sólidos solúveis (°Brix) da solução de Sacarose, não apresentando por isso, a formação do filme na superfície do produto. Pelo contrário, houve perda de partículas sólidas da banana para a solução, devido à agitação, ficando essas partículas suspensas, como pôde ser observado na Figura 7.

Como resultado, a secagem das bananas pré-tratadas com Sucralose durou 4,5 horas (tempo em que os produtos da última bandeja atingiram a umidade de 20% b.u.), enquanto que a secagem das bananas sem pré-tratamento durou 6,25 e 9,25 horas para a secagem com GLP e gás de biomassa, respectivamente. A secagem das bananas com pré-tratamento com Sacarose chegou a 9 horas, sem atingir a umidade final desejada. Mesmo sem apresentar a mesma concentração da solução de Sacarose, a solução de sucralose cumpriu seu objetivo, que foi de reduzir o tempo da secagem convectiva, seja por remover uma determinada quantidade de água, ou ainda por, possivelmente, modificar a estrutura das bananas, permitindo que a água saísse mais facilmente durante a secagem. São duas hipóteses a serem consideradas.

Veremos a seguir, na seção 4.1.5, que a perda de partículas sólidas pelas bananas na solução de Sucralose não comprometeu o rendimento do processo, em relação às que não tiveram pré-tratamento.

Pela análise das Figuras 20 a 23, nota-se que, a respeito das bandejas de números 1 e 2, que ocupavam a parte superior do desidratador, foi observado um decréscimo mais rápido do teor de água durante todo o processo, chegando à umidade final em menor tempo que as demais. Todavia, a secagem das bananas da bandeja 5, na parte inferior, demorou em torno de 2 horas a mais que as bananas da bandeja 1. Isso sugere que seja feito um rodízio das posições das bandejas durante a secagem, para que o processo se dê de forma homogênea e em menor tempo.

Nas Figuras 24 e 25 são apresentados os perfis da temperatura no interior do desidratador, ao longo dos processos, medidas por termopares distribuídos de acordo com o esquema da Figura 17 e coletados pelo sistema de aquisição de dados, minuto a minuto.

Nota-se que o termopar F registrou temperaturas mais altas, bem como maiores oscilações das mesmas, durante todo o processo. Isso ocorreu devido ao fato de esse

termopar ter estado posicionado em região mais próxima à entrada do ar quente. Dessa forma, qualquer variação na chama que causasse variação na temperatura foi registrada primeiramente por este. Os demais termopares detectavam todas as variações, porém em menor amplitude (observa-se que a temperatura decrescia no sentido ascendente do ar de secagem na região por detrás das bandejas, e, no sentido descendente, à medida que o ar atravessava as bandejas).

O termopar M detectou menor amplitude na variação da temperatura por se encontrar numa posição entre o ventilador que insuflava o ar para o interior do desidratador e a chama de aquecimento do ar, sendo por isso, pouco influenciado pelas variações de temperatura.

Em todo o processo, as temperaturas médias das bandejas se mantiveram em torno de 70°C, conforme o desejado.

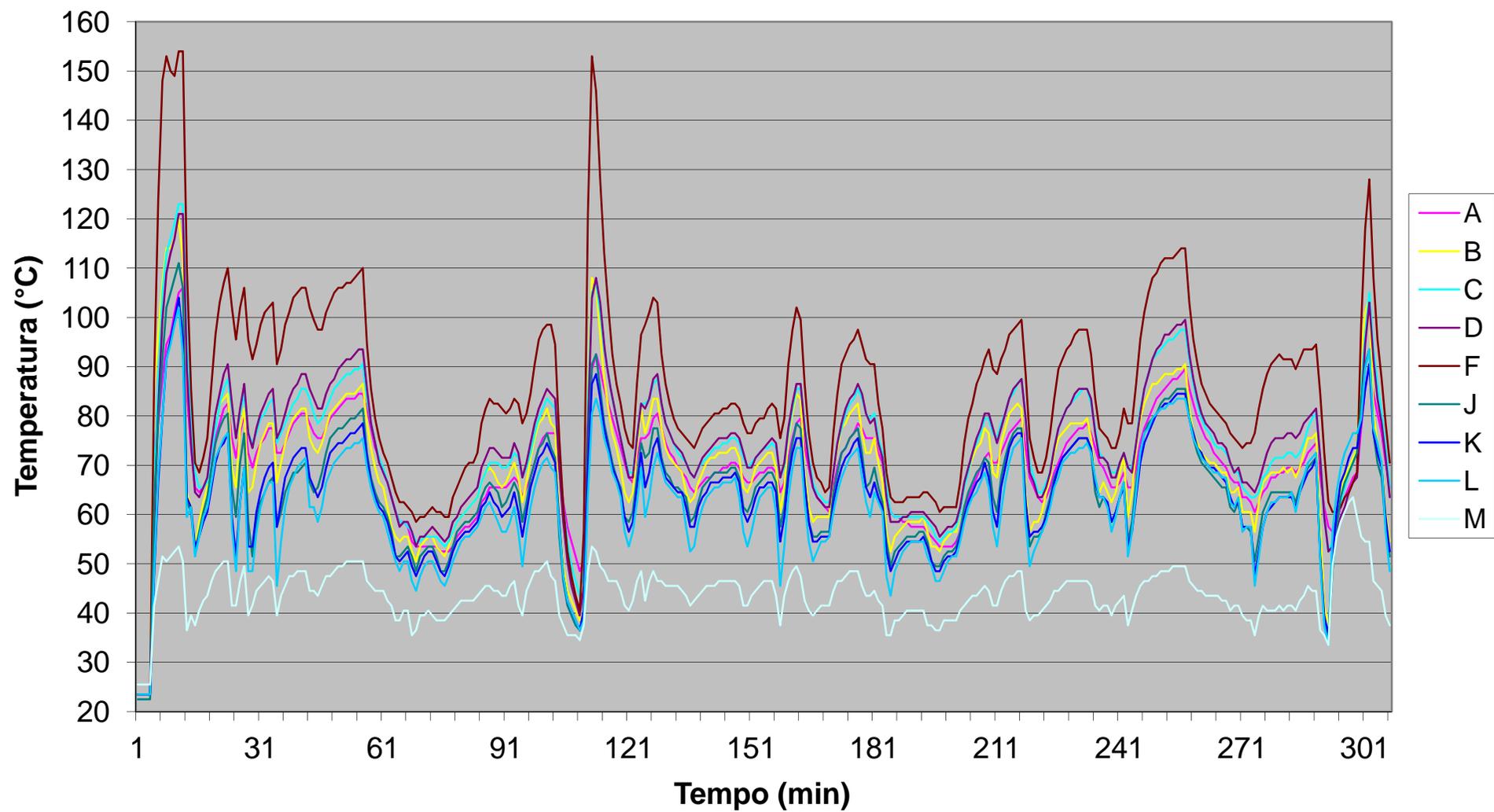


Figura 24. Perfil da temperatura do ar de secagem ao longo da desidratação de banana pré-tratada com solução osmótica de Sucralose, utilizando GLP, como combustível

