UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Proposições para Valorização de Resíduos do Processamento do Suco de Laranja

*Silvia Benedetti
Edna Regina Amante
Katia Rezzadori

São Paulo

2009

INTRODUÇÃO

- Tendência mundial de consumo de produtos naturais (frutas);
- Aumento na produção de laranja no Brasil;
- Produção de suco x Geração de resíduos;
- Uso eficiente dos resíduos agroindustriais

  - fertilizantes orgânicos, pectina, óleos essenciais, compostos antioxidantes e como substratos para a produção de diversos compostos com alto valor agregado

OBJETIVO

- Propor alternativas para o aproveitamento dos resíduos da indústria de processamento de suco de laranja, visando à agregação de valor a tais resíduos e a minimização do impacto ambiental causado pelo acúmulo destes no ambiente.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Laranja (*Citrus sinensis* sp)

- Pertence ao grupo dos citros;
- Forma arredondada, casca fibrosa e polpa suculenta

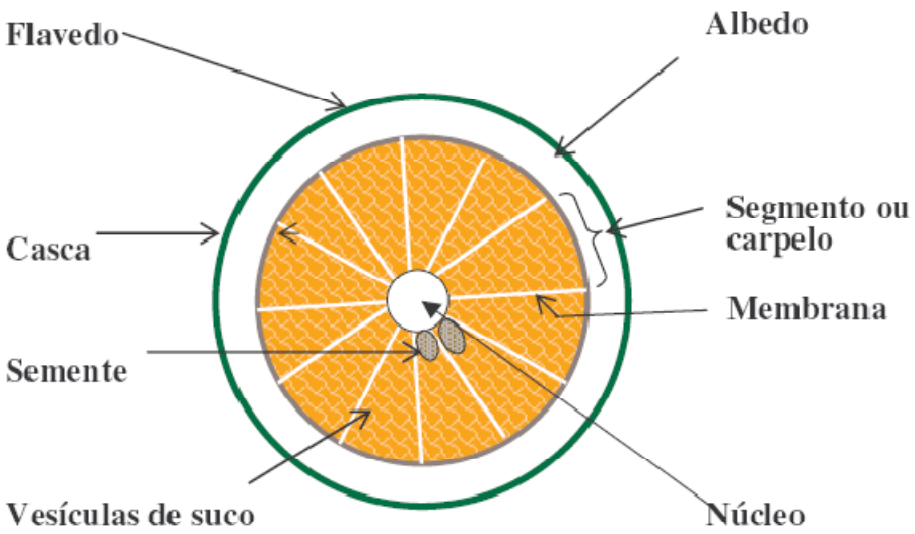

Figura 1 Anatomia de uma laranja em corte equatorial

Cenário da produção de laranja no Brasil

- Brasil: 53 % da produção mundial de suco de laranja;
- Responsável por 80 % do comércio internacional do produto;
- Laranja representa mais de 49% da produção brasileira de frutas;
- produção em 2008: 18.580.908 t (IBGE, 2008);
- maior parte da produção destina-se à indústria de suco;

São Paulo: 70% da produção de laranja e 98 % da produção de suco

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Cenário da produção de laranja no Brasil

Figura 2 Principais áreas produtoras de laranja no Brasil.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Geração e aproveitamento de resíduos agroindustriais

- Grande quantidade de resíduos gerados x Problemas ambientais;
- Principal destino na atualidade: ração animal e compostagem;
- Maior interesse no aproveitamento potencial dos resíduos;
- Possibilidade de benefícios econômicos e ambientais;

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Resíduos da laranja

- Cascas e membranas: principais subprodutos do processamento da laranja
- Resíduos cítricos: ricos em carboidratos solúveis (glicose, frutose, sacarose) e polissacarídeos insolúveis (pectina, celulose, hemicelulose) com alto potencial de conversão biológica;
- Resíduos sólidos (cascas, sementes, polpas): representam 50 % do peso da fruta, contendo 82 % de umidade
- Resíduos líquidos: "água amarela": altos índices de matéria orgânica, alto potencial poluidor

Resíduos da laranja

- Obtenção de subprodutos de alto valor agregado: óleos essenciais, pectina, flavonóides, essências, limoneno, etc.
- Utilizados pelas indústrias química, farmacêutica, alimentícia

