

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO
CÂMPUS ARARAQUARA**

**"ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICO-
ECONÔMICA DA PRODUÇÃO
INDUSTRIAL DA AGUARDENTE DO
'LICOR' DE LARANJA".**

JOSÉ ORLANDO FERREIRA

**DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU
DE MESTRE EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO
– ÁREA DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS –**

ORIENTADOR:

Prof. Dr. JOÃO BOSCO FARIA

ARARAQUARA

MARÇO / 2005

**Ninguém é tão grande que não possa
aprender, nem tão pequeno que não
possa ensinar.**

(Voltaire)

Agradeço a Deus sobre todas as coisas

Agradeço aos meus **Pais**, que me ensinaram a aprender sempre, e pelo apoio que sempre me deram desde meu primeiro momento de vida.

Agradeço a minha esposa **Eloísa Alves Toledo Ferreira**, pelo apoio e compreensão nestes anos de “tão pouco tempo”. Ao meu filho **Eduardo**, que, apesar de ainda pequenino, soube entender e me ajudar nesta caminhada.

- Agradeço ao **Prof. Dr. João Bosco Faria**, orientador e grande incentivador, pela confiança, receptividade, paciência e apoio.
- Agradeço a **Profa. Dra. Magali Monteiro da Silva**, pela sua atenção e pelo suporte. Este trabalho não teria se concretizado sem a sua grande competência.
- Agradeço ao **Sr. Candido S. Hotta**, Diretor Industrial da CitrOvita Agro Industrial Ltda., pelo apoio e dedicação no desenvolvimento de pessoas.
- Agradeço a todos os **Funcionários da CitrOvita** (Milena, Galli, André, Fabiano, Renato, Miranda, Julie, Fernando, Paulo, João e tantos outros) que participaram comigo deste projeto, seja me apoiando em ausências temporárias, seja contribuindo com algumas atividades.
- Agradeço a todos os **Professores, Funcionários e Alunos da UNESP de Araraquara**, pela enorme atenção e compreensão que me dispensaram nestes anos.
- Agradeço ao **Prof. Dr. Fernando Leite Hoffmann do IBILCE de São José do Rio Preto**, por ter me permitido participar da disciplina de Microbiologia de Alimentos, sem o que não teria conseguido concluir meus créditos.
- Agradeço aos **Membros da Banca**, pela participação e enormes contribuições dadas a este trabalho.
- Enfim, agradeço a **Todos** que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para a concretização deste trabalho. Obrigado pela inestimável ajuda.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABELAS.....	ii
SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	iii
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
 1. INTRODUÇÃO.....	 12
 2. OBJETIVOS.....	 15
 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	 16
3.1. Características dos Processos.....	16
3.2. Fermentação.....	19
3.3. Destilação.....	23
3.4. Envelhecimento.....	28
3.5. Padrões de Qualidade.....	31
3.6. Análise Sensorial.....	34
3.7. Principais Modalidades de Vendas (<i>Incoterms</i>).....	34
3.7.1. FOT (free on truck).....	35
3.7.2. FOB (free on board).....	35
3.7.3. CFR (cost and freight).....	35
3.7.4. CIF (cost, insurance, freight).....	35
3.7.5. Ex-warehouse or ex-store.....	35
3.7.6. FIS (free into store).....	35
3.7.7. DAF (delivered at frontier).....	35
3.8. Análise de Investimento.....	36
3.8.1. Períodos de Payback (PB).....	36
3.8.2. Valor Presente Líquido (VLP).....	37
3.8.3. Taxa Interna de Retorno (TIR).....	37

4. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1. Material.....	39
4.1.1. Obtenção das Amostras e Otimização do Processo.....	39
4.2. Métodos.....	42
4.2.1. Determinações físico-químicas.....	42
4.2.1.1. Determinação de teor alcoólico.....	43
4.2.1.2. Determinação de pH.....	43
4.2.1.3. Determinação de compostos voláteis.....	43
4.2.1.4. Determinação dos açúcares.....	43
4.2.1.5. Determinação do teor de Proteínas.....	43
4.2.1.6. Determinação da porcentagem de sólidos solúveis.....	44
4.2.1.7. Determinação da intensidade de cor.....	44
4.2.1.8. Determinação de óleo recuperável.....	44
4.2.1.9. Determinação de dimetil sulfeto (DMS).....	44
4.2.1.10. Determinação de carbamato de etila (CE).....	45
4.2.1.11. Determinação de DQO e DBO.....	45
4.2.1.12. Determinação dos teores de cobre.....	45
4.2.1.13. Determinação da acidez volátil.....	45
4.2.2. Avaliação Sensorial das Amostras.....	45
4.2.3. Avaliação Econômica.....	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1. Avaliação dos Dados Físico-Químicos e Sensoriais.....	47
5.1.1. Caracterização do “licor” de Laranja.....	47
5.1.2. Caracterização dos Produtos obtidos nas Destilações.....	49
5.1.3. Caracterização dos Produtos Envelhecidos.....	51
5.1.4. Análise de Cor e Aspecto Visual.....	56
5.1.5. Análise Cromatográfica.....	57
5.1.6. Análise Sensorial.....	58
5.2. Avaliação Econômica.....	60
5.2.1. Fluxograma e Balanço de Massa Propostos.....	61
5.2.2. Custos Operacionais.....	67
5.2.3. Investimentos.....	69
5.2.4. Análise do Investimento.....	71
6. CONCLUSÕES.....	73
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS.....	79
Anexo I – Cromatogramas das amostras de aguardente e de cachaça.....	80
Anexo II – Cromatogramas dos produtos obtidos na sequência do processo.....	81
Anexo III – Cromatogramas das frações cabeça e cauda.....	82
Anexo IV – Resultados da avaliação sensorial (valores médios para Impressão Global).....	83
Anexo V – Limites unilaterais de F ao nível de 5% de probabilidade ($F > 1$).....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Fluxograma típico do processo produtivo da cachaça de alambique.....	16
Figura 02 – Fluxograma básico do processamento da laranja.....	17
Figura 03 – Principais produtos obtidos do processamento da laranja.....	18
Figura 04 – Fermentador contínuo Wick.....	20
Figura 05 – Fluxograma para obtenção de álcool do processamento de laranja.....	22
Figura 06 – Destilador comercial usado para recuperar álcool de “licor” de laranja.....	24
Figura 07 – Coluna de destilação para produção de cachaça.....	26
Figura 08 – Recipiente usado para fermentação do “licor”.....	40
Figura 09 – Tipos de ancorotes de carvalho e castanheira utilizados.....	41
Figura 10 – Fluxograma do processo de fermentação, bi-destilação e envelhecimento de quatro amostras de aguardente de “licor” de laranja.....	42
Figura 11 – Modelo de ficha usada para análise sensorial do aroma, do sabor e da impressão global das 4 amostras de aguardente de “licor” de laranja.....	46
Figura 02 – Moendas usadas no Brasil (detalhe).....	16
Figura 03 – Moendas usadas no Brasil (visão geral).....	17
Figura 04 – Alambique simples.....	23
Figura 05 – Alambique de três corpos.....	23
Figura 07 – Foto de produto engarrafado vendido no exterior.....	29
Figura 08 – Estrutura da laranja.....	33
Figura 09 – Anatomia da laranja.....	35
Figura 11 – Processo de extração da pectina cítrica.....	43
Figura 12 – Comparação entre UR, temperatura e perdas no envelhecimento.....	55
Figura 13 – Comparação visual das amostras de aguardente de “licor” de laranja e de cachaça	56
Figura 14 – Histograma das médias dos testes de aceitação das amostras de aguardente de “licor” de laranja.....	59
Figura 15 – Balanço mássico de CPP (típico de indústrias americanas).....	61
Figura 16 – Balanço mássico de CPP (típico de indústrias brasileiras).....	62
Figura 17 – Balanço mássico proposto para a produção de aguardente de “licor” de laranja..	63
Figura 18 – Balanço mássico global proposto para produção de CPP e aguardente de “licor” de laranja.....	66
Figura 19 – Custos da aguardente de “licor” de laranja para o cliente final (operação X logística).....	68
Figura 20 – Galpão de envelhecimento da aguardente de “licor” de laranja.....	71

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 – Quantidade e preço de cachaça exportada.....	13
Tabela 02 – Composição média do “licor”.....	22
Tabela 03 – Teor alcoólico de mistura binária X ponto de ebulição.....	23
Tabela 04 – Análise do CPP.....	24
Tabela 05 – Componentes voláteis da cachaça (valores médios).....	25
Tabela 06 – Padrões de qualidade para aguardentes conforme Decreto Federal 2314.....	31
Tabela 04 – Composição das células de laranja (conteúdo por 100g).....	36
Tabela 05 – Composição do suco de laranja (conteúdo por 100g).....	37
Tabela 06 – Composição do CPP.....	38
Tabela 07 – Resultados analíticos do “licor” de laranja (valores médios e desvio padrão).....	47
Tabela 08 – Resultados analíticos dos produtos de destilação (valores médios e desvios padrão).....	50
Tabela 09 – Resultados analíticos dos produtos envelhecidos frente ao Decreto Federal nº 2314 do MAPA.....	52
Tabela 10 – Resultados analíticos da composição em voláteis dos produtos envelhecidos.....	53
Tabela 11 – Relação entre volume e área em tonéis vendidos no mercado.....	54
Tabela 12 – UR, temperatura ambiente e perdas no envelhecimento.....	55
Tabela 13 – Cor das amostras de aguardente de “licor” de laranja e de cachaça (valores médios e desvios padrão).....	57
Tabela 14 – Médias e desvios padrão dos testes de aceitação relativos ao aroma, sabor e impressão global das amostras de aguardente de “licor” de laranja.....	59
Tabela 15 – Perdas de etanol por etapa do processo de obtenção da aguardente de “licor” de laranja.....	64
Tabela 16 – Eficiência de cada etapa do processo de obtenção da aguardente de “licor” de laranja.....	65
Tabela 17 – Custos operacionais na produção da aguardente de “licor” de laranja.....	67
Tabela 18 – Custos de logística para movimentação da aguardente de “licor” de laranja de Santos até o cliente final.....	68
Tabela 19 – Investimento necessário para a montagem das instalações para produção da aguardente de “licor” de laranja	

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABRABE	Associação Brasileira de Bebidas
CPP	<i>Citrus Pulp Pellets</i>
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FCOJ	<i>Frozen Concentrate Orange Juice</i> (suco de laranja concentrado e congelado)
FOC	<i>Frozen Orange Cells</i> (Polpa Congelada de Laranja)
GMP	<i>Good Manufacture Practice</i> (programa de qualidade: Boas Práticas de Fabricação – BPF)
GMP+PDV	Programa de garantia de qualidade para rações e ingredientes desenvolvido na Holanda
HACCP	<i>Hazard Analysis Critical Control Points</i> (programa de qualidade: Análise de Perigos e Ponto Críticos de Controle – APPCC)
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IFT	<i>Institute of Food Technologists</i>
MS	Matéria Seca
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NDT	Nitrogênio Digestível Total
NFC	<i>Not From Concentrate</i> , também conhecido como POJ (<i>Pasteurized Orange Juice</i>) ou SS (<i>Single Strenght</i>): suco integral
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SST	Sólidos Solúveis Totais
TASTE	<i>Thermally Accelerate Short Time Evaporator</i>
TPM	<i>Total Productive Management</i> (programa de gestão de qualidade)
UR	Umidade Relativa
WESOS	<i>Water Extracted Soluble Orange Solids</i> (suco de laranja extraído da lavagem da polpa, também conhecido como <i>Pulp Wash</i>)
WHE	<i>Waste Heat Evaporator</i>

RESUMO

A produção da aguardente de “licor” de laranja, já avaliada e sensorialmente aprovada em trabalho anterior, com vistas a ser comercializada no mercado brasileiro e, principalmente, no mercado exterior, pode representar um excelente negócio, já que tem potencial para ser o segundo produto da indústria cítrica em valor agregado e em volume de produção, ficando atrás apenas do suco, porém, apresentando ainda margem de contribuição maior.