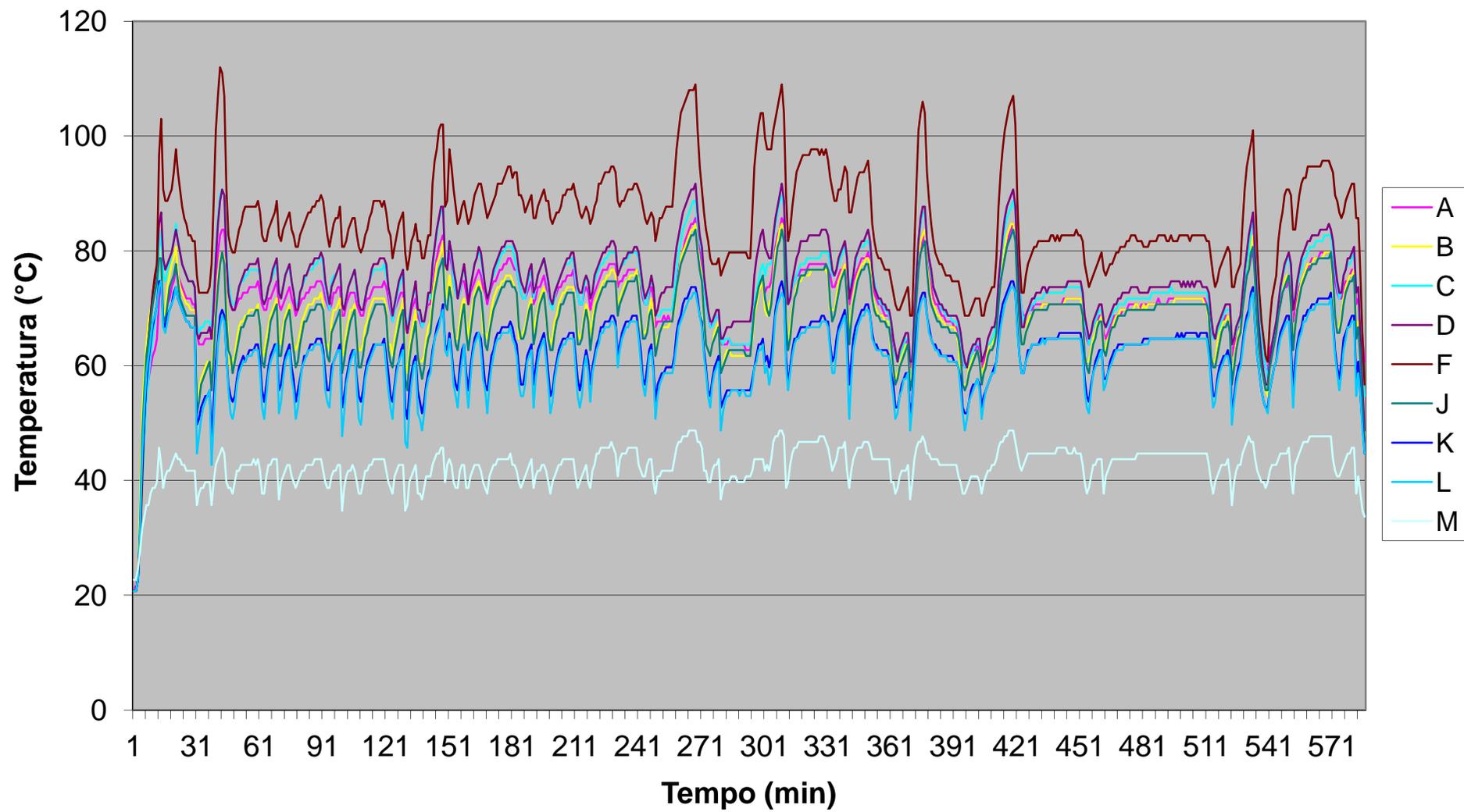


Figura 25. Perfil da temperatura do ar de secagem ao longo da desidratação de banana pré-tratada com solução osmótica de Sacarose, utilizando GLP, como combustível

4.1.2. Energia elétrica utilizada e custos da energia

O desidratador possui um ventilador axial cuja potência medida é de 0,05424 kW e o kWh da energia elétrica custava R\$ 0,60393554 no mês de Maio, quando o experimento foi realizado (tarifa residencial já acrescida de tributos e encargos executada pela CEMIG). Com base em tais valores, encontram-se no Quadro 10 os custos da energia elétrica consumida pelo desidratador, quando a desidratação foi feita com gás liquefeito de petróleo e com o gás proveniente da gaseificação de carvão vegetal.

Quadro 10. Energia elétrica requerida pelo desidratador e o seu custo.

Tratamento	Tempo total do processo* (h)	Energia elétrica utilizada (kWh)	Custo total da energia elétrica (R\$)
Desidratação sem pré-tratamento utilizando GLP	6,25	3,39	2,05
Desidratação com pré-tratamento com Sacarose utilizando GLP	9	4,88	2,95
Desidratação com pré-tratamento com Sucralose utilizando GLP	4,5	2,44	1,47
Desidratação sem pré-tratamento utilizando Gás de biomassa	10,25	5,56	3,36

* O tempo total se refere ao tempo que foi necessário para que as bananas da última bandeja chegassem à umidade de 20%.

4.1.3. Gasto com combustíveis para cada processo

No Quadro 11 encontram-se os gastos com combustíveis para cada processo de desidratação.