Tabela 1 Alguns produtos obtidos do resíduo da laranja

Produto	Rendimento da laranja (%)
Células congeladas	2,67
Óleos essenciais	1,79
D-limoneno	0,92
Líquidos aromáticos	0,57
Farelo	49,24

Fonte: ABECITRUS, 2008

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Caracterização do resíduo

- Composição dos resíduos (casca):
  - 16, 9% de açúcares solúveis;
  - 9, 21% de celulose;
  - 10, 5% de hemicelulose;
  - 42, 5% de pectina

Alto potencial para produção de compostos a partir de hidrólise química ou enzimática

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Alternativas para o reaproveitamento dos resíduos

- Grande quantidade de resíduos gerados por tonelada de suco processado;
- Problemas de descarte dos resíduos;
- Busca de soluções para o aproveitamento eficiente dos resíduos;
- Um impasse é convencer as empresas a investir em mudanças nos processos para aproveitamento dos resíduos na indústria

Alternativas para o reaproveitamento dos resíduos

- bioconversão do resíduo em biomassa microbiana para produção de enzimas;
- produção de carvão vegetal como fonte energética;
- extração de óleos essenciais;
- produção de fibras para alimentação humana e ração animal;
- extração de pectina;
- produção de fertilizantes orgânicos
- produção de essências aromáticas
- produção de extratos enzimáticos a partir da hidrólise enzimática

MÉTODOS

Sistemas para processamento de resíduos das indústrias de suco de laranja

- Estado de São Paulo
  - maior produção e processamento de laranja do país;
  - mais de 14.000.000 t de laranja anualmente;
  - 9.000.000 t de suco, destinados ao mercado externo e interno.
- Base de Cálculo
  - empresa de grande porte, localizada em SP;
  - produção diária de 16.000 t;
  - maior fábrica de suco concentrado do mundo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➢ SISTEMA 1

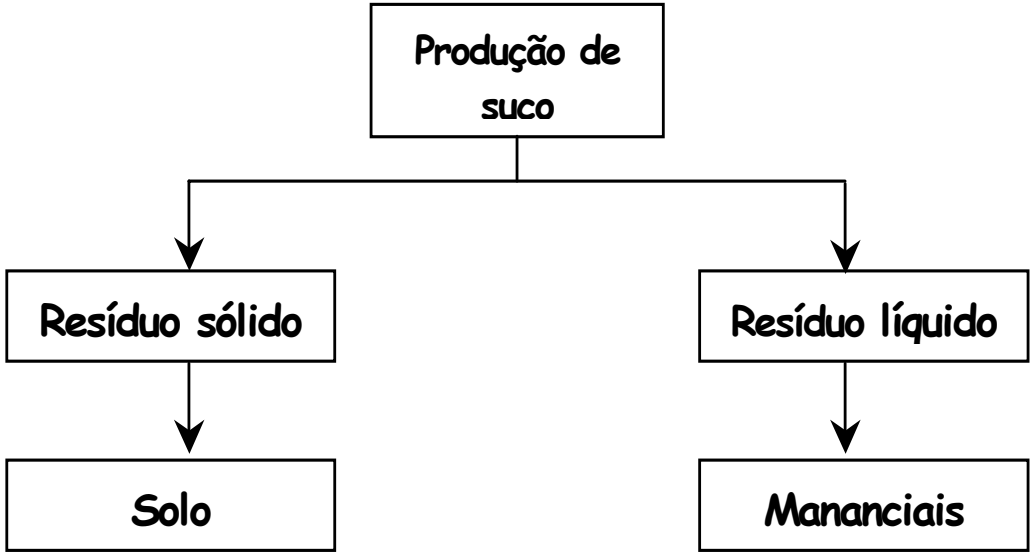

Figura 3 Fluxograma das alternativas apresentadas no Sistema 1

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SISTEMA 1

- teoricamente, inexiste na indústria de processamento de sucos (Legislação Ambiental);
  - 8.000 t de resíduos sólidos e líquidos;
  - 40 t de resíduos líquidos ("água amarela" → 0,5 %);
  - 7960 t de resíduos sólidos diariamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➢ SISTEMA 2