Com o objetivo de avaliar a viabilidade técnica e econômica da produção de aguardente de “licor” de laranja, mantendo-se um padrão de qualidade compatível com o mercado internacional e com a legislação brasileira, foi processada, de acordo com as técnicas já utilizadas na produção da cachaça, uma aguardente de “licor” de laranja. O seu processo de produção foi otimizado e foram avaliados os custos operacionais e de investimentos, como também o potencial de mercado da bebida, com base em dados do Ministério da Indústria e Comércio Exterior (Secretaria de Comércio Exterior) relativos à cachaça exportada nos últimos seis anos.

O resíduo do processamento, correspondente à vinhaça da indústria de aguardente de cana, poderá ser reincorporado ao processo de fabricação do CPP, subproduto vendido como componente de ração animal, sem que os custos de produção sejam significativamente aumentados, apresentando ainda a vantagem de promover um pequeno aumento no valor da proteína no produto final.

Os resultados obtidos permitem afirmar que a produção da aguardente de “licor” de laranja, reúne condições físico-químicas e sensoriais compatíveis com os mercados interno e externo, como também representa opção perfeitamente viável do ponto de vista econômico.

ABSTRACT

The production of “orange spirits” made of orange “press liquor” previously analyzed and approved in a former study aiming to be sold both in Brazilian market and in the export market may represent an excellent business, as it has a potential to be the second product (in the orange juice industry) in net value in volume of production, only behind the juice, however with a higher net margin.

Aiming at evaluating the technical and economical feasibility of producing “orange spirits”, maintaining a quality standard in line with the external market and with the Brazilian laws and regulations, an “orange sprits” was processed, in accordance with the current techniques used for “cachaça” production. Its process was optimized and were evaluated the costs and investments, as well as the potential market based on data from the Brazilian Ministry of Industry and External Commerce regarding “cachaça” exported during the last six years. Based on the results obtained, we are able to confirm to be feasible producing “orange spirits”.

The distillage, which in the “cachaça” industry is called “bad wine”, can be added back into the production of Citrus Pulp Pellets (CPP), by-product sold as feedstock; in a way not to have the production costs significantly increased, and with the advantage in promoting a slight increase in the CPP’s protein value.

The results obtained lead to affirm that the production of “orange spirits” it is feasible in terms of physical-chemical and sensory analysis for internal and external markets and represents a good economic option for citrus industries.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de suco de laranja, denominada aqui de indústria cítrica, em nível mundial tem sofrido, nestes últimos anos, forte concorrência de bens substitutos, em especial suco de maçã e sucos exóticos, tendo seu crescimento praticamente estabilizado. O mesmo tem acontecido com a indústria cítrica nacional, que além de bens substitutos tem sofrido forte pressão de novos mercados produtores, como América Central e Norte da África, que aparecem no mercado quando os preços do suco estão em alta; das barreiras tarifárias e não-tarifárias impostas pelos países importadores; do crescente incremento em custos devido ao aparecimento de novas pragas que, muitas vezes, devastam culturas e plantações (como recentemente a “Morte Súbita dos Citrus”, doença que pode levar à erradicação de 90% dos pomares de laranja do estado de São Paulo), dentre outras.

Diante desta situação, a busca pela redução de custos através do aumento da eficiência e otimização no uso de recursos, bem como pela busca de novos produtos com alto valor agregado ou pela maior agregação de valor aos já existentes, tem sido uma constante e pode (em especial este último, pois os demais têm limites) representar uma excelente saída estratégica e, até mesmo, uma questão de sobrevivência para a citricultura brasileira. Os trabalhos desenvolvidos anteriormente, tanto na produção de álcool, vinho e vinagre, a partir de subprodutos da industrialização de suco de laranja, como na produção de aguardente de “licor” de laranja (ROÇAFA JR. et al., 2004), vêm de encontro a esta situação.

Tendo em vista o potencial que representa a industrialização desta bebida, considerando-se, principalmente, o volume de “licor” gerado durante o processo de fabricação do CPP, subproduto obtido da produção do suco de laranja, ainda, a crescente demanda mundial por aguardentes típicas e exóticas (novas), conforme detalhamento a seguir, torna conveniente a condução de estudos sobre a viabilidade técnica e econômica da produção industrial desta nova bebida, visando: 1) desenvolver um processo com baixo custo operacional e com mínima geração de resíduos, 2) obter um produto com alto valor agregado e com um controle efetivo da qualidade físico-química e sensorial que atenda as expectativas dos clientes e aos requisitos legais nacionais e internacionais.

A aguardente de cana é definida pelo decreto nº2314 de 3 setembro de 1997 (BRASIL, 1997) alterado pelo decreto nº 3510 de 16 de Junho de 2000 (BRASIL, 2000), como a bebida com teor alcoólico entre 38% e 54% em volume, a 20°C, obtida do destilado alcoólico simples da cana-de-açúcar, ou por destilação direta do mosto fermentado da cana de açúcar, podendo ser adicionada de açúcares até 6g/L.

A Tabela 01 mostra a evolução das exportações brasileiras de cachaça. É interessante notar como há grandes variações de ano para ano. Como destaques, vemos uma tendência de queda para Paraguai e Bolívia e de aumento para Alemanha e Estados Unidos. Com relação aos preços praticados, nota-se, também, grande variação, sendo que neste caso, os maiores importadores não são os que pagam o maior preço (ALICEWEB, 2004).

Tabela 01: Quantidade e preço de cachaça exportada

PRINCIPAIS PAÍSES	QUANTIDADE VENDIDA (L)						
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Média
Paraguai	1 822 687	2 669 182	7 613 262	3 008 214	1 953 203	1 159 972	3 037 753
Alemanha	1 023 985	1 993 467	2 441 158	3 289 326	5 086 149	3 007 702	2 806 965
Uruguai	839 550	1 164 322	898 880	727 464	664 949	989 244	880 735
Portugal	208 098	256 286	316 018	319 098	2 555 900	568 866	704 044
Itália	215 498	345 270	208 595	340 402	351 588	335 098	299 409
Bolívia	144 466	387 232	583 920	460 851	60 519	43 019	280 001
EUA	66 268	156 886	239 873	225 524	212 491	460 012	226 842
Bélgica	1 233	192 064	201 207	266 470	437 015	194 734	215 454
Chile	141 417	166 420	180 559	260 063	187 941	192 975	188 229
Holanda	26 170	25 144	74 077	158 721	478 293	269 682	172 015
Espanha	104 372	70 980	107 348	142 376	174 942	303 311	150 555
Japão	39 850	65 097	63 788	69 410	427 612	134 672	133 405
China	0	420	8 660	25	0	31 449	6 759
Resumo	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Média
TOTAL EXPORTADO	5 566 046	7 821 720	13 429 272	10 150 311	14 534 926	8 647 845	10 025 020

PRINCIPAIS PAÍSES	PREÇO FOB (US\$/L)						
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Média
Paraguai	0,84	0,64	0,30	0,53	0,40	0,44	0,46
Alemanha	0,89	0,87	0,78	0,73	0,62	0,46	0,68
Uruguai	0,80	0,58	0,54	0,48	0,38	0,46	0,55
Portugal	1,61	1,67	1,46	2,00	0,24	1,94	0,85
Itália	2,64	2,01	2,38	1,97	1,70	1,82	2,02
Bolívia	1,60	0,89	0,60	0,51	1,87	3,36	0,84
EUA	1,58	1,39	1,40	1,51	1,80	1,15	1,40
Bélgica	12,51	0,84	0,80	0,75	0,75	0,79	0,79
Chile	2,30	2,07	1,66	1,25	1,18	0,98	1,51
Holanda	2,25	3,28	2,51	1,60	0,95	3,08	1,81
Espanha	2,06	3,09	2,12	2,04	1,78	2,86	2,36
Japão	3,11	2,16	2,36	1,66	0,27	1,73	1,10
China		2,07	3,79	29,00		1,56	2,06
Resumo	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Média
TOTAL EXPORTADO	1,24	0,95	0,61	0,83	0,60	1,04	0,81

Fonte: Aliceweb – Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior, 2004.

De maneira geral, pode-se afirmar que há ainda muito espaço para ações que potencializem as exportações brasileiras de cachaça, levando-nos a ganhos em escala e agregação de valor com ganhos financeiros, como acontece com vários outros produtos da nossa agroindústria. A profissionalização do setor e fortes investimentos em *marketing* e na qualidade do produto trarão, certamente, resultados expressivos. Todos estes aspectos tornam o presente trabalho bastante atrativo para o setor citrícola.

Durante a condução dos experimentos foi julgado importante, também, se comparar as características da bebida destilada em equipamentos de aço-inoxidável e de cobre, como forma de permitir uma maior flexibilidade ao processo.

Outro aspecto digno de menção foi não ter sido encontrado estudos sobre a Castanheira do Pará (*Bertholletia excelsa*) como opção ao envelhecimento de bebidas destiladas, apesar dos diversos estudos existentes sobre o uso de outros tipos de madeiras nativas do Brasil como forma de redução de custos. Isto levou se fazer comparações, em termos sensoriais e cromatográficos, o efeito do envelhecimento em tonéis construídos de carvalho e tonéis construídos de castanheira do Pará, cujo preço é 30% menor quando comparado com carvalho. Em consulta feita ao IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente) constatamos que o uso de Castanheira do Pará para confecção de tonéis é permitido, desde que autorizado por este órgão.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram:

- Avaliar e otimizar o processo de obtenção da aguardente de “licor” de laranja, como uma opção de subproduto da indústria cítrica com boa margem de contribuição financeira;
- Caracterizar física, química e sensorialmente a bebida obtida;
- Verificar a qualidade da bebida com base em padrões de qualidade compatíveis com as exigências do mercado internacional e com a legislação brasileira;
- Verificar seu potencial de mercado;
- Reaproveitar, de maneira econômica, o resíduo gerado no processo de obtenção desta bebida e aumentar os níveis de proteína no CPP;
- Comparar a qualidade do destilado obtido em equipamento de aço inoxidável e em equipamento de cobre;
- Comparar o efeito do envelhecimento realizado em tonéis de Carvalho (*Quercus sp.*) e em tonéis de Castanheira do Pará (*Bertholletia excelsa*);
- Avaliar a viabilidade técnica e econômica da produção de aguardente de “licor” de laranja e propor um processo otimizado para a produção dessa bebida.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. CARACTERÍSTICAS DOS PROCESSOS

O processo de produção da cachaça é relativamente simples, consistindo de cinco etapas principais: moagem, fermentação, destilação, envelhecimento (opcional) e engarrafamento (apesar de empresas venderem o produto a granel). O fluxograma básico do processo produtivo é apresentado na Figura 01.