Quadro 11. Quantidade de combustível consumido e seu custo

Combustível	Densidade (Kg/m ³)	Quantidade consumida no processo (Kg)	Custo por unidade (R\$/m ³)	Custo total da energia térmica (R\$)
GLP (sem pré-tratamento)	2,5	1	7,69*	3,08
GLP (com pré-tratamento com Sacarose)	2,5	1,8	7,69*	5,54
GLP (com pré-tratamento com Sucralose)	2,5	0,8	7,69*	2,46
Carvão Vegetal	190	18	180**	17,05

*Fontes: * LIQUIGÁS (2011). **DO-MS (2011)*

4.1.4. Custo total de energia utilizada

No Quadro 12 encontra-se o custo total da quantidade de energia (térmica e elétrica) utilizada em cada tratamento, e no Quadro 13, a relação da quantidade de energia utilizada com a quantidade de água removida em cada tratamento.

Quadro 12. Custo total com energia no processo

Tratamento	Custo total da energia elétrica (R\$)	Custo total com combustível (R\$)	Total (R\$)
Desidratação sem pré-tratamento utilizando GLP	2,05	3,08	5,13
Desidratação com pré-tratamento com Sacarose utilizando GLP	2,95	5,54	8,49
Desidratação com pré-tratamento com Sucralose utilizando GLP	1,47	2,46	3,93
Desidratação sem pré-tratamento utilizando Gás de biomassa	3,36	17,05	20,41

Quadro 13. Quantidade de energia gasta por grama de água removida

Combustível	Poder calorífico (kcal/kg)	Quantidade de energia gasta no processo (kcal)	Quantidade de água removida (g)	Energia requerida por grama de água removida (kcal/g)	Custo por grama de água removida (R\$)
Desidratação sem pré-tratamento utilizando GLP	11.920	11.920	95,10	125,34	0,05
Desidratação com pré-tratamento com Sacarose utilizando GLP	11.920	21.456	63,34	338,74	0,13
Desidratação com pré-tratamento com Sucralose utilizando GLP	11.920	9.536	91,18	104,58	0,04
Desidratação sem pré-tratamento utilizando Gás de biomassa	6.981,46	125.666,28	95,10	1321,41	0,21

Pela análise dos dados observa-se que a quantidade de energia requerida para remover 1 grama de água foi aproximadamente 10,5 vezes maior no processo utilizando a gaseificação do carvão vegetal do que no processo utilizando gás LP, comparando os processos sem pré-tratamento, o que é justificável pelas condições em que foram feitas as secagens. O gaseificador de biomassa não possuía um sistema adequado de isolamento, perdendo assim, uma grande quantidade de energia para o ambiente. Não se conseguiu também, com o sistema utilizado, uma peça para a queima do gás, que se adequasse à demanda do desidratador. Foram testadas outras peças de diâmetro reduzido e com válvulas que permitiam o controle da vazão do gás, porém, a perda de carga gerada por esses acessórios e nas paredes das tubulações impediu que o gás chegasse à zona de queima com pressão suficiente para manter a chama. Por esse motivo, houve ainda um grande desperdício de energia na entrada do desidratador, em que a chama permaneceu do lado de fora para que se atingisse a temperatura desejada.

Além disto, como o sistema de alimentação do gaseificador foi feito em batelada, a quantidade de carvão no reservatório do equipamento não foi suficiente para que a desidratação ocorresse até o teor de água final das bananas desejado. Por isso, foi

necessário fazer a realimentação do equipamento no meio do processo, o que resultou em maior tempo gasto, uma vez que o sistema precisava esfriar para ser aberto para a alimentação e havia uma demora para ele se estabilizasse (com a produção de gás constante) o que também explica o alto gasto energético.

Nota-se também que a secagem da banana pré-tratada osmoticamente com solução de Sucralose demandou menor quantidade de energia comparada aos processos sem pré-tratamento e com pré-tratamento realizado com solução de Sacarose. Logo, este se apresenta como um processo que pode ser utilizado com a gaseificação, de forma a reduzir o gasto energético.

4.1.5. Rendimento

No Quadro 12 apresenta-se o rendimento de cada tratamento para a produção de banana passa.

Quadro 14. Rendimento de cada processo de fabricação de banana passa (em %)

Produto	R1	R2	R3	R4	R5	Média
Banana passa sem pré-tratamento osmótico	35,78	36,87	36,43	36,15	37,74	36,59
Banana passa com pré-tratamento osmótico com Sacarose	44,15	46,64	45,58	49,86	49,17	47,08
Banana passa com pré-tratamento osmótico com Sucralose	35,38	35,37	37,01	36,45	36,19	36,08
Desidratação sem pré-tratamento utilizando Gás de biomassa	35,48	35,71	36,23	36,08	37,41	36,18

Pela análise dos dados do Quadro 12 poderíamos concluir que houve maior rendimento das bananas passa com pré-tratamento osmótico, utilizando a solução de Sacarose, porém, estas não atingiram a umidade final de 20% (b.u.), mesmo após 9 horas de secagem a 70°C, como pode ser observado na curva de secagem (Figura 22), devido à formação do filme gelatinoso observado em sua superfície. A partir de 6 horas,

a redução da umidade das bananas já apresentava um comportamento constante em torno de 40%.

Após três semanas de armazenamento dos produtos, foi observada contaminação fúngica nas bananas desidratadas com Sucralose, enquanto que as demais se apresentavam, visivelmente, sem crescimento de fungos ou leveduras.

Para trabalhos futuros, sugere-se a análise microbiológica periódica das frutas desidratadas para que seja estabelecida a vida de prateleira (*shelf-life*) do produto. Possivelmente a utilização de aditivos conservadores solucionaria um possível problema com deterioração dos produtos em curto prazo.

Nas bananas desidratadas com Sacarose não foi observada contaminação visual no período estudado, o que pode ser justificado pela alta concentração de açúcar no produto, o que mantém baixa a atividade de água, não permitindo que microrganismos se desenvolvam. Logo, a menor perda de água pelo produto não prejudicou a conservação deste, o que pode apresentar uma vantagem para o produtor, uma vez que pode representar maior lucratividade.

4.2. Aceitabilidade Sensorial

A análise sensorial contou com a participação de 31 consumidores não treinados. Na Figura 26 pode-se observar a porcentagem entre o número de homens e mulheres no grupo.

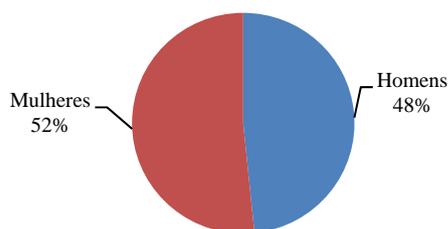


Figura 26. Porcentagem de homens e mulheres com relação ao total de consumidores

Os provadores eram em sua maioria jovens, com faixa etária entre 15 e 29 anos, conforme observado na Figura 27.