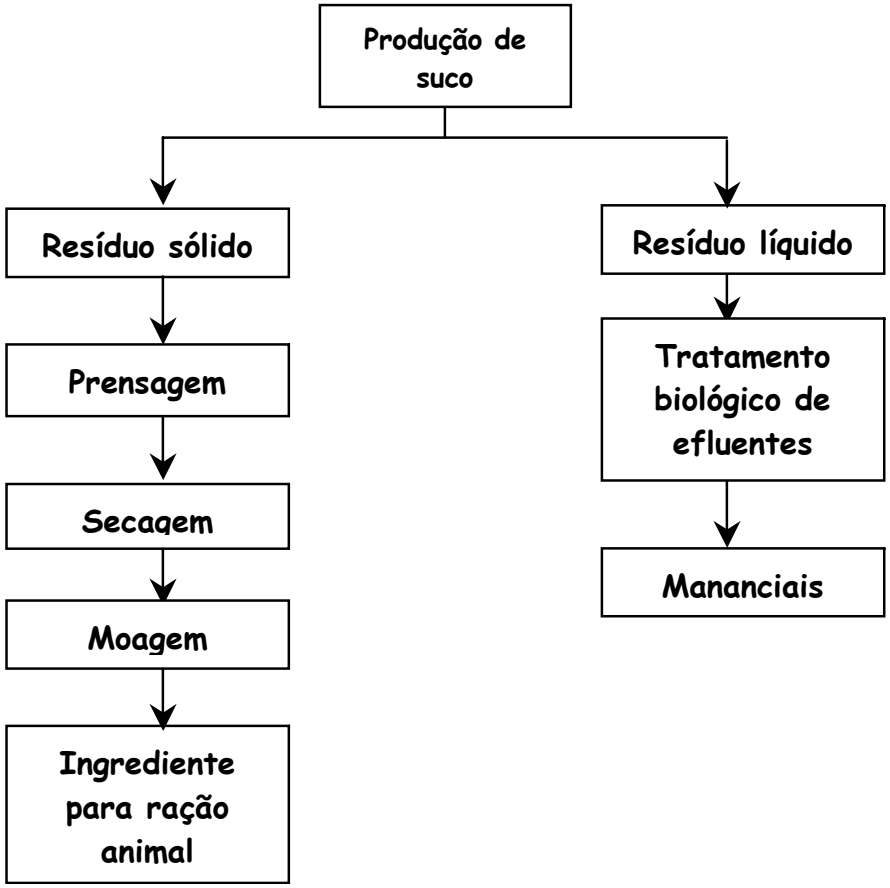

Figura 4 Fluxograma das alternativas apresentadas no Sistema 2

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➢ SISTEMA 2

➢ procedimento mais utilizado nas indústrias processadoras da laranja;

➢ alternativa para se contornar a qualidade e redução da oferta de forragens e grãos de cereais (MOREIRA *et al.*, 2004);

➢ resíduos líquidos (água amarela) → altos índices de matéria orgânica → sistema de tratamento biológico de efluentes (TAVARES *et al.*, 1998).

- ➢ 7960 t de resíduos sólidos são obtidas 2388 t de farelo de polpa cítrica (12% b.s.)
- ➢ 40 t de "água amarela" por dia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➢ SISTEMA 3