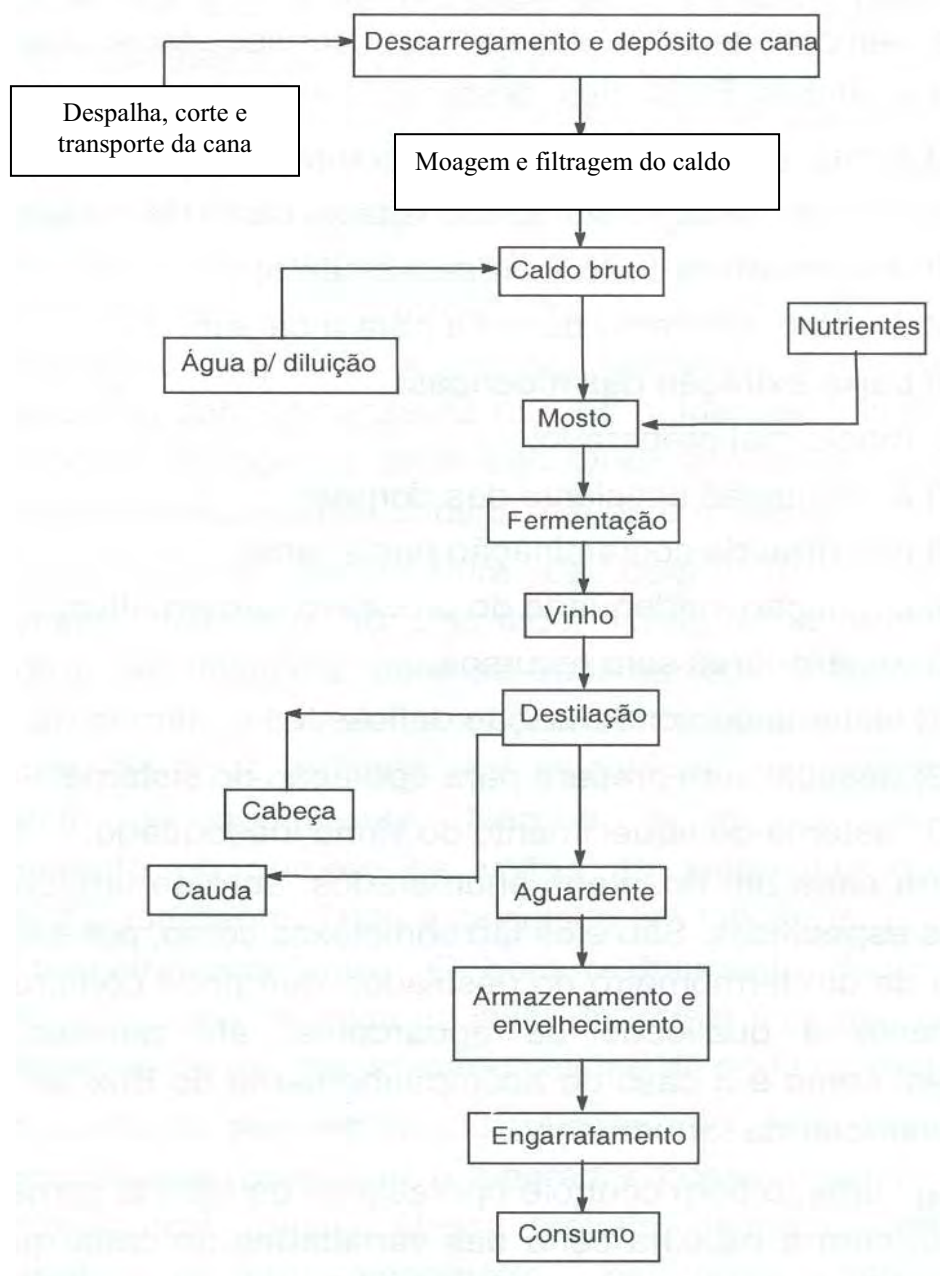


Figura 01 – Fluxograma típico do processo produtivo da cachaça de alambique.
Fonte: CARDOSO (2001)

O processo da indústria cítrica é relativamente complexo devido a obtenção de diversos subprodutos de bom valor agregado. Da laranja praticamente tudo se aproveita no processo e se reverte em produto, apesar de cerca de 77% da laranja ser água.

A Figura 02 mostra o fluxograma básico da industrialização da laranja e como são obtidos alguns de seus principais produtos. O coração do processo é a extração, de onde saem as partes dos frutos para a recuperação dos diversos produtos.

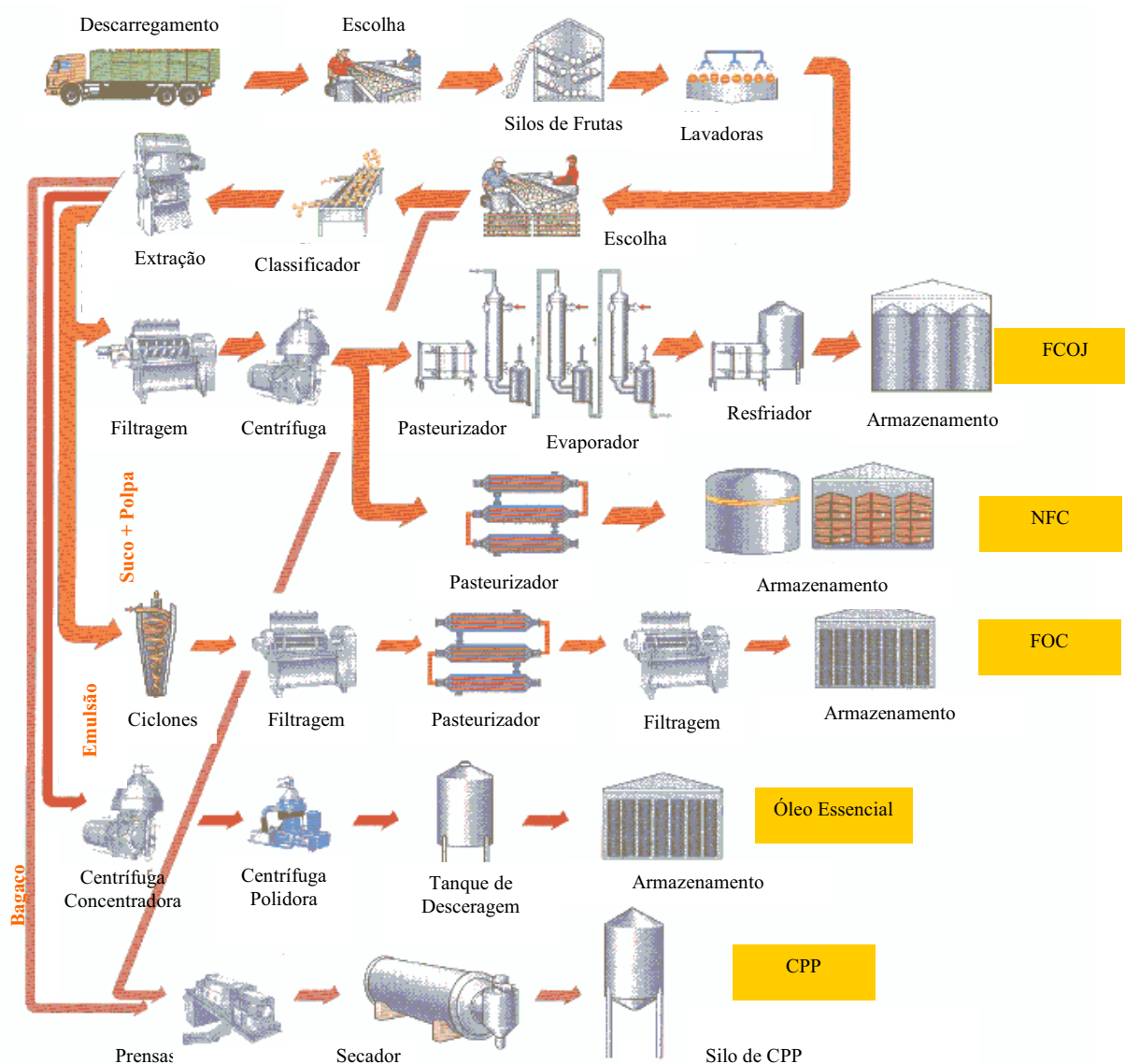


Figura 02 – Fluxograma básico do processamento de laranja

Fonte: TETRA PAK (1998)

Além dos produtos mostrados no fluxograma acima, tendo o FCOJ como principal, há ainda outros como: WESOS que é um tipo de suco obtido da lavagem da polpa, Terpenos que são obtidos da concentração do “licor” da laranja ou do fracionamento do óleo essencial, e aromas Fase Aquosa e Fase Oleosa que são recuperados durante o processo de concentração de suco nos evaporadores tipo TASTE (indústrias do interior do estado de São Paulo, 2004).

A Figura 03 nos dá uma boa idéia de como é o aspecto destes produtos. É importante ressaltar que há enormes diferenças entre a eficiência das indústrias brasileiras com as americanas e que a literatura disponível muitas vezes não acompanha a evolução desta indústria, que em função da concorrência acirrada deste mercado, mantém seus números em caráter restrito.

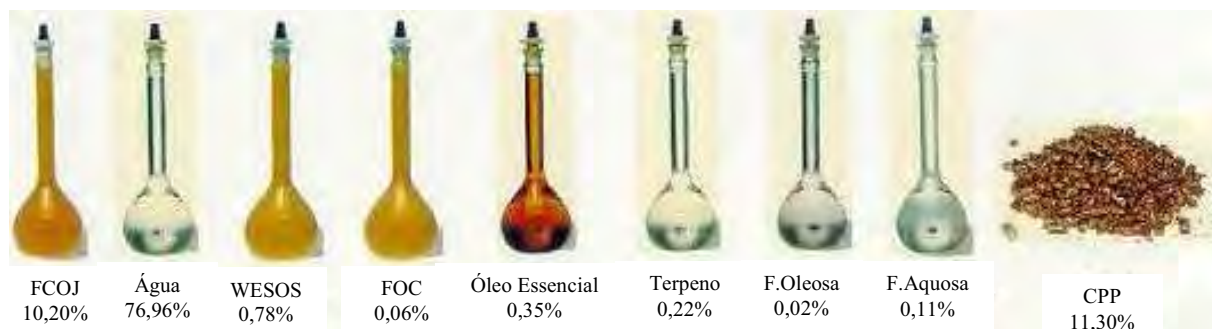


Figura 03: Principais produtos obtidos do processamento da laranja

Fonte: Empresas de suco de laranja do interior de São Paulo, 2004.

Segundo KESTERSON and BRADDOCK (1976) e BRADDOCK (1999), além destes, há também vários outros possíveis produtos, porém, considerados como secundários devido a sua baixa exploração, representando vasto campo de pesquisa. São citados: a **polpa desidratada** (fibra), **flavonóides** como hesperidina, naringina, dihidrochalconas e flavonas polimetoxiladas (usados pela indústria farmacêutica na prevenção de câncer, inibição de tumores, proteção de vasos sanguíneos, redução de colesterol etc.), **limonóides** (compostos tetracíclicos triterpenóides com propriedades farmacológicas), **produtos da casca** (estabilizantes e cascas para consumo direto), **pectina**, **geléias**, **purês**, **gomos** (vendidos em latas ou sacos plásticos, prontos para comer), **produtos das sementes** (biocidas, óleo comestível e concentrado protéico), **álcool**, **vinho** e **vinagre**.