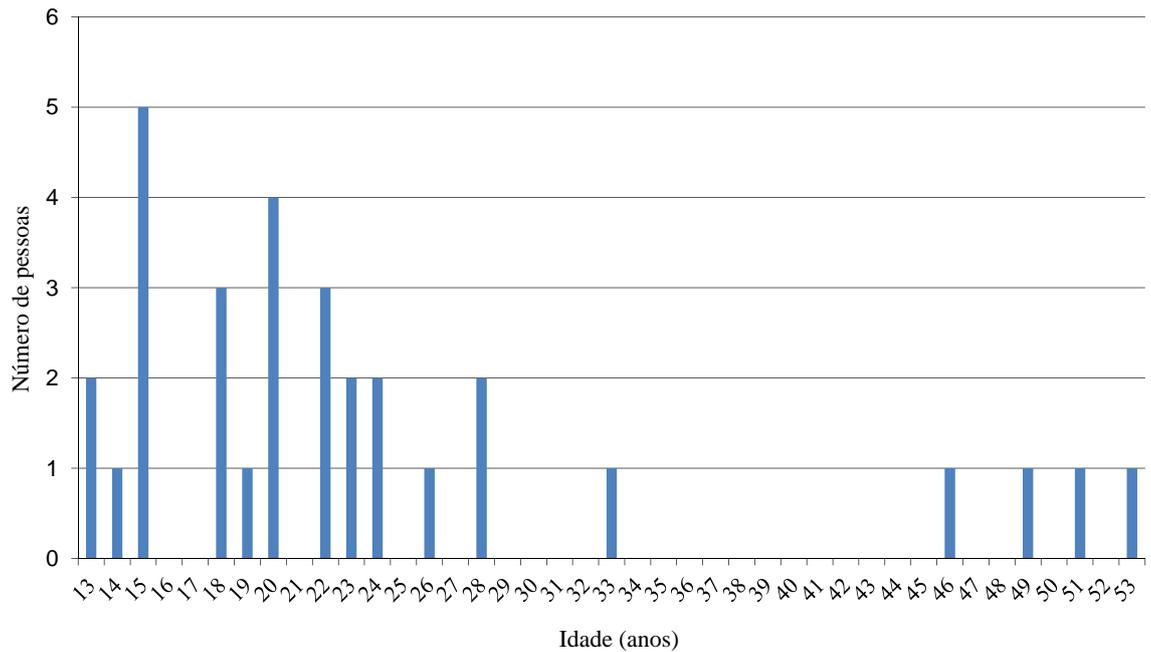


Figura 27. Faixa etária dos provadores que participaram da análise sensorial

No Quadro 15 encontra-se a análise de variância obtida a partir das respostas dos provadores para a aceitação com relação à cor, comparando os três tratamentos, em que se fez o uso do GLP.

Quadro 15. ANOVA dos dados de aceitação em relação à cor da Banana Passa.

FV	GL	SQ	QM	Fcal	Ftab(5%)
Amostras	2	99,290	49,645	23,632	3,15
Consumidores	30	120,989	4,033	1,920	1,65
Resíduo	60	126,043	2,101		
Total	92	346,323			

A análise de variância para os dados obtidos indicou diferença significativa entre as médias de aceitação das amostras de banana passa, em relação à cor, ao nível de 5% de probabilidade. Logo, foi necessário realizar um teste de médias, para identificar qual(is) amostras tiveram maior aceitação por parte dos consumidores. A diferença mínima significativa (*dms*) para o teste de Tukey a 5% de probabilidade foi 0,8851. As médias dos escores para aceitação quanto à cor das amostras de banana passa se encontram no Quadro 16.

Quadro 16. Comparação de médias dos escores para aceitação quanto à cor das amostras de banana passa

Cor	Média
Amostras pré-tratadas com Sacarose	7,129 a
Amostras sem pré-tratamento	5,097 b
Amostras pré-tratadas com Sucralose	4,806 b

**Pares de médias seguidas de pelo menos uma letra não diferem entre si, quanto à aceitação, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.*

As amostras de banana passa pré-tratadas com Sacarose obtiveram maior aceitação dos consumidores, com média em torno do termo hedônico “Gostei moderadamente”. As amostras sem pré-tratamento e pré-tratadas com sucralose não diferiram entre si quanto à aceitação em relação à cor, ficando as médias destas amostras abaixo da região de aceitação (médias entre os termos hedônicos “Indiferente” e “Desgostei ligeiramente”). Tal resultado era esperado, uma vez que, a banana passa pré-tratada com Sacarose obteve uma coloração amarelo-alaranjada mais atraente e de aspecto mais brilhante em relação às outras, devido, possivelmente, à reação de caramelização que acontece à Sacarose quando submetida ao calor.

No Quadro 17 encontra-se a análise de variância obtida a partir das respostas dos provadores para a aceitação com relação ao sabor, comparando os três tratamentos, em que se utilizou o GLP.

Quadro 17. ANOVA dos dados aceitação em relação ao sabor da Banana Passa

FV	GL	SQ	QM	Fcal	Ftab(5%)
Amostras	2	1,634	0,817	0,292	3,15
Consumidores	30	184,946	6,165	2,206	1,65
Resíduo	60	167,699	2,795		
Total	92	354,280			

A análise de variância para os dados obtidos não indicou diferença significativa entre as médias de aceitação das amostras de banana passa, em relação ao sabor, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. Logo, as amostras de todos os tratamentos obtiveram a mesma aceitação em relação ao Sabor, tendo ficado os escores médios para todas as amostras próximos ao termo hedônico “Gostei Ligeiramente”, sendo que a amostra pré-tratada com Sucralose obteve maior média em relação às outras. Segue o Quadro 18 com as médias dos escores para aceitação quanto ao sabor das amostras de banana passa apenas para comparação, uma vez que não foi necessária a realização de um teste de médias.

Quadro 18. Comparação de médias dos escores para aceitação quanto ao sabor das amostras de banana passa

Sabor	Média
Amostras pré-tratadas com Sucralose	6,419
Amostras sem pré-tratamento	6,290
Amostras pré-tratadas com Sacarose	6,097

No Quadro 19 se encontra a análise de variância obtida a partir das respostas dos provadores para a aceitação com relação à textura, comparando os três tratamentos, em que se fez uso do GLP.