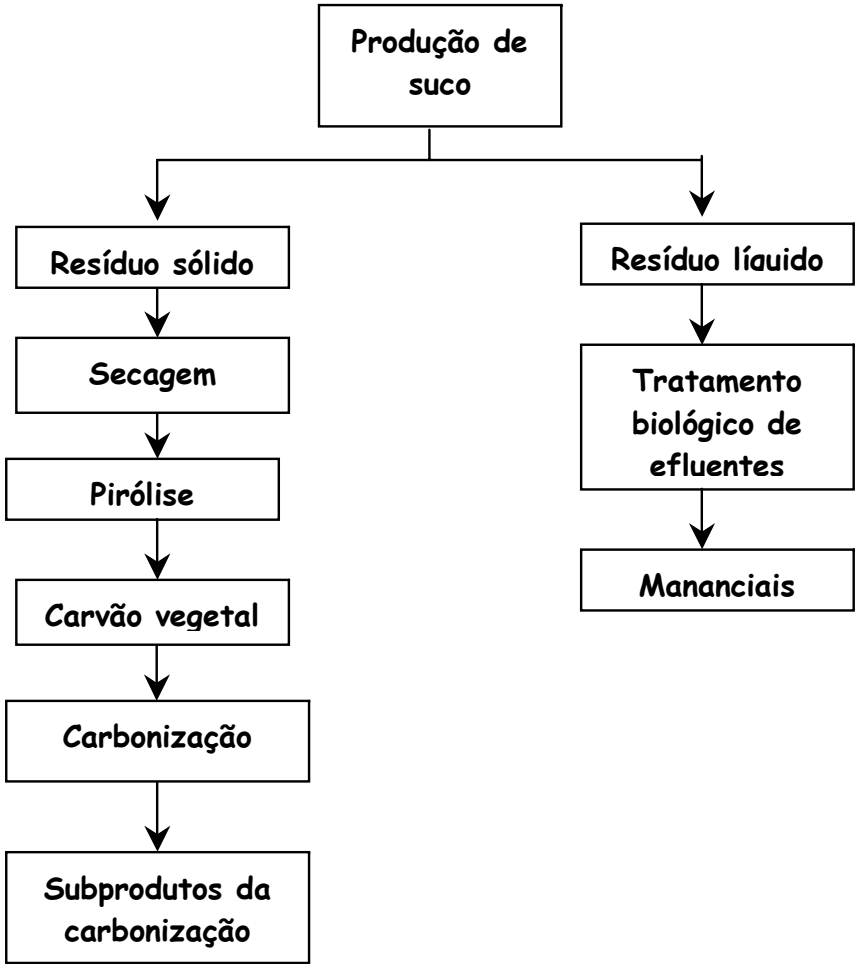

Figura 5 Fluxograma das alternativas apresentadas no Sistema 3

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➢ SISTEMA 3

- ➢ Resíduos com valor energético considerável
- ➢ Carvão vegetal: queima em caldeiras, fornalhas, termoelétricas
- ➢ Subprodutos da carbonização: adubação de cultivos orgânicos, fabricação de adesivos;
- ➢ 7960 t de resíduo sólido: 537 t de carvão, 145 t de subprodutos da carbonização, 40 t de resíduos líquidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➢ SISTEMA 4

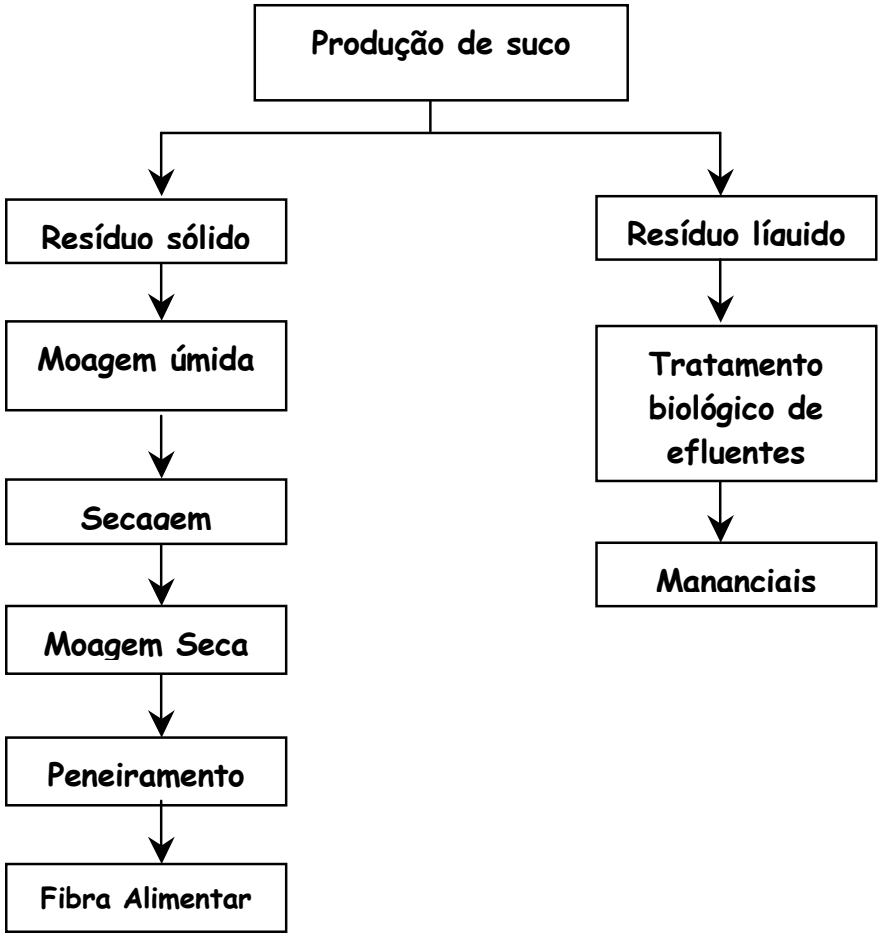

Figura 6 Fluxograma das alternativas apresentadas no Sistema 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➢ SISTEMA 4