KIMBALL (1999) cita a produção de álcool a partir do “licor” de laranja concentrado, também denominado de melaço. O uso do melaço se explica devido à ação inibitória ao desenvolvimento das leveduras no processo de fermentação provocado pelo d-limoneno, presente em maior teor no “licor” antes da concentração. Para um bom processo de fermentação, o limite de d-limoneno recomendado é 0,08% no “licor” na base 11,8°Brix.

Segundo informações obtidas junto a indústrias cítricas do interior do Estado de São Paulo em 2004, na fabricação do CPP, todos os resíduos gerados do processamento das laranjas (bagaço, casca, sementes, polpa, bagacilho e “água amarela” gerada na recuperação do óleo essencial) são triturados e recebem cal (óxido de cálcio comercial) para correção do pH de 3,5-4,5 para 6,0-6,4 e para a demetilação da pectina facilitando a liberação de água no processo de prensagem. Após terminada a reação com a cal, os resíduos sólidos (denominados

aqui simplesmente de bagaço) seguem para prensas verticais ou horizontais onde são separados em duas fases: sólida (bagaço) e líquida (“licor”). Os sólidos podem seguir diretamente para os secadores ou passar por uma segunda etapa de prensagem. O “licor” da primeira prensagem pode seguir diretamente para os evaporadores do tipo WHE ou se misturar com o “licor” da segunda prensagem antes. O “licor” passa por peneiras e recebe a “água amarela” antes de entrar nos evaporadores WHE. Após a concentração, passam de 11-14°Brix para 35-45°Brix e são devolvidos ao bagaço, dependendo do processo, no triturador (moinho), antes das prensas, antes do secador e/ou antes das “pelletizadoras”. Durante a concentração, é recuperado o terpeno cítrico, subproduto com 92-97% de d-limoneno. O bagaço segue para secadores à chama direta com aproveitamento da energia gerada pelos evaporadores WHE. Dos secadores o bagaço desidratado segue para as “pelletizadoras”, máquina extrusoras que compactam o bagaço aumentando sua densidade de 0,20 para 0,65-0,70g/L. O bagaço compactado, agora denominado de CPP, segue para os resfriadores, armazenamento e expedição.

3.2. FERMENTAÇÃO

Segundo MONTES (1977), as fermentações podem ocorrer por meio de bactérias, de leveduras ou de bolores; tendo como principais fermentações as **produzidas por bactérias** (a acética, a láctica, a acetobutílica, a acetoetílica, a glucônica e a propiônica), **produzidas por leveduras** (a alcoólica e a glicérica) e as **produzidas por bolores** (para produção de ácido cítrico, ácido glucônico, ácido láctico, ácido fumárico e manitol). Dentre as leveduras, o gênero mais usado é o *Saccharomyces* (fundamentalmente *Saccharomyces cerevisiae*). Em meio aeróbico as leveduras respiram e transformam os açúcares em CO₂ e água de forma acelerada para obter energia, havendo a liberação de 374,3kcal por cada 100g de glucose. Em anaerobiose ou pouca disponibilidade de ar, para a obtenção de energia, os açúcares são transformados em CO₂, etanol e outros produtos secundários, porém com menor liberação de energia, ou seja, 32kcal para cada 100g de glucose.

Segundo LEA and PIGGOTT (2003), a fermentação tem três fases distintas: **fase preliminar** (4h), em que ocorre uma rápida multiplicação celular com baixa produção de CO₂ e pouco aumento na temperatura; **fase principal ou turbulenta** (12-16h), em que há alta produção de CO₂ e etanol e com alta atividade celular; e **fase final** (4-6h), em que há uma redução na densidade e um aumento na acidez, na quantidade de álcool e temperatura. É comum o reuso das leveduras (10 a 20% do volume) separadas do mosto, denominadas de “pé-de-cuba”, após serem tratadas por cerca de 4h com água + ácido (normalmente ácido

sulfúrico). Apesar da fermentação da cana-de-açúcar ser um processo robusto, alguns cuidados devem ser tomados para se obter a eficiência, normalmente esperada, de 80-85%. Dentre eles destacam-se: o fator de diluição do meio, sendo desejado valores entre 16 e 20°Brix e densidade entre 1,064 e 1,080kg/L; o controle de temperatura, a qual deve ser mantida entre 25 e 32°C; as condições de higiene e limpeza, em especial para evitar contaminações bacterianas, principalmente, por *Lactobacillus* e *Leuconostoc*; o pH deve ser mantido na faixa 3,7-4,3; o tempo de fermentação entre 24 e 30h; o controle do aroma, pois alterações podem significar contaminação e atenção deve ser dada a presença de *Drosophilas*, as quais podem indicar infecção acética.

KIMBALL (1999) mostra que para a fermentação do “licor” de laranja, este deve estar entre 12 e 30°Brix, tendo como maior eficiência a fase lag, podendo ser usado tanto o processo por batelada como o processo contínuo em fermentadores do tipo “Wick” (Figura 04) usados comercialmente nos Estados Unidos, onde os gases gerados provocam um fluxo circular na solução, que além de mantê-la homogênea, promove a chamada zona morta que contém as leveduras nas bordas, permitindo a retirada da solução alcoólica sem mudar a população destas leveduras. Estes fermentadores, normalmente, têm capacidade de cerca de 40mil litros e promovem a fermentação parcial em 24h ou completa em 36-48h. Pode-se usar benzoato ou penicilina como forma de prevenir crescimento bacteriano, porém a melhor forma ainda é um bom controle de limpeza e desinfecção.

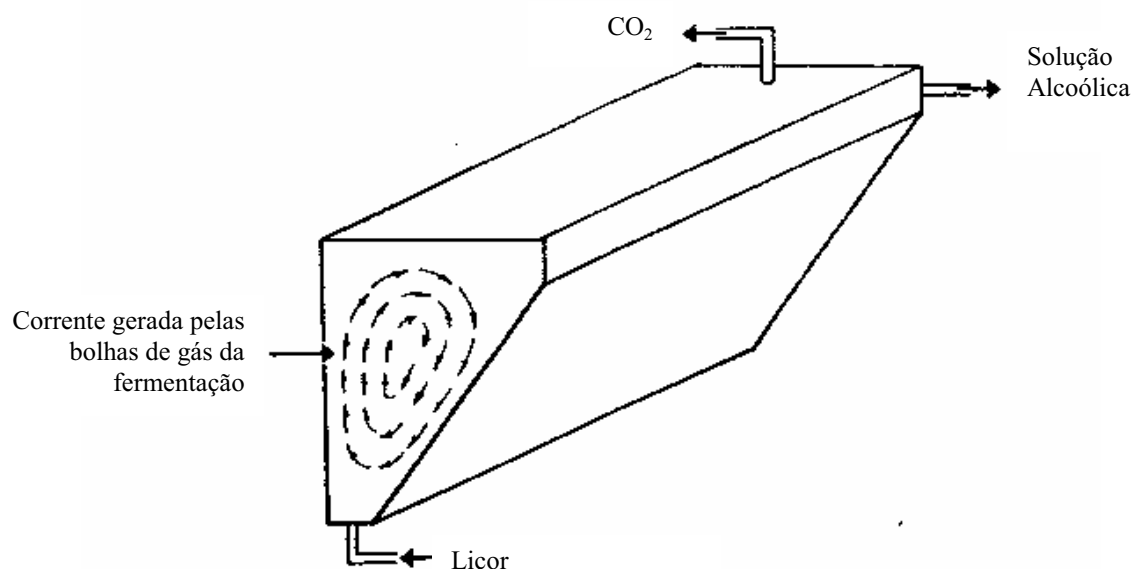
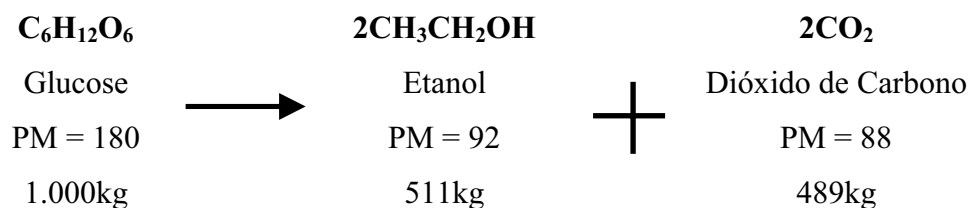


Figura 04 – Fermentador contínuo Wick

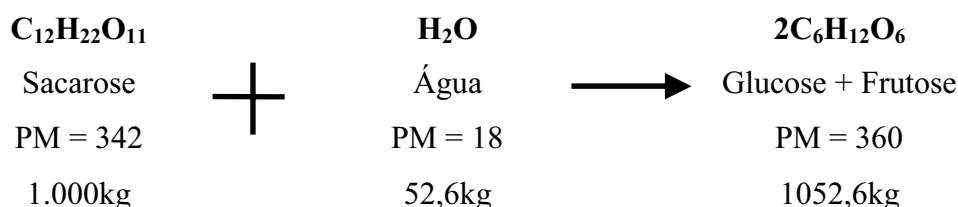
Fonte: KIMBALL (1999)

Segundo CARDOSO (2001), a fermentação para produção de cachaça é, normalmente, feita em dornas cilíndricas com fundo cônico pela facilidade de limpeza e escoamento do líquido, tendo uma relação mais comum entre altura e diâmetro 2x1. Apesar de ser comum o uso de dornas de madeira e alvenaria, é altamente recomendado, por questões de higiene, o uso de aço carbono ou inox.

LEA and PIGGOTT (2003), propuseram a sequência de equações e cálculos para estimar a produção de etanol frente ao melaço de cana-de-açúcar.



A inversão da sacarose é dada pela equação:



O melaço de cana-de-açúcar contém 53,5% de açúcar invertido total, sendo 3-4% a fração não fermentável. Assim, partindo-se de 1.000kg de melaço, tem-se:

$$1.000 \times (53,5 - 4,383) / 100 = 491,17\text{kg}$$

Da transformação da glucose em etanol, tem-se:

$$491,17 \times 0,511 = 250,99\text{kg de etanol}$$

Pelo efeito Pasteur:

$$250,99 \times 0,95 = 238,44\text{kg de etanol}$$

Considerando-se uma eficiência de 80% na fermentação, tem-se:

$$238,44 \times 0,80 = 190,77\text{kg de etanol}$$

Pela densidade do álcool a 100%:

$$190,77 / 0,7894 = 241,64\text{L de etanol}$$

Assim, para cada tonelada de melaço são esperados, na fermentação, 241,64L de etanol.

BRADDOCK (1999) sugere o fluxo do processo para produção de álcool a partir do “licor” de laranja na Figura 05, no qual o melaço é diluído à 25°Brix e mantido em tanques para fermentação por 3 dias.