Quadro 19. ANOVA dos dados aceitação em relação à Textura da Banana Passa

FV	GL	SQ	QM	Fcal	Ftab(5%)
Amostras	2	17,613	8,806	3,322	3,15
Consumidores	30	200,946	6,698	2,527	1,65
Resíduo	60	159,054	2,651		
Total	92	377,613			

A análise de variância para os dados obtidos indicou diferença significativa entre as médias de aceitação das amostras de banana passa, em relação à textura, ao nível de 5% de probabilidade. Logo, foi necessário realizar um teste de médias, para analisar qual(is) amostras tiveram maior aceitação por parte dos consumidores. A diferença mínima significativa (*dms*) para o teste de Tukey a 5% de probabilidade foi 0,9942. As médias dos escores para aceitação quanto à textura das amostras de banana passa se encontram no Quadro 20.

Quadro 20. Médias dos escores para aceitação quanto à textura das amostras de banana passa

Textura	Média
Amostras pré-tratadas com Sucralose	6,452 a
Amostras sem pré-tratamento	5,968 a b
Amostras pré-tratadas com Sacarose	5,387 b

**Pares de médias seguidas de pelo menos uma letra não diferem entre si, quanto à aceitação, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.*

As amostras de banana passa pré-tratadas com Sucralose e sem pré-tratamento não diferiram entre si quanto à preferência em relação à textura, assim como as amostras sem pré-tratamento e pré-tratadas com Sacarose. Porém, as amostras pré-tratadas com Sucralose e as amostras pré-tratadas com Sacarose diferiram entre si, sendo que as

amostras pré-tratadas com Sucralose obtiveram maior aceitação dos consumidores, com média de aceitação acima da região de aceitação.

Quanto à intenção de compra, os consumidores responderam se estariam dispostos a comprar o produto e os resultados são apresentados nas Figuras 28 a 30.

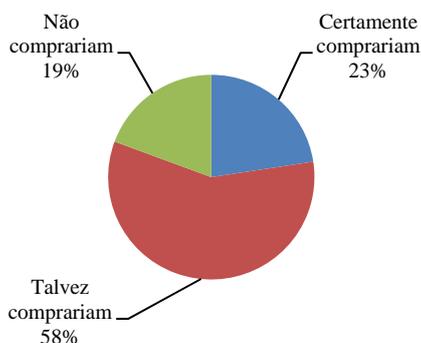


Figura 28. Resultado da intenção de compra dos consumidores, para a banana passa sem pré-tratamento

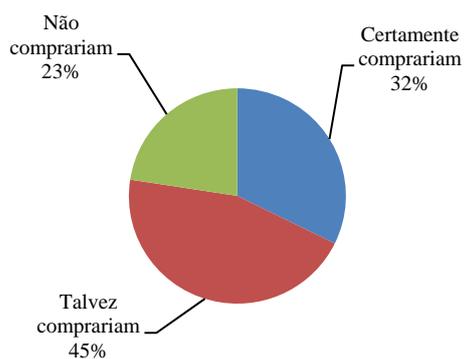


Figura 29. Resultado da intenção de compra dos consumidores, para Banana Passa desidratada previamente com Sacarose

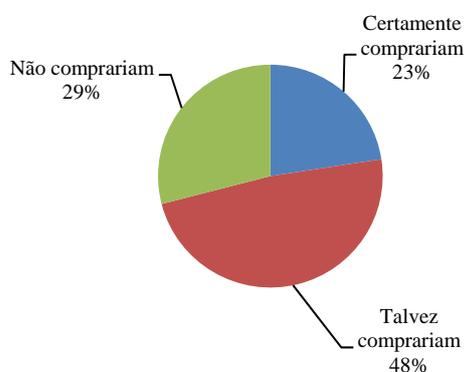


Figura 30. Resultado da intenção de compra dos consumidores, para Banana Passa desidratada previamente com Sucralose

Os consumidores responderam ainda se a intenção de compra aumentaria, caso o produto fosse de *baixa caloria*. Os resultados se encontram na Figura 31.

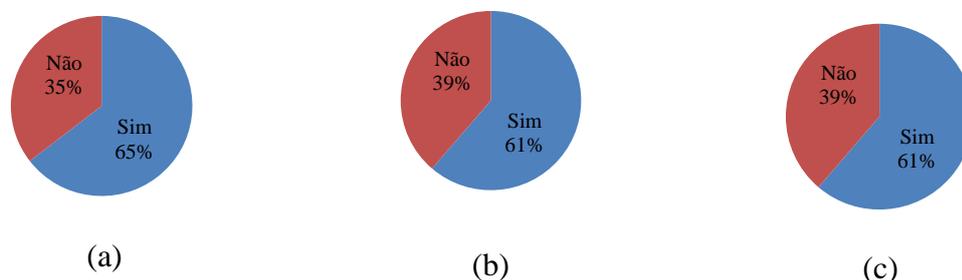


Figura 31. Resultado do aumento da intenção de compra da banana passa sem pré-tratamento (a); da banana passa desidratada previamente com Sacarose (b) e da banana passa desidratada previamente com Sucralose (c), caso o produto fosse de *Baixa Caloria*

Os resultados indicam que o percentual de consumidores que certamente comprariam o produto foi maior para as amostras desidratadas previamente com Sacarose, correspondendo a 32% dos consumidores, e o produto que apresentou maior rejeição na intenção de compra foi aquele desidratado previamente com Sucralose. Porém, no teste de aceitação quanto ao sabor, o produto com Sucralose obteve maior média dos escores, embora não tenha havido diferença significativa, pelo teste estatístico escolhido, e todas as médias tenham sido próximas ao “gostei ligeiramente”. Esta amostra obteve ainda, maior aceitação em relação à textura, apresentando a menor aceitação apenas em relação à cor.

Observou-se ainda que para todos os produtos, a intenção de compra aumentaria caso o produto fosse de baixa caloria e o produto desidratado previamente com a Sucralose é um produto de baixa caloria em relação ao produto tratado previamente com solução de Sacarose. O produto obteve os seguintes comentários dos consumidores: “O cheiro não é agradável”, “Achei que a aparência era de banana *in natura* e não gostei do sabor”, “O gosto não é muito bom.”, “Adorei a novidade. Gostaria de experimentar em variedades de doces e sobremesas; parece ficar muito bom!”, “Achei muito doce.”, “Acho que a cor leva a pessoa a não comprar o produto devido parecer que o sabor do produto é ruim.”, “Gosto residual de adoçante”, “Se for de baixa caloria, pode incluir na dieta”.