➢ polpa lavada mostrou ser uma boa fonte de fibras dietéticas solúveis e insolúveis;

➢ propriedades funcionais únicas (prolongamento do tempo de esvaziamento gástrico; diminuição do nível de glicose sérica; diminuição de hipoglicemia);

➢ funções tecnológicas (formação de géis, retenção de água ou lipídios, aumento da viscosidade, influenciando na textura, formação e estabilização de emulsões e de espumas)

- ➢ o resíduo da laranja possui aproximadamente 80 %(b.u.) de fibra → obtêm-se 1592 t de fibra (7% b.s.);
- ➢ 40 t de "água amarela" por dia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➢ SISTEMA 5

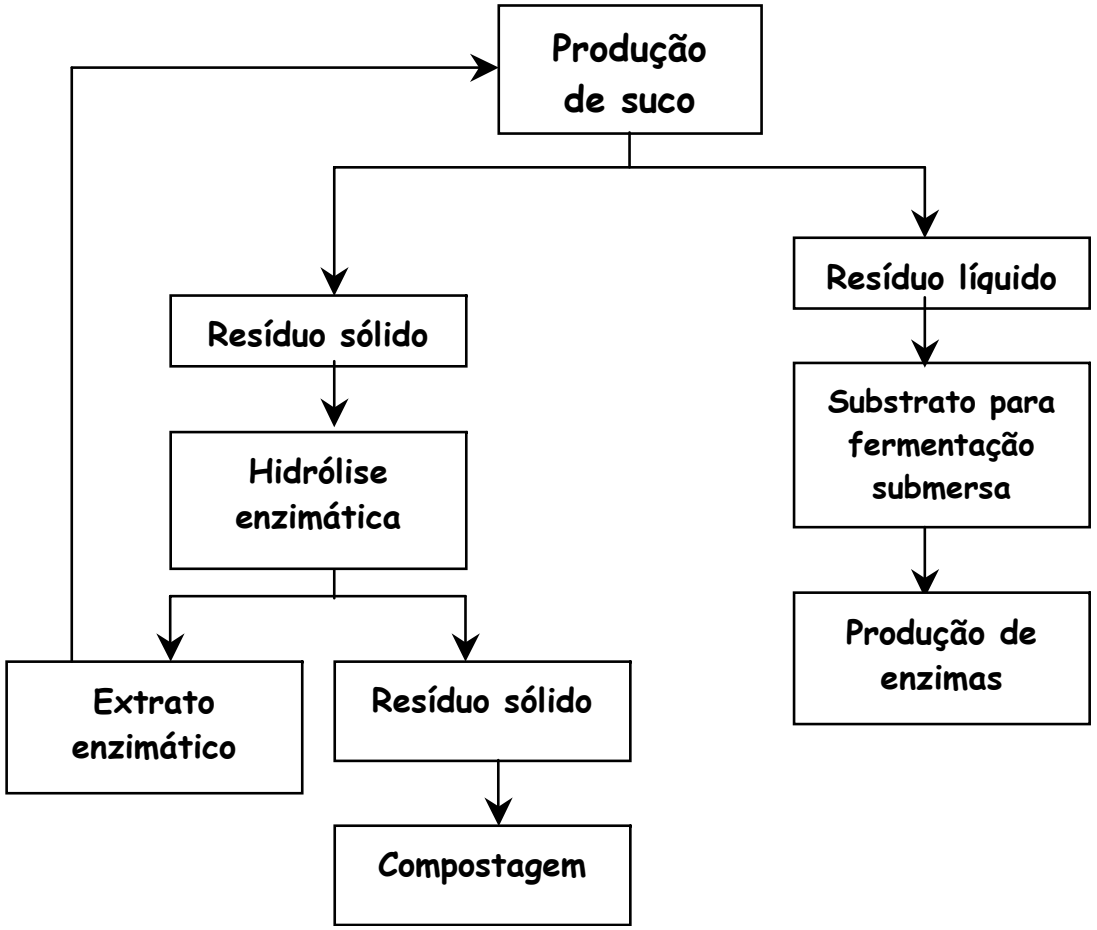

Figura 7 Fluxograma das alternativas apresentadas no Sistema 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SISTEMA 5