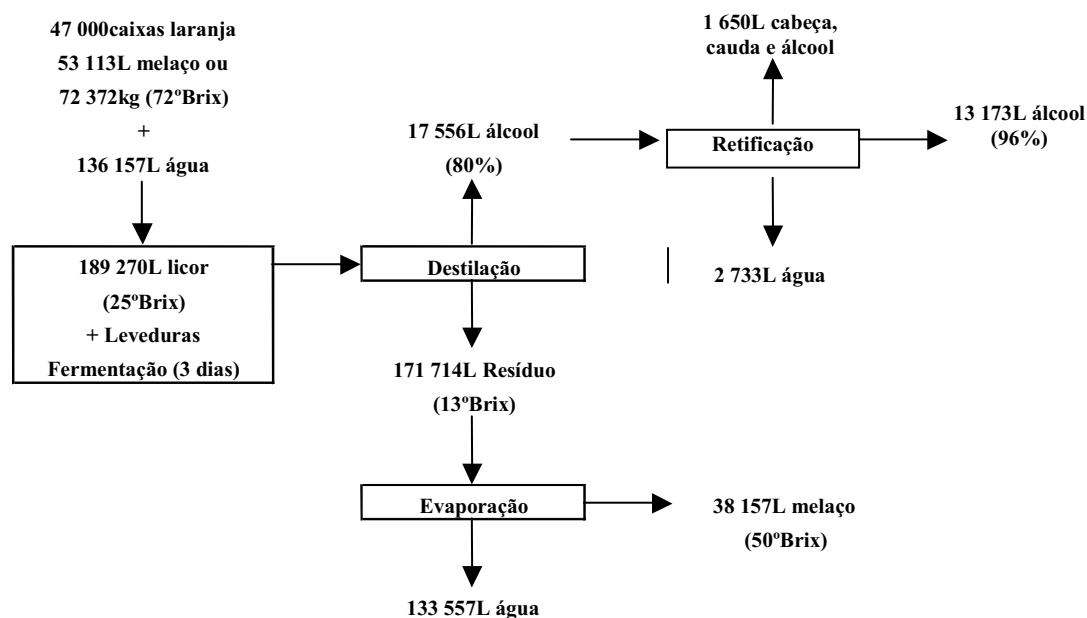


Figura 05 – Fluxograma para obtenção de álcool do processamento de laranja

Fonte: BRADDOCK (1999)

Na Tabela 02, BRADDOCK (1999) mostra a composição típica do “licor” de laranja de indústrias dos Estados Unidos da América.

Tabela 02 – Composição média do “licor”

Parâmetro	“Licor”	Melaço
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	10,1	72,0
pH	5,7	5,0-6,0
Sacarose (%)	2,4	20,5
Açúcares Redutores (%)	4,2	23,5
Pentoses (%)	0,3	1,6
Proteína (%)	0,5	4,1
Cinzas (%)	0,7	4,7
Pectina (%)	0,7	1,0

Fonte: BRADDOCK (1999)

O licor é composto de 60-75% de açúcares, principalmente de glucose, frutose e sacarose e pequenas quantidades de pentoses e a fermentação destes gera álcool e CO₂, com uma taxa de conversão de 50% de açúcar em álcool. Atenção deve ser dada à presença de pectina, que na fermentação favorece a formação de metanol.

3.3. DESTILAÇÃO

Segundo CARDOSO (2001), a destilação é a operação final na produção de cachaça, que consiste da condensação dos vapores gerados do aquecimento do mosto fermentado (vinho), tendo como produtos finais duas frações líquidas: o destilado rico em etanol e outros componentes e a vinhaça (também conhecida como vinhoto) composta por açúcares não fermentados, ácidos graxos, sais minerais etc. O vinho, com 5-8% em volume de álcool, deve produzir 15-17% do seu volume em aguardente com 38-54% em álcool. A Tabela 03 mostra a relação entre teor alcoólico no vinho, ponto de ebulição e teor alcoólico no condensado.

Tabela 03 – Teor alcoólico de mistura binária X ponto de ebulição

Etanol na Mistura Líquida (% v/v)	Ponto de Ebulição (°C)	Etanol no Vapor Condensado (% v/v)
5	95,9	35,8
10	92,6	51,0
20	88,3	66,2
30	85,7	69,3
40	84,1	72,0
50	82,8	75,0
60	81,7	78,2
70	80,8	81,9
80	79,9	86,5
90	79,1	91,8

Fonte: CARDOSO (2001)

Conforme o vinho aumenta seu teor em álcool, o ponto de ebulição diminui, sendo este fato particularmente interessante na segunda destilação. Ao se atingir o teor alcoólico proposto deve-se imediatamente efetuar o corte da destilação, pois o teor alcoólico do vinho vai esgotando com a destilação, assim evita-se o risco de obter um produto com graduação alcoólica inferior. Outro ponto a considerar é a qualidade organoléptica que também pode ficar prejudicada, bem como haver um aumento na acidez.

Segundo FARIA et al. (2003), a destilação para obtenção da cachaça deve ser fracionada em três partes distintas para retirada de compostos indesejáveis:

- **Cabeça:** é a primeira fração destilada e contém a maior parte de metanol, devendo ser separada do produto final.
- **Coração:** é a segunda fração. Trata-se da aguardente como tal.
- **Cauda:** é a última fração e, contém como a cabeça, compostos indesejáveis (produtos menos voláteis), devendo ser separada do produto final.

BRADDOCK (1999) descreve que para a produção de álcool em indústrias americanas, após o período de fermentação do “licor” da laranja, o vinho é destilado em destiladores de placas, porém, o álcool em solução aquosa, forma uma mistura azeotrópica que evita que mais de 95,6% de álcool seja recuperado à pressão atmosférica. Destiladores comerciais permitem obter álcool a 90%, porém, geralmente se atinge apenas 80% operando a temperaturas de 118°C na primeira coluna e 78°C na segunda, conforme Figura 06.

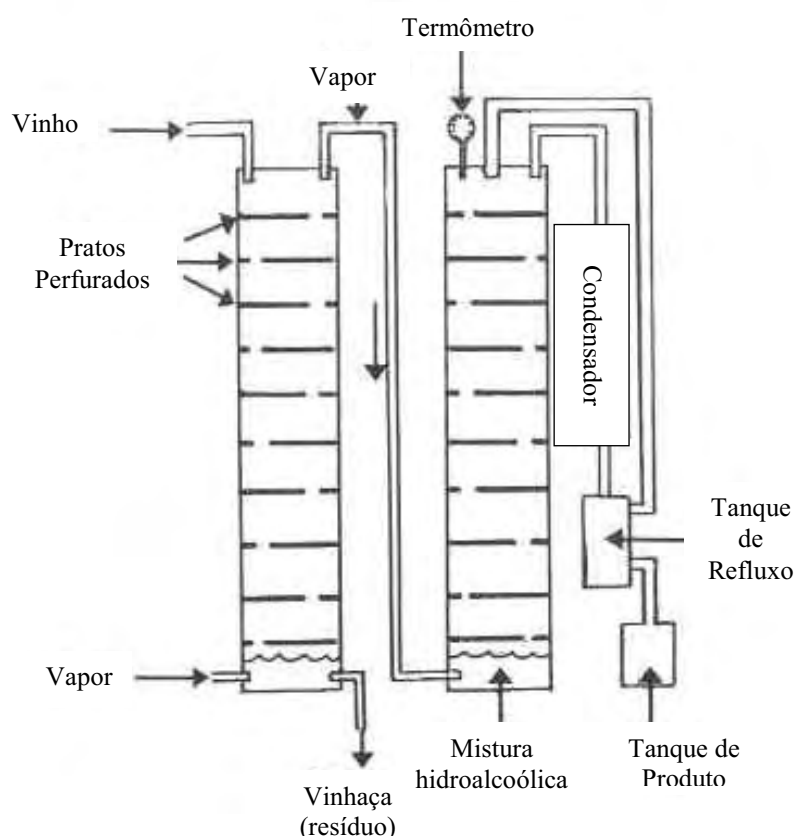


Figura 06 – Destilador comercial usado para recuperar álcool de “licor” de laranja

Fonte: KIMBALL (1999).

O álcool passa, então, por uma etapa de retificação para remoção de óleo fúsel (cabeça, cauda e álcoois de 5 carbonos) e água, elevando a concentração a 95-96%. O resíduo (vinhaça) pode ser concentrado e devolvido ao processo de fabricação do CPP, contribuindo no aumento dos teores de proteínas deste produto. A Tabela 04 mostra os ganhos em proteína do CPP com adição da vinhaça em comparação com o processo normal.

Tabela 04 – Análise do CPP

Análise	Processo normal	Com adição de resíduo
Umidade (%)	10	10
Extrato Nitrogênio livre (%)	64,0	60,3
Fibra Bruta (%)	10,8	10,9
Proteínas (%)	5,6	6,5
Gordura (%)	2,2	2,0
Cinzas (%)	7,3	10,3

Fonte: BRADDOCK (1999)

Com a adição da vinhaça, para os mesmos valores de umidade, os teores de fibra bruta e gordura permanecem inalterados, ao passo que há uma diminuição do extrato nitrogênio livre e aumento no teor de cinzas. O ganho em proteínas é de cerca de 16%. Um problema tecnológico relacionado ao melaço é a formação de espuma, o que pode ser minimizado pela utilização de agentes antiespumantes de grau alimentício ou a remoção de sólidos em suspensão por meio de centrifugação.

Segundo LEA and PIGGOTT (2003), a destilação é um processo de separação de compostos voláteis do mosto, gerando bebidas prontas para consumo ou destilados de alta concentração alcoólica (54-95%) que podem ser usadas como base para outras bebidas além da cachaça. A Tabela 05 apresenta os principais componentes voláteis da cachaça, excluindo-se o etanol:

Tabela 05 – Componentes voláteis da cachaça (valores médios)

Ácidos (mg/100mL álcool anidro)	Acético	78,98	Álcoois (mg/100mL álcool anidro)	Metanol	5,66
	Propiônico	0,17		Amílico	0,13
	Isobutírico	0,07		1,4-Butanodiol	0,13
	Butírico	0,14		n-Butanol	1,15
	Isovalérico	0,15		Cetílico	6,13
	Valérico	0,04		Cinâmico	6,95
	Isocapróico	0,03		Decanol	0,21
	Capróico	0,22		n-Dodecanol	0,01
	Heptanóico	0,06		Geraniol	0,62
	Caprílico	1,29		Isoamílico	138,00
	Cáprico	1,65		Isobutanol	62,00
	Láurico	0,63		Mentol	0,51
	Mirístico	0,36		2-Feniletílico	0,02
	Palmítico	0,56		n-Propanol	46,00
				n-Tetradecanol	0,04
Aldeídos (mg/100mL álcool anidro)	Formaldeído	0,19	Ésteres (mg/100mL álcool anidro)	Amil propionato	0,02
	Hidroximetilfurfural	0,49		Acetato de Etila	23,80
	Acetaldeído	11,2		Benzoato de Etila	0,46
	Acroleína	0,14		Heptanoato de Etila	0,05
	Furfural	0,40		Isoamílico Valerato	0,01
	Propionaldeído	0,02		Propionato de Metila	0,02
	Butiraldeído	0,20		Propil Butirato	0,02
	Benzaldeído	0,13			
	Isovaleraldeído	0,06			
	Valeraldeído	0,11			
			Dimetil Sulfeto (mg/L)		4,96

Fonte: LEA and PIGGOTT (2003).