Portanto, pode-se concluir que, embora a intenção de compra do produto com Sucralose tenha sido reduzida em relação aos outros, em um teste “cego” (em que os consumidores não sabiam quais amostras estavam experimentando), a intenção de

compra dos consumidores tende a aumentar quando o rótulo do produto indicar que é um produto de baixa caloria.

Em relação à banana passa pré-tratada com solução de Sacarose, foi observada boa aceitação em relação à cor e ao sabor, obtendo uma menor aceitação em relação à textura. Alguns consumidores fizeram observações como “Achei o produto pegajoso”, “Achei enjoativo”, “Aspecto plástico”, “A melhor nos três requisitos” e “Gostei, aprovado”, demonstrando que as opiniões divergiram e que a textura pode realmente ter sido um diferencial na aceitação do produto, mesmo apresentando uma coloração mais atrativa.

Quanto ao produto sem pré-tratamento, os comentários foram: "cheiro mais agradável”, “a cor leva a pessoa a achar que é um alimento ruim”, “a amostra não apresenta bons aspectos” e “se for de baixa caloria é bom” e esta apresentou aceitação intermediária em todos os quesitos, não sendo a mais rejeitada, nem a mais aceita em nenhum deles. Foi também o produto que apresentou maior incerteza na intenção de compra (58% dos consumidores disseram que “talvez comprariam”) e apresentou ainda maior elevação na intenção de compra, caso fosse um produto de baixa caloria. Isso leva a concluir que os consumidores estavam em sua maioria, ávidos por terem no mercado produtos de reduzido teor calórico.

Com base nessas informações percebe-se que se pode aprimorar a fabricação de banana passa elaborando uma formulação em que o produto seja tratado previamente com solução de Sucralose, fazendo-se o uso de gelatinizantes ou outros aditivos que melhorem a coloração e a textura do produto final com reduzido teor calórico e aspecto mais atraente para maior aceitação dos consumidores. Deve-se ressaltar ainda, que a embalagem a ser utilizada deve ser de tal material e rotulagem que ressalte as características positivas do produto, sem expor os aspectos que levariam a um julgamento prévio indevido.

5. CONCLUSÕES

- O processo de desidratação utilizando gás oriundo da gaseificação de biomassa se mostrou passível de ser utilizado para a desidratação de frutas, porém, é necessária a automação do sistema de alimentação, aperfeiçoamento do sistema de isolamento do equipamento e controle da quantidade de gás produzido, de modo a reduzir os custos de operação para que o processo seja viável técnica e economicamente;
- Com o uso do GLP para a secagem, o pré-tratamento osmótico com a solução de Sucralose foi eficiente em reduzir o tempo de secagem da banana, quando comparado ao tempo gasto no processo convencional (sem pré-tratamento). Por outro lado, utilizando a solução de Sacarose observou-se um aumento no tempo do processo, o que pode ser contornado pelo uso de soluções menos concentradas no pré-tratamento;
- Considerando os aspectos econômicos, o processo com gaseificação, como o utilizado, se mostrou mais caro, uma vez que demandou uma quantidade maior de energia. Há de se considerar, porém, que a energia utilizada provém de uma fonte renovável e que não agride o meio ambiente: não há emissão de partículas; o alcatrão produzido é decomposto na queima do gás e o CO₂ lançado na atmosfera é reabsorvido pelas plantas que serão utilizadas como biomassa no futuro, resultando em um balanço neutro de gás carbônico. Deve ser ressaltado que podem ser utilizados vários outros tipos de biomassa, como resíduos agrícolas e industriais, o que reduziria os custos do processo. O uso da gaseificação de biomassa permite ainda que seja reduzida a dependência de combustíveis fósseis, que possui preço dependente da oferta regional e de políticas econômicas, além de ser uma fonte esgotável;
- Com o uso do GLP para secagem foi observado um rendimento em torno de 20% a mais das bananas passas pré-tratadas osmoticamente com a solução de Sacarose em relação aos outros tratamentos, o que pode representar maior lucratividade para o produtor.
- Na avaliação sensorial da banana passa:

- Foram observadas maiores médias na aceitação da banana passa pré-tratada osmoticamente com a solução de Sucralose, em relação aos aspectos de sabor e textura;
- Em relação à cor, observou-se maior aceitação da banana passa pré-tratada osmoticamente com a solução de Sacarose;
- Um número maior de consumidores disse que certamente compraria a banana passa pré-tratada osmoticamente com a solução de Sacarose;
- Mais de 60% dos consumidores disseram estarem mais dispostos a comprar o produto com baixa caloria.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Desenvolver um gaseificador/combustor adaptado ao uso com desidratadores, com sistema de isolamento e controle de temperatura e pressão do gás adequados à demanda;
- Análise de custos detalhada para a implementação da técnica por produtores e cooperativas, analisando os custos fixos e variáveis, taxa interna de retorno, tempo de retorno de capital, tempo de depreciação dos equipamentos, entre outros parâmetros importantes para se concluir sobre a viabilidade do projeto;
- Testar a eficiência de outros tipos de biomassa no processo, como resíduos agrícolas ou industriais;
- Fazer análise microbiológica das bananas passa em cada tratamento, de forma a estabelecer a vida de prateleira do produto;
- Testar novas formulações de pré-tratamento da banana passa, de forma a se obter um produto de reduzido teor calórico, mais atrativo visualmente e com maior vida de prateleira (*shelf life*).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. M. L. **Avaliação do processo de concentração osmótica para obtenção de banana passa**. Tese. FEA/UNICAMP. Campinas-SP. P. 104. 2006.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (AGRIANUAL). p. 191-199. São Paulo. 2006.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 14 ed. Arlington, Virgínia, 1992.

BANSAL, N. K., GARG, H. P. **Advances in drying**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, Chapter 6: Solar crop drying, v. 4, p. 293-294, 1987.

BOUDHRIOUA, N., MICHON, C., CUVELIER, G. AND BONAZZI, C. **Influence of ripeness and air temperature in banana texture during drying**. Cavendish and Gros Michel banana slices, *Journal of Food Engineering* 55, p. 115-121, 2002.

CAMARGO, G. A; HAJ-ISA, N.; MARLENE R. DE QUEIROZ, M. R. **Avaliação da qualidade de tomate seco em conserva**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.11, n.5, p.521–526, 2007.

CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Alimentos para fins especiais: dietéticos. São Paulo: Livraria Varela, 1996.

CEMIG. Cemig Distribuição S.A. Disponível em: <www.cemig.com.br/atendimento> Acesso em: Junho de 2011.