Resíduos Sólidos

- hidrólise enzimática (celulose, ácidos urônicos da pectina, arabinose, ramnose, galactose e xilose)
- o extrato enzimático reintroduzido no processamento do suco
  - aumentar o rendimento;
  - melhorar as características organolépticas;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SISTEMA 5

Resíduos Líquidos

- "água amarela" substrato para o cultivo de microrganismos;
- bioconversão do substrato residual em biomassa microbiana:
  - extração de proteínas, lipídios e ácidos nucléicos,
  - aproveitamento de compostos como ácidos orgânicos, vitaminas e enzimas excretadas pelo microrganismo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SISTEMA 5

Resíduos Líquidos

- Tavares *et al.*, (1998) → meio de cultivo para *Penicillium citrinum*, associação entre a redução da DQO e a produção de ribonuclease RNase P1 (nucleotídeos de sabor (5'-GMP e 5'-IMP) adicionados a condimentos e a alimentos pré-preparados):
  - influência positiva no crescimento fúngico;
  - na produção de enzimas;
  - na redução da DQO.

Na literatura, não foram encontrados trabalhos que tenham dados referentes ao rendimento de extrato enzimático obtido a partir da hidrólise da casca de laranja.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SISTEMA 6

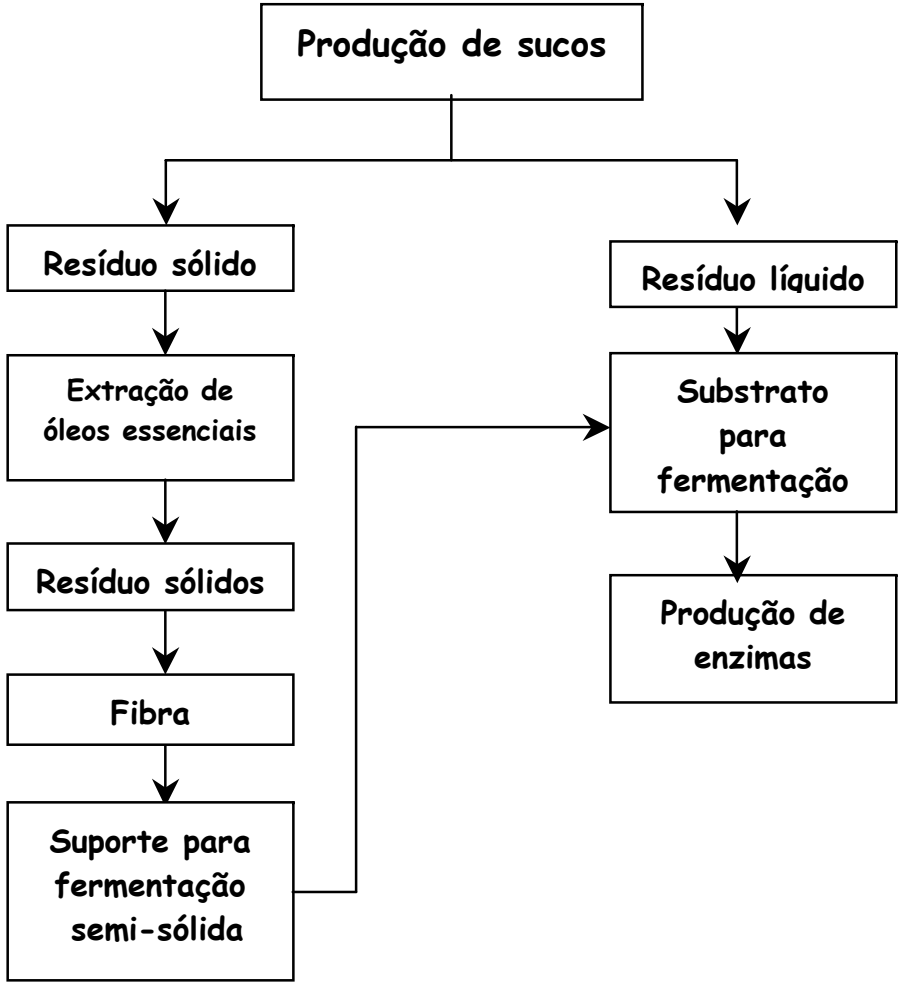

Figura 8 Fluxograma das alternativas apresentadas no Sistema 6

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SISTEMA 6

- óleo essencial alternativa economicamente viável → alto valor agregado.
- aplicação nas indústrias alimentícia e farmacêutica (saborizantes em alimentos e bebidas, fabricação de medicamentos, cosméticos e produtos de limpeza);
- De acordo com ABECITRUS; 2008 a laranja contém 1, 79 % de óleos essenciais → processo de extração com 40% de eficiência, → aproximadamente 57 t de óleos essenciais.
- restam aproximadamente 7817 t de resíduos sólidos → 2344 t de fibra (12% b.s) → suporte para fermentação em estado semi-sólido + 40 t de resíduo líquido geradas no processamento da laranja.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