Excluindo-se o etanol, os componentes da cachaça que se apresentam em maiores concentrações são: ácido acético, acetaldeído, acetato de etila e álcoois isoamílico, isobutílico e n-propílico. Todos contribuem para o aroma e sabor típicos da cachaça. Assim o processo de destilação, independente do tipo de equipamento utilizado, influi definitivamente na composição e na qualidade sensorial do destilado (SUOMALAINEN and LEHTONEN, 1979).

BOZA and HORII (1999) destacam a existência de três tipos de equipamentos ou sistemas de destilação para produção de cachaça: o **contínuo** representado pelas colunas ou torres de destilação (Figura 07), o **semi-contínuo** representado pelos alambiques de três corpos e o **descontínuo** representado pelos alambiques simples. As principais vantagens do sistema contínuo estão relacionadas à melhor seletividade, produtividade, menor consumo energético, menos defeitos em termos sensoriais e melhor padronização. Já os sistemas descontínuos e semi-contínuos, comuns na Escócia (YOKOYA, 1995), têm as vantagens de facilitar a separação da cabeça e cauda e obter um produto mais rico em aroma, devido às reações que ocorrem com os componentes em contato com as paredes quentes dos alambiques, as quais são favorecidas pela presença de cobre (FARIA et al., 2004).

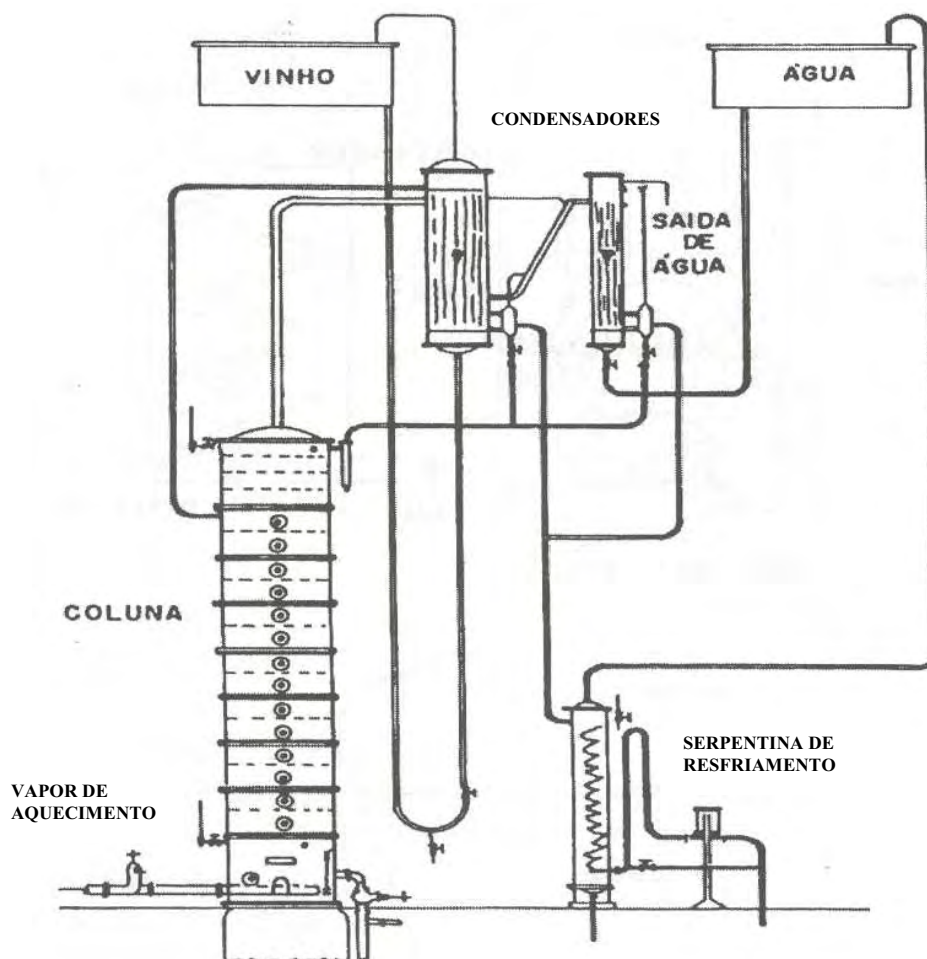


Figura 07 – Coluna de destilação para produção de cachaça

Fonte: LEA and PIGGOTT (2003).

- Colunas ou Torres de Destilação: há uma grande similaridade entre as colunas usadas em indústrias cítricas com as usadas por destilarias de cana. As colunas ou torres de

destilação são usadas em processos industriais de médio e grande porte, em que ocorre a destilação continuamente e a separação de compostos indesejáveis por fracionamento. São formadas basicamente por três conjuntos: o tronco de destilação, condensadores e sistema de resfriamento e aquecimento. O tronco de destilação é formado por conjuntos de pratos (ou bandejas) sobrepostos que compõem os gomos (dois pratos). A alimentação de vinho é feita na parte superior (último gomo), e o aquecimento com vapor é feito na parte inferior (primeiro gomo). Com o aquecimento do vinho, o qual inunda a parte inferior da coluna, os vapores gerados sobem e aquecem os gomos subsequentes. As calotas ficam com as bordas imersas no líquido e obrigam os vapores que sobem a manter um contato íntimo com o líquido quente que desce pelos “ladrões”. Isto faz com que o líquido seja aquecido e enriquecido com álcool, diminuindo seu ponto de ebulição, o que gera vapores mais ricos em álcool pela maior condensação do vapor d’água que dos vapores alcoólicos. Há, assim, dois fluxos: um ascendente constituído de vapores que vão se enriquecendo em álcool conforme se distanciam da base da coluna e outro constituído pela parte líquida que desce pelos “ladrões” que vai se empobrecendo em álcool conforme atinge a base da coluna. Os vapores são condensados e resfriados, sendo coletados após as serpentinas já na forma de aguardente.

FARIA (1989) demonstrou a importância do cobre para a qualidade sensorial da cachaça, pois a sua presença, mesmo que somente na parte ascendente dos alambiques, reduz significativamente os teores de enxofre e compostos sulfurados que seriam responsáveis pelo defeito organoléptico neste tipo de bebida. Nestas condições o residual de cobre na cachaça atende aos limites estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 1997), sem riscos à saúde do consumidor. Isto é importante, pois o aço-inoxidável representa uma boa alternativa em termos de custos, durabilidade e segurança para equipamentos de destilação de cachaça.

Segundo MARCELLINI (2000), amostras de cachaça destiladas em alambiques de aço inoxidável, analisadas sensorialmente, apresentam os atributos: aroma sulfurado e sabor sulfurado, bastante pronunciados quando comparadas com amostras de cachaça destiladas em alambiques de cobre.

3.4. ENVELHECIMENTO

Conforme FARIA et al. (1995), o envelhecimento de bebidas é uma prática recomendada no sentido de melhorar sua qualidade em termos de composição química, cor, aroma e sabor. A madeira usada na confecção dos barris desempenha um papel de grande importância na qualidade final de cachaças envelhecidas. No caso da aguardente de “licor” de laranja, o envelhecimento é tido como premissa para a redução de compostos indesejáveis, em especial de terpenos, os quais fazem parte da composição natural do “licor”.

MORI et al. (2003) descreveram que através do envelhecimento é possível corrigir possíveis falhas ocorridas nos processos, por melhor que tenha sido a fermentação e por mais apurada que tenha sido a destilação; uma vez que o produto final não envelhecido tem sempre sabor “ardente e seco”, nunca é suave, agradável, fino e “redondo”. Inúmeras reações químicas estão associadas ao envelhecimento, tais como: reações entre os compostos secundários provenientes da destilação (álcoois, hidrocarbonetos carbonilados superiores etc.), a extração direta de componentes da madeira (extrativos), a decomposição de macromoléculas da madeira (celulose, hemicelulose e lignina) e a incorporação de componentes na bebida. Há também reações entre os compostos da madeira e os componentes originais da bebida.

As características desejáveis para madeiras usadas em envelhecimento de aguardentes são: a **densidade** que varia naturalmente de 0,13 a 1,4g/cm³, a **cor** que é importante na coloração do produto final, o **odor** que também é importante no produto final, o **gosto** que está intimamente ligado ao odor, a **permeabilidade** que está diretamente relacionada à densidade, a **resistência mecânica** à deformação e ruptura, a **durabilidade natural** que é a resistência ao ataque de pragas e ação do tempo e a **trabalhabilidade** que representa o grau de facilidade ou dificuldade em ser processada (CARDOSO, 2001).

Para WITHERS et al. (1995) os tamanhos dos barris influenciam significativamente a qualidade sensorial de uísques envelhecidos, pois em barris menores a concentração de compostos secundários resultantes do processo extrativo foi maior que em barris maiores com relação área superficial e volume de líquido menores.

CARDOSO (2001), considera que um tempo maior que dois anos (dois anos já proporciona um sabor requintado) para envelhecimento da cachaça, descaracteriza o produto em função de este perder o gosto da cana em substituição ao da madeira, apesar do tempo estar diretamente relacionado com o porte dos barris, sendo preferível o uso de barris de pequeno porte. De maneira geral, considera-se 2 anos para tonéis de 700L, assim esta relação tempo, a área de contato da madeira e o volume de líquido deve ser considerada. Como um

barril de 200L tem aproximadamente uma superfície de contato de 100cm^2 por litro de líquido, enquanto uma pipa de 10.000L tem 20 cm^2 , quanto maior o depósito, mais lento será o envelhecimento.

SHOENEMAN et al. (1971) demonstraram que a graduação alcoólica do uísque *bourbon* diminuiu com o envelhecimento, devido a busca pelo equilíbrio da difusão da mistura residual no destilado e as condições externas de umidade e temperatura.

BALDWIN and ANDREASEN (1974) descreveram o aumento da graduação alcoólica e a diminuição no teor de sólidos, ácidos fixos e taninos em uísque *bourbon* durante o envelhecimento. Perda média de líquido foi de 3% ao ano. A intensidade de cor e a concentração de compostos secundários são inversamente proporcionais ao aumento da graduação alcoólica de 54,5 a 77,5%.

Segundo NYKANEN and NYKANEN (1994) as condições ambientais influenciam no envelhecimento de uísque, sendo que em condições isentas de umidade o processo de envelhecimento é mais longo que em condições normais.

SINGLETON (1995) estudou o envelhecimento de bebidas alcoólicas e descreveu como aspecto negativo, a perda de volume de líquido em 2 a 7% ao ano. Esta perda está relacionada ao tamanho do recipiente, temperatura, umidade relativa, circulação de ar, calor de vaporização, adsorção de carboidratos e pressão de vapor. Este aspecto é especialmente importante por impactar diretamente nos custos de produção, além da enorme base de ativos que representa o estoque do produto pelo tempo de armazenamento e dos próprios tonéis.

WITHERS et al. (1995) consideram que o carvalho, por liberar diversos compostos precursores de sabor para as bebidas nele envelhecidas, tem importância vital na qualidade sensorial de bebidas alcoólicas. Vários estudos demonstraram que tratamentos diversos feitos nos barris de carvalho, em especial a queima, podem levar a um melhor aproveitamento destes barris e aumentar a velocidade de extração e envelhecimento das bebidas.