CENBIO - CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA. 2002. **Estado da Arte da Gaseificação**. São Paulo, Centro Nacional de Referência em Biomassa. Setembro de 2002.

CEPEA-USP. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>> Acesso em: Março de 2011.

CNNPA. Comissão Nacional de Normas e padrões para alimentos, São Paulo. Resolução 12/78 (Frutas secas ou desidratadas). Compêndio da legislação de alimentos: consolidação das normas e padrões de alimentos. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos (ABIA). v. 1/A, p. 7.5 (78), 1985.

DANDAMRONGRAK, R., YOUNG, G. AND MASON, R. **Evaluation of various pretreatments for the dehydration of banana and selection of suitable drying models**, *Journal of Food Engineering* 55, p. 139-146, 2002.

DELLA LUCIA, S. M. **Métodos estadísticos para avaliação da influência de características não sensoriais na aceitação, intenção de compra e escolha do consumidor**. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – UFV – Viçosa, MG. p. 135, 2008.

DEMIREL, D.; TURHAN, M. **Air-drying behavior of Dwarf Cavendish and Gros Michel banana slices**, *Journal of Food Engineering* 59, p. 1-11, 2003.

DO-MS. **Decreto nº 13.098, de 13/01/2011.**

EMBRAPA. **Sistema de Produção da Bananeira Irrigada**. Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção, 4. ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica. Jul/2009.

FAEMG. Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais. Disponível em: < <http://www.faemg.org.br> > Acesso em: Março de 2011.

FAO (Roma, Itália). **FAO statistical databases**. Disponível em: < www.fao.org > Acesso em: Outubro de 2010.

FERREIRA, W. P. M; SILVA, J. S.; SILVA, J. N. SOUZA, C. F. **Dimensionamento de uma fornalha a carvão vegetal para aquecimento de aviário**. Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.14, n.4, 258-267, Out/Dez, 2006.

FORTES, M.; OKOS, M.R. Heat and mass transfer in hygroscopic capillary extruded products. **AICHE Journal**, St. Joseph, v.27, n.2, p.102-113, 1981.

GABAS, A.L. **Secagem de uva Itália em leito fixo**. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 1998.

GIANGIACOMO, R.; TORREGGIANI, D.; ABBO E. **Osmotic dehydration of fruit. Part I. Sugars exchange between fruit and extracting syrups**. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.11, n. 9, p. 183-195, 1987.

GOMES, A. T.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. **Desidratação Osmótica: uma tecnologia de baixo custo para o desenvolvimento da agricultura familiar**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional.v. 3, n. 3, p. 212-226, Set/Dez, 2007.

GONÇALVES, A. A.; BLUME, A. R. **Efeito da desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem do abacaxi**. Estudos tecnológicos - Vol. 4, nº 2:124-134, Mai/Ago, 2008.

IKOKO, J.; KURI, V. Osmotic pre-treatment effect on fat intake reduction and eating quality of deep-fried plantain. **Food Chemistry**, v.102, p.523-531, 2007.

ITAL. **Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2ª ed. Campinas, p. 5-31,1995.

JESUS, S. C.; MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S.; CARDOSO, R. L. **Avaliação de banana-passa obtida de frutos de diferentes genótipos de bananeira**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.6, p.573-579, jun. 2005.

JOHNSON, P-N.T., BRENNAN, J.G. AND ADDO-YOBO, F.Y. **Air-drying characteristics of plantain (Musa AAB)**, *Journal of Food Engineering* 37 (2), p. 233-242, 1998.

KATEWAKA, M. E. **Análise teórico-experimental do encolhimento: estudo da secagem de banana.** Tese de Doutorado. FEQ-UNICAMP. Campinas-SP. 151p. 2006.

LAZARIDES, H.N.; GEKAS, V.; MAVROUDIS, N. Apparent mass diffusivities in fruit and vegetable tissues undergoing osmotic processing. **Journal of Food Engineering**, v.31, p.315-324, 1997.

LENART, A.; PIOTROWSKI, D. **Drying characteristics of osmotically dehydrated fruits coated with semipermeable edible films.** *Drying Technology*, v.19, p.849-877, 2001.

LIMA, A. G. B. **Fenômeno de Difusão em Sólidos Esferoidais Prolatos. Estudo de caso: Secagem de Banana.** Tese. Unicamp. Campinas, SP, 244 p. 1999.

LIMA, A. G. B.; NEBRA, S. A.; QUEIROZ, M. R. **Comunicado técnico: Aspectos científicos e tecnológicos da banana.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v. 2, n.1, p. 87-101, 2000.

LIMA, A.G.B., QUEIROZ, M.R.; NEBRA, S.A. **Simultaneous moisture transport and shrinkage during drying of solids with ellipsoidal configuration,** *Chemical Engineering Journal* 86 (1-2), p. 85-93, 2002.

LIQUIGÁS. **Liquigás Distribuidora S.A.** Disponível em <www.liquigas.com.br> Acesso em: Junho de 2011.

LUCCAS, V. **Obtenção de fatias de banana desidratada crocantes através da pré-secagem a altas temperaturas e curto tempo em leito fluidizado.** Dissertação (Mestrado) FEQ/UNICAMP. Campinas-SP, 104p, 1996.

MAEDA, M.; LORETO, R.L. **Desidratação osmótica de bananas.** Semina: Ci. Agr., Londrina, v. 19, n.1, p. 60-67, mar. 1998.

MARTIN, S. **Desenvolvimento de um gaseificador de biomassa de fluxo concorrente.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UFV. Viçosa, MG. p. 78, 2005.

MASKAN, M. **Microwave/air and microwave finish drying of banana.** *Journal of Food Engineering* 44, p. 71-78, 2000.

MAURO, M.A. **Cinética da desidratação osmótica de banana nanica.** Dissertação (mestrado).Campinas:FEA/Unicamp, 184p, 1992.

MEDINA,J.C., BLEINROTH,E.W., MARTI,Z.J.D., TRAVAGLINI,D.A., OKADA,M., QUAST,D.G., HASHIZUME,T., MORETTI,V.A., BICUDO NETO,L.C., ALMEIDA,L.A.S.B., RENESTO,O.V. **Banana:**cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas, ITAL, Série Frutas Tropicais, 2ed, 3, 302 p, 1995.

NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. Quadro brasileira de composição de alimentos. Campinas: NEPA-Unicamp, 105p, 2006.

NICOLETTI, J.F. **Cinética de secagem e encolhimento de fatias de abacaxi**. São José do Rio Preto, SP: UNESP, 2001. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Júlio de Mesquita, 2001.