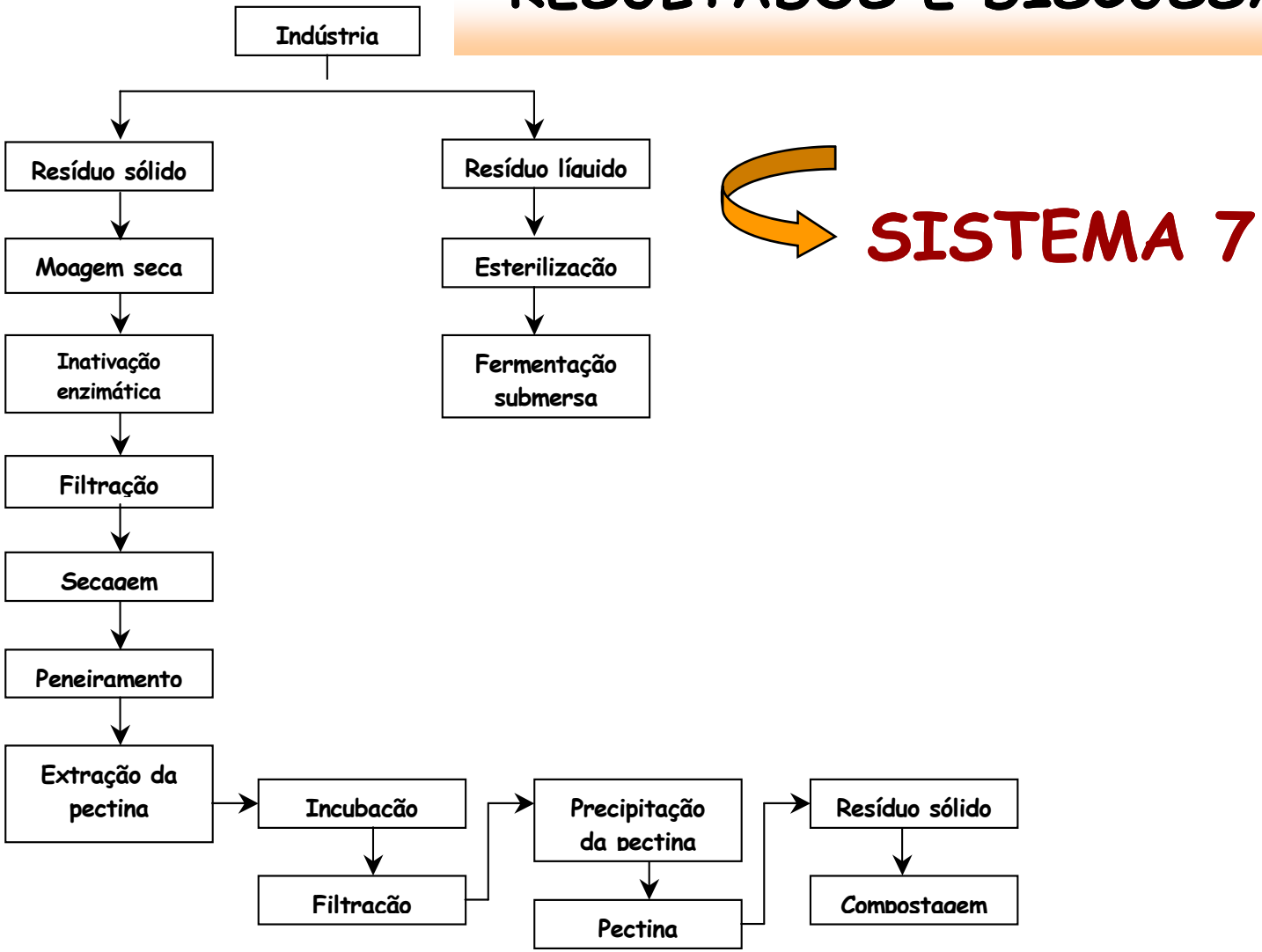

Figura 9 Fluxograma das alternativas apresentadas no Sistema 7

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SISTEMA 7

- a pectina tem ampla aplicação na indústria de alimentos (espessante, texturizante, emulsificante, estabilizante e também como agente geleificante);
- alto valor agregado → o custo para a implantação de uma planta de extração é elevado;
- produção de pectina a partir dos resíduos do processamento de suco de laranja tem rendimento aproximado de 16%(b.s.) → extração máxima 30% →obtêm-se aproximadamente 107 t de pectina (10% b.s.);
- 40 t de resíduo líquido → utilizado como meio de cultivo na fermentação submersa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quadro 1 reúne as informações sobre as operações envolvidas, propósito dos sistemas, benefício econômico, ambiental e investimento envolvido estimado para os sistemas apresentados.

- Uma vez que alguns dos sistemas não são apresentados rotineiramente pelas indústrias, os dados foram simulados com base em pesquisas na literatura.

CONSIDERAÇÕS FINAIS

-Sistemas propostos: boas alternativas para a redução do impacto ambiental e obtenção de produtos com alto valor agregado

- Necessidade de uma análise dos custos para implantação em escala industrial

Muito obrigada!

*silviabene@gmail.com

katita_rz@yahoo.com.br

eamante@cca.ufsc.br

Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos
Campus Trindade, CEP: 88040-900
Florianópolis, SC
Fone: (48) 3721-9930

Referências

[1] Abecitrus, História da Laranja e Subprodutos da Laranja. Disponível em http://www.abecitrus.com.br/, acesso em 19 de agosto de 2008.

[2] Corazza, M. L; Rodrigues, D. G; Nozaki, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja, Revista Química Nova, v. 24, n. 4, 2001.

[3] Grohmann, K; Cameron, R. G; Buslig, B. S. Fractionation and pretreatment of orange peel by dilute acid hydrolysis, *Bioresource Technology 54* (1995) 129-141