Para a produção de cachaça envelhecida, como meio de redução de custos com investimentos em tonéis, mão-de-obra, área etc., é comum a prática do envelhecimento parcial, em que uma parte envelhecida é misturada com outra parte não envelhecida. Envelhecem-se os destilados e depois os misturam com aguardente mais nova na base de 1:1. No Brasil, além disso, tem-se procurado opções que proporcionem um alto padrão de qualidade aliado ao menor custo, ao uso de carvalho europeu (*Quercus sp.*), o qual representa a grande parte dos barris usada para envelhecimento da cachaça. Apesar destes barris não serem novos, são reaproveitados de outras indústrias de bebidas, ou seja, foram inicialmente usados no envelhecimento de uísque, conhaque, vinho etc.; eles ainda têm um custo

relativamente alto e são de difícil aquisição. Assim, vários estudos têm sido conduzidos para a avaliação da viabilidade no uso de madeiras nativas do Brasil. MORI et al. (2003) compararam 25 espécies de eucaliptos e madeira de 10 espécies nativas com o carvalho, em que foram avaliados: as características anatômicas das madeiras, as determinações químicas e físicas das madeiras e os padrões de qualidade físico-químicos das aguardentes que foram envelhecidas por 12 meses, incluindo-se as características sensoriais. A conclusão deste autor foi: “parece ser viável a utilização de madeiras de eucaliptos e nativas para o envelhecimento de aguardente de cana-de-açúcar, porém mais estudos com relação ao armazenamento em barris de maior tamanho e também envolvendo testes sensoriais devem, ainda, ser realizados”.

LIMA (1999) destaca o uso de diversas madeiras nativas do Brasil na confecção de tonéis para envelhecimento de bebidas, com bons resultados em substituição ao carvalho, tais como: **araruva** ou **araribá** (*Centrolobium tomentosum*), **jequitibá rosa** (*Cariniana strellensis* Raddi Kuntze), **jequitibá branco** (*Cariniana legalis*), **cabreúva** ou **bálsamo** (*Myroxylum peruiferum*), **amendoim** (*Pterogyne nitens*), **ipê amarelo** e **ipê roxo** (*Tabebuia* sp), **freijó** (*Cordia goeldiana*) e **amburana** ou **imburana** (*Amburana cearensis*).

Segundo DIAS et al. (1998), diferentes tipos de madeiras levam a presença de diferentes compostos fenólicos. No carvalho predominam os ácidos elágico e vanílico, na amburana o ácido vanílico e sinapaldeído, no bálsamo vanilina e ácido elágico, no jequitibá o ácido gálico, no jatobá (*Hymenaea* spp) o coniferaldeído e no ipê os ácidos siríngico e vanílico e coniferaldeído.

FARIA et al. (2003) citam a importância do processo de envelhecimento para a melhoria do padrão de qualidade da cachaça, apesar da grande maioria dos produtores ainda usar da adição de açúcar para correção de falhas em seu processo, sendo esta prática muito inferior ao envelhecimento. A cachaça após envelhecida (ou não) pode ser vendida já engarrafada ou pode ser produzida e vendida a granel para engarrafadores tradicionais de bebidas, especialmente quando exportada. Neste caso, o valor agregado ao produto será menor, porém, a cadeia de custos e controles será mais leve. Quando exportada a granel, são usados, normalmente, tanques denominados “isotanques”, construídos em aço inox e grau alimentício sendo dedicados exclusivamente ao transporte de bebidas alcoólicas.

KESTERSON and BRADDOCK (1976) citam o uso de tonéis de carvalho para envelhecimento de vinho de laranja, obtido da fermentação do suco com adição de açúcar por 10-11 dias em temperaturas de 60°F para evitar escurecimento. O envelhecimento feito em 7 meses torna o vinho palatável.

3.5. PADRÕES DE QUALIDADE

Os padrões de qualidade e identidade exigidos para aguardente de cana estão estabelecidos em legislação específica, mais especificamente pelo Decreto Federal nº 2314, de 04 de setembro de 1997, que regulamenta a Lei nº 8918 de 14 de julho de 1994, a qual dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas (BRASIL, 1997). A Tabela 06 mostra os limites estabelecidos para aguardentes em geral.

Tabela 06 – Padrões de qualidade para aguardentes conforme Decreto Federal 2314

PARÂMETRO	UNIDADE	LIMITE
Grau alcoólico	% (v/v)	38,0 - 54,0
Açúcares totais	g/100mL	max. 0,6
Acidez volátil em ácido acético	mg/100mL de álcool anidro	150,0
Álcoois superiores	mg/100mL de álcool anidro	max. 300
Furfural	mg/100mL de álcool anidro	max. 5,0
Aldeídos em aldeído acético	mg/100mL de álcool anidro	max. 30,0
Ésteres em acetato de etila	mg/100mL de álcool anidro	max. 200,0
Soma dos compostos secundários	mg/100mL de álcool anidro	200,0 – 650,0
Álcool metílico	mg/100mL de álcool anidro	max. 200
Cobre	mg/L	max. 5,0
Exame organoléptico	-	O produto deverá ser límpido, transparente e sem resíduo ou detritos em suspensão.

Fonte: BRASIL (1997)

Para atendimento a legislação, todos os parâmetros descritos acima deverão ser analisados e estar dentro dos limites estabelecidos. Todas as análises possuem referência em métodos oficiais, apenas para o exame organoléptico a análise tem um caráter mais subjetivo.

Estudos têm sido feitos com amostras de cachaça no Brasil, dos quais destacam-se VARGAS e GLÓRIA (1995) e MIRANDA et al. (1992), e revelaram que nem sempre a legislação é adequadamente cumprida, em especial quanto aos parâmetros de cobre, exame organoléptico e acidez volátil para produto engarrafado. Já para produto em sistema granel, o teor alcoólico baixo e presença de metanol foram os principais itens em desacordo com a legislação.

Segundo LEA and PIGGOTT (2003), alguns aspectos negativos sobre a qualidade da cachaça estão relacionados à falta de cuidados no processo e ao baixo nível de conhecimento técnico dos produtores.

FARIA et al. (2003) destacam o efeito negativo da presença de **dimetil sulfeto (DMS)** em cachaça. Este composto provoca alterações no sabor do produto em concentrações acima de 4,3-5,2mg/L. DMS aparece quando o processo de destilação é conduzido na ausência de Cobre, porém com o processo de bi-destilação tende a diminuir.

Os estudos de NAGATO et al. (2003) mostram a presença de **carbamato de etila (CE)** em cachaça. CE é produzido pela reação do etanol com compostos que contêm Nitrogênio, sendo aumentado pelo processo de fermentação e de aquecimento em bebidas destiladas. Sua formação depende de: concentração dos reagentes, pH, temperatura, luz e tempo de armazenamento. Tem efeito carcinogênico para animais de laboratório, sendo classificado no grupo 2B. Não é recomendado o uso de uréia para estimular a fermentação e nem do conservador pirocarbonato de etila por estarem relacionados ao aumento de CE em bebidas.

LEA and PIGGOTT (2003) destacam ainda como aspectos negativos: a **queima da cana**, pois o uso deste tipo de matéria-prima pode levar a problemas de contaminação microbiana, incorporação de cinzas ao mosto e sabor de queimado ao produto final; **hidrocarbonetos policíclicos aromáticos**, pelo seu efeito carcinogênico, sendo sua presença relacionada ao uso de cana queimada, contaminação com óleos lubrificantes ou uso de asfalto como meio de selar os tonéis; e **açúcar**, pois sua adição mascara falhas no processo, mas melhora o aspecto sensorial do produto, tornando-o menos “seco” e com melhor “corpo”.

CARDOSO (2001) dá destaque para outros aspectos relevantes para a qualidade do produto final. Um aspecto positivo é o envelhecimento que melhora o aroma e sabor devido a formação de ésteres aromáticos que contribuem para o “*bouquet*”, que também é contribuído pela presença de álcoois superiores de até 5 carbonos (principalmente amílico e propílico e seus isômeros). Aumento na acidez deve ser evitado pelo controle da fermentação, em especial: tempo, temperatura e aeração do mosto; e do intervalo entre fermentação e destilação, que deve ser o menor possível. Boa separação da cabeça evita a presença de aldeídos em excesso, bem como a não utilização de cana queimada. Álcoois superiores com mais de 5 carbonos, denominados de óleo fúsel, são indesejáveis por alterarem o aroma e por serem depressores do sistema nervoso central, diminuindo o valor comercial do produto. A formação de metanol é altamente indesejável pela sua toxicidade, sendo que a presença de pectina resulta em aumento de sua concentração. A presença de cobre na cachaça está relacionada à falta de cuidados em termos de higiene do alambique e se dá pela solubilização e arraste do carbonato básico de cobre (azinhavre) pelos vapores ácidos durante a destilação. Sua presença em excesso no organismo humano está relacionada a várias doenças como: epilepsia, melanoma, artrite reumatóide e perda de paladar.

CARDELLO e FARIA (1997) destacaram que o aroma e sabor da cachaça são determinados pelas quantidades de produtos secundários formados na fermentação e que passam para o destilado, os quais são representados por três grupos: ésteres e aldeídos

(presentes na fração cabeça); compostos fenólicos e ácidos orgânicos (presentes na fração cauda) e álcoois amílico, butílico, propílico e outros (conhecidos por óleo fúsel). A cor é, especialmente, importante em produtos envelhecidos e varia de acordo com a madeira usada, principalmente por taninos, que contribuem para o amargor da bebida. O aroma (odor) é importante em todos os produtos, pois o sentido olfativo é altamente sensível a quantidades mínimas de substâncias odoríferas, apesar da região olfativa ser muito pequena (localizada na parte superior do nariz). Indivíduos normais podem identificar um grande número de odores, sendo esta uma característica fundamental para um bom julgador. A baixa acidez titulável e o pH alto, bem como os componentes secundários formados na fermentação, podem resultar em odor indesejável na cachaça. O gosto tem como principal órgão identificador a língua, a qual possui na parte dorsal papilas gustativas responsáveis por esta função. O envelhecimento tem função determinante na melhoria e aprimoramento do sabor das bebidas e, no caso da aguardente de “licor” de laranja, é fundamental na eliminação de terpenos que tornam o produto extremamente amargo.

Para CARDOSO (2001), uma cachaça é considerada de boa qualidade quando apresenta boa aparência, cor, aroma e sabor; sendo desejáveis as características como: bebida transparente, límpida, incolor ou amarelo-clara; aroma agradável, que não arde no nariz e nem nos olhos; que produz aroma agradável quando esfregada nas mãos; que após agitação, formam-se bolhas que permanecem por 12 a 15 segundos; que forma película aderente e oleosa e “lágrimas” brilhantes ao escorrer pelas paredes da embalagem ou recipiente; quando envelhecida em barril de madeira, percebe-se seu “*flavor*” agradavelmente; não provoca náuseas, vômitos ou dor de cabeça (a famosa “ressaca”).