NOGUEIRA, R. I., PARK, K. J. **Drying parameters to obtain “banana-passa”**, Drying '92, Part A, p. 874-883, 1992.

OLIVEIRA, J. L. **Potencial energético da gaseificação de resíduos da cafeicultura e produção de eucalipto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UFV. Viçosa, MG. p. 80, 2010.

OLIVEIRA, M. C. T. B. **Obtenção de banana passa por meio de secagem via gaseificação de carvão vegetal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UFV. Viçosa, MG. p. 70, 2011.

PARK, K. J, BIN, A., BROD, F. P. R. **Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (pyrus sp.) Com e sem desidratação osmótica**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 21(1): 73-77, Jan/Abr, 2001.

PEARCE, F. **Going Bananas**, *New Scientist* 177(2378), p. 27, 18 de Janeiro, 2003.

POKHARKAR, S.M.; PRASAD, S.; DAS, H. **A model for osmotic concentration of bananas slices**. Journal Food Science and Technology, v. 34, n. 3, p. 230-232, 1997.

QUEIROZ, M.R.; NEBRA, S.A. Theoretical and experimental analysis of the drying kinetics of bananas, *Journal of Food Engineering* 47, p. 127-132, 2001.

QUEIROZ, V. A. V.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B.; GRAVINA, A. G.; QUEIROZ, L. R.; DELIZA, R. **Desidratação por imersão-impregnação e secagem por convecção de goiaba**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.42, n.10, p.1479-1486, out. 2007.

RAM, H.Y.M.; RAM, M.; STEWARD, F.C. **Growth and development of the banana plant. 3. A. The Origin of the inflorescence and the development of the flowers. B. The structure and development of the fruit**. *Annals of Botany* 26 (104), p. 657-673, 1962.

RAOULT-WACK, A.L.; LENART, A.; GUILBERT, S. **Recent advances in the osmotic dehydration of foods**. Trends in Food Science & Technology, v.5, p.255-260, 1994.

RODRIGUES, E.; SILVA, J. N.; SOUZA, C.M.A.; FILHO, A.F.L.; CHAVES, M.M. **Simulação da secagem de abacaxi em fatias em secador de leito fixo**. Engenharia da Agricultura. Viçosa-MG, v. 16, n. 4, p. 381-390, 2008.

SANKAT, C.K.; CASTAIGNE, F.; MAHARAJ, R. **The air drying behaviour of fresh and osmotically dehydrated banana slices**. *International Journal of Food Science and Technology* 31, p. 123-135, 1996.

SANTOS, I. S. **Reator de gaseificação de biomassa em fluxo contracorrente.** 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

SANTOS, W. R. **Controle e avaliação de um conjunto gaseificador-combustor de fluxo concorrente, utilizando como combustível a biomassa de lenha de eucalipto.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - UFV. Viçosa, MG. p. 67, 2008.

SEAPA. Secretaria de estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.agricultura.mg.gov.br>> Acesso em: Março de 2011.

SILVA, J. N.; CARDOSO SOBRINHO, J.; SAIKI, E. T. **Utilização de biomassa na secagem de produtos agrícolas via gaseificação com combustão adjacente dos gases produzidos.** Eng. Agríc. v.24, no.2 Botucatu, 2004.

SILVA, S. O., GASPAROTTO, L., MATOS, A. P., CORDEIRO Z. J. M., FERREIRA C. F., RAMOS M. M. e JESUS O. N. **Programa de melhoramento de bananeira no Brasil - resultados recentes.** EMBRAPA mandioca e fruticultura , documentos n° 143, Cruz das Almas, BA, 36p.dez. 2003.

SIMMONDS, N.W. **Bananas.** 2ª ed. Londres: Longmans, 512p, 1966.

SOUSA, P. H. M., MAIA, G. A., SOUZA FILHO, M. S. M., FIGUEREDO, R. W., NASSU, R. T., SOUZA NETO, M. A. **Influência da Concentração e da Proporção Fruto: Xarope na Desidratação Osmótica de Bananas Processadas.** **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p.126–130, 2003a.

SOUSA, P. H. M., SOUZA FILHO, M. S. M.; MAIA, G. A.; FIGUEREDO, R. W.; SOUZA NETO, M. A.; CARVALHO, J. M. **Avaliação das curvas de secagem e da alteração de cor e textura da banana processada por desidratação osmótica seguida de secagem.** Revista Ciência Agronômica, v. 34, no.2 p.179 – 185, 2003b.

STRINGHETA, P.C., MELLONI,P., FERNANDES,A.R., SILVA,C.A.B. **Produção de banana passa** In: **Projetos de empreendimentos agroindustriais: produtos de origem vegetal.** Editado por: SILVA,C.A.B. e FERNANDES, A.R. Universidade Federal de Viçosa-Viçosa. p. 23-57, 2003.

TORREGGIANI, D. **Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing.** Food Research International, v. 26, p. 59-68, 1993.

TORREGGIANI, D., BERTOLO, G. **Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects.** Journal of Food Engineering, v.49, p.247-253, 2001.

TORRINGA, H.M., ERLE, U.; BARTELS, P.V.; SCHUBERT, H. **Microwave-vacuum drying of osmotically pre-treated fruit.** In: DRYING '98 - Proceedings Of The 11th International Drying Symposium (Ids '98). Halkidiki, Greece, August 19-22, v. A, p. 922-929, 1998.

TOVANI. **Tovani Bensaquen Ingredientes**. Disponível em: <www.tovani.com.br>
Acesso em: Maio de 2011.

TRAVAGLINI, D.A., AGUIRRE, J.M., SILVEIRA, E.T.F. Desidratação de Frutas. In: AGUIRRE, J.M., GASPARINO FILHO, J. **Desidratação de Frutas e Hortaliças**. Campinas: ITAL (Manual Técnico). Cap. 3, p.3-1 a 3-19, 2002.

TUKEY, J. W. **The problem of multiple comparisons**. Unpublishe manuscript. In the collected works of John W. Tukey VIII. Multiple comparisons: 1948 – 1983. Chapman and Hall, New York. p. 1-300, 1953.

UNIFEM. **Manual de tecnologia do ciclo alimentar: processamento de frutas e legumes**. 72 p, 1989.

VIAL, C.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. **Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content**. Sciences des aliments. v. 11, p. 63-84, 1991.

VIEIRA, A. C. **Gaseificação de briquetes de casca de eucalipto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 83 p, 2005.