[4] IBGE, Censo Agropecuário 2006. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#download, 19 de agosto de 2008.

[5] Mendonça, L.M.V.; Conceição, A.; Piedade, J.; Carvalho, V.D.;Theodoro, V.C.A. Caracterização da composição química e do rendimento dos resíduos industriais do limão Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka)

[6] Moreira, P.S.; Reis, R.B.; Lana, A.M.Q.; et al. Produção e Composição do Leite de acas Alimentadas com Polpa Cítrica em Substituição ao Milho. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 41, 2004, Campo Grande. Anais. Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.

[7] Oliveira, L.F.; Nascimento, M.R.F.; Borges, S.V. Aproveitamento Alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* F. Flavicarpa) para a produção de doce em calda. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.22, Campinas, 2002.

Referências

[8] Pereira, C. L. F. Avaliação da sustentabilidade ampliada de produtos agroindustriais. estudo de caso: suco de laranja e etanol. Dissertação de mestrado, UNICAMP: 2008.

[9] Reda, S. Y; Leal, E.S; Batista, E.A. C *et al.* Caracterização dos óleos das sementes de limão rosa (*Citrus limonia* Osbeck) e limão siciliano (*Citrus limonon*), um resíduo agroindustrial. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25., Campinas: 2005.

[10] Rivas, B.;Torrado, A.;Torres,P.;Converti, A.;Dominguéx, J.M. Submerged Citric Acid Fermentation on Orange Peel Autohydrolysate, Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.56, Washington: 2008.

[11] Tavares, V. B; Siviéri, K; Ceron, C. R; Silva, R; Trabuco, E. Utilização de resíduo líquido de industria de processamento de suco de laranja como meio de cultura de *Penicillium citrinum* : depuração biológica do resíduo e produção de enzima. Revista Química Nova, v. 21, São Paulo: 1998.

[12] Tienne, L; Deschamps, M. C; Andrade, A. M. Produção de carvão e subprodutos da pirólise da casca e do bagaço de laranja (*Citrus sinensis*), Revista Biomassa e Energia, v. 1, n.2, 2004.