Segundo informações obtidas junto a indústrias cítricas do interior do estado de São Paulo (2004), o sistema de qualidade de quase todas as empresas está baseado em normas internacionais, como: ISO e HACCP, em especial pelo fato da Europa ser o maior mercado para o suco brasileiro. As empresas dispensam grande atenção ao bem-estar e qualidade de vida de seus funcionários e da comunidade onde estão inseridas. Esta iniciativa muitas vezes ocorre por exigências de clientes. Ainda há pouco “apelo” quanto às propriedades funcionais do suco de laranja. Vários trabalhos foram publicados neste sentido, relacionando pectina e bioflavonóides (hesperidina) com prevenção ao câncer, doenças cardíacas etc.; porém o grande (e talvez único) apelo tem sido relacionado a presença de vitamina C. Um ponto importante a ser considerado é, praticamente, a não existência de um mercado nacional para sucos prontos para beber. Apesar do crescimento deste filão, ainda se consome muito pouco suco de laranja industrializado. Existem grandes discussões e debates sobre as causas, mas

certamente duas são as principais: falta de um plano que estimule os brasileiros a criarem o hábito de consumo desde a infância e a facilidade em obtenção de frutas para preparo de suco em casa. A pesquisa deve ajudar bastante na busca de alternativas para tornar este segmento em um forte gerador de empregos, de receita e de tecnologia, mantendo o Brasil em uma posição de destaque no cenário mundial.

3.6. ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial tem sido muito usada em estudos para comparação entre amostras de bebidas alcoólicas levando a obtenção de resultados satisfatórios, apesar de haver, ainda, certas restrições devido ao aspecto da subjetividade envolvido. CARDELLO e FARIA (1997) estudaram o envelhecimento de cachaça em tonéis de carvalho durante 2 anos e demonstraram via análise sensorial uma melhora significativa ($p \leq 0,05$) na aceitação da bebida para aroma, sabor cor e impressão global.

SINGLETON (1995) estudou via análise sensorial a ruptura da estrutura de compostos extraídos do barril durante o envelhecimento e que levaram a bebida a se tornar mais suave e encorpada.

FARIA et al. (1995) sugeriram que 21 meses de envelhecimento em tonéis de carvalho já eram suficientes para promover um aumento significativo na qualidade da cachaça, através da análise estatística dos resultados de análise sensorial por ANOVA e teste de médias de Tukey.

PIGGOTT et al. (1993) demonstraram também a importância da análise sensorial ao obterem 24 termos descritivos para uísque escocês via equipes sensoriais, tendo sido os dados avaliados através de análise de variância e análise de componentes principais.

3.7. PRINCIPAIS MODALIDADES DE VENDAS (*INCOTERMS*)

Os *incoterms* foram criados em conformidade com os princípios gerais de Direito Internacional, visando definir os direitos e as obrigações das partes envolvidas referentes a transporte, seguro, frete e desembaraço aduaneiro (pagamento de tributos, taxas e/ou serviços). As siglas são sempre formadas pelas iniciais do termo em inglês e devem ser seguidas pelo local ou porto de entrega, a fim de viabilizar o seu rápido entendimento em todo o mundo, pois em uma negociação, a tendência das partes é preferir a modalidade que maximize os seus direitos e minimize suas obrigações (MURTA, 1990).

O SEBRAE resume o manual publicado pela Câmara de Comércio Exterior, com os principais *incoterms*, conforme abaixo:

- 3.7.1. FOT (free on truck): mais utilizado na Europa para FCOJ, o exportador arca com custo do produto, seguro, transporte da ponta até o porto de destino, impostos e armazenagem do produto no destino. O cliente envia o caminhão, com frete às suas expensas, para retirar o produto no local de armazenagem.
- 3.7.2. FOB (free on board): o exportador responsabiliza-se pelo produto até colocação no porto de saída do produto. Após liberação dos mesmos, junto à companhia marítima, o produto já não estará mais sob a responsabilidade do exportador.
- 3.7.3. CFR (cost and freight): também pode ser usado C&F, CandF ou CFR. Nesta modalidade, o exportador responsabiliza-se pelo produto e frete até o destino, porém não providencia o seguro da mercadoria, que deverá ser feito pelo cliente.
- 3.7.4. CIF (cost, insurance, freight): o exportador responsabiliza-se pelo produto, seguro e frete, ou seja, o seguro e frete são pagos pelo exportador e, em caso de sinistro com o produto antes da chegada ao porto de destino, é o exportador quem deverá acionar a seguradora.
- 3.7.5. Ex-warehouse or ex-store: muito utilizado na Austrália, o exportador responsabiliza-se pelo produto, seguro, frete, imposto de importação no país de destino e colocação do produto em armazém apropriado. O cliente retira o produto direto desse armazém.
- 3.7.6. FIS (free into store): também utilizado, em menor escala, na Austrália. Similar ao *ex-warehouse*, porém ao invés de o produto ser colocado à disposição do cliente no armazém, ele é levado até a fábrica do cliente. Isso significa que, além do custo do produto, seguro, frete e impostos de importação, o exportador também arca com o transporte dentro do país do cliente até sua planta.
- 3.7.7. DAF (delivered at frontier): o exportador se obriga a entregar a mercadoria desembaraçada da alfândega de seu país no local designado na fronteira, antes da divisa alfandegária do país limítrofe. Este termo é, normalmente, usado no transporte terrestre, principalmente, entre países vizinhos.

Nas importações brasileiras predominam os *incoterms* FOB e CFR, ao passo que nas exportações, FOT, FOB, CIF, CFR e DAF são os mais utilizados.

3.8. ANÁLISE DE INVESTIMENTO

Análise de Investimentos é uma técnica que permite avaliar alternativas diferentes de decisões econômicas e seus resultados, por comparação, para a tomada da melhor decisão, que atenda aos objetivos da empresa, como por exemplo: a substituição de equipamentos (comprar uma máquina nova ou continuar com a antiga?), o lançamento de novo produto (lançar o produto “A” ou “B”?), a modernização (automatizar ou não departamentos administrativos?) e/ou a aquisição (comprar ou não uma empresa?).

Segundo BRAGA (1995), esta técnica é muito usada, também, na análise de decisões de dispêndio de capital, ou seja, investimento de capital. Há duas razões para o investimento de capital: oportunidades que se apresentam para a empresa ou taxa de retorno do projeto maior que o custo de oportunidade. A utilização desta técnica envolve três fases: estimativa dos fluxos de caixa alternativos, avaliação dos fluxos de caixa e escolha da melhor alternativa.

Os tipos de projetos para investimento de capital são: independentes (projetos sem nenhuma relação entre si), dependentes (para se investir no projeto “X” há a necessidade de se investir primeiro no projeto “Y”) e mutuamente excludentes (a opção para investimento no projeto “X” implica na rejeição automática do projeto “A”). Existem várias técnicas que podem ser aplicadas na avaliação dos fluxos de caixa futuros que serão gerados pela projeção do comportamento dos vários projetos. Algumas técnicas, de procedimento simples e de rápido cálculo, não levam em conta o valor do dinheiro no tempo, enquanto que outras, mais sofisticadas, usam modelos que consideram o valor do dinheiro no tempo (CASAROTTO FILHO e KOPITKE, 1994).

Segundo GITMAN (1997), dentre as técnicas para avaliação de investimento de capital, destacam-se:

3.8.1. PERÍODOS DE PAYBACK (PB):

Calcula-se o número de períodos que a empresa leva para recuperar o seu investimento. É fácil e rápido o seu cálculo, embora não considere os fluxos de caixa após o período de *payback* e o valor do dinheiro no tempo. Seu critério de aceitação está ligado ao número máximo de períodos definido no próprio projeto de investimento (quanto menor melhor). Os valores de fluxo de caixa poderão ser iguais ou diferentes na sucessão de períodos.

$$\text{Payback} = \text{Investimento} / \text{Fluxo de Caixa}$$

O método do *payback* pode, também, ser aprimorado quando se inclui o conceito do valor do dinheiro no tempo. É o que é feito no método do “*payback* descontado” que calcula o tempo de *payback* ajustando os fluxos de caixa por uma taxa de desconto.

3.8.2. VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL):

É o resultado da diferença entre o valor dos fluxos de caixa trazidos ao período inicial e o valor do investimento.

$$\mathbf{VPL = VPL\ FL\ CX}$$

$$\mathbf{VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FL.CX_t}{(1+i)^t}}$$

O resultado permite estabelecer o critério de aceitação do projeto da seguinte forma:

- **VPL > 0:** a empresa estaria obtendo um retorno maior que o retorno mínimo exigido, ou seja, aprovaria o projeto;
- **VPL = 0:** a empresa estaria obtendo um retorno exatamente igual ao retorno mínimo exigido, ou seja, seria indiferente em relação ao projeto;
- **VPL < 0:** a empresa estaria obtendo um retorno menor que o retorno mínimo exigido, ou seja, reprovava o projeto.

3.8.3. TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR):

É a taxa de desconto que torna o VPL dos fluxos de caixa igual a zero. Ela é a taxa de retorno do investimento a ser realizado, em função dos fluxos de caixa projetados para o futuro.

$$\mathbf{VPL\ FL\ CX = 0}$$

$$\sum_{t=0}^n \frac{FX.CX_t}{(1+TIR)^t} = 0$$

O resultado permite estabelecer o critério de aceitação do projeto da seguinte forma:

- **TIR > taxa mínima:** a empresa estaria obtendo uma taxa de retorno maior que a taxa de retorno mínima exigida, ou seja, aprovaria o projeto;
- **TIR = taxa mínima:** a empresa estaria obtendo uma taxa de retorno exatamente igual à taxa de retorno mínima exigida, ou seja, seria indiferente em relação ao projeto;
- **TIR < taxa mínima:** a empresa estaria obtendo uma taxa de retorno menor que a taxa de retorno mínima exigida, ou seja, reprovava o projeto.

A utilização da TIR produz resultados equivalentes à do VPL na grande maioria dos casos. No entanto, o cálculo da TIR pode apresentar problemas algébricos e depende de hipóteses que nem sempre são verdadeiras. Por essa razão, a teoria considera o VPL como método superior a TIR.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. MATERIAL

Quatro amostras de aguardente de “licor” de laranja, bidestiladas (2 em alambique de cobre e 2 em alambique de aço-inoxidável) e envelhecidas (2 em tonéis de carvalho e 2 em tonéis de castanheira do Pará), obtidas a partir do “licor” concentrado de laranja oriundo de indústrias cítricas do interior do Estado de São Paulo, foram avaliadas comparativamente com amostras de cachaça envelhecida adquiridas no comércio.

4.1.1. OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO

Foram testadas diferentes “receitas” de obtenção da aguardente de “licor” de laranja, através de determinações físicas e químicas, objetivando a otimização do processo industrial do ponto de vista técnico e econômico.

Tendo por base a literatura disponível sobre produtos da laranja e o processo de produção de cachaça como referencial, conforme item “3. Revisão Bibliográfica”, foram avaliadas várias possibilidades de fermentação do “licor” concentrado de laranja, como tal e diluído.

O processo foi iniciado preparando-se o pé-de-cuba com a adição de fermento comercial, vendido no varejo para produção de pães (*Saccharomyces cerevisiae*), diretamente ao “licor” bruto coletado no processo de indústrias do interior do estado de São Paulo, ou seja, na saída dos evaporadores *Waste Heat*. O “licor” era usado de imediato para evitar contaminação ou consumo prematuro de açúcares. Este mesmo cuidado foi tomado em todas as fermentações subseqüentes.

Na obtenção do pé-de-cuba, o “licor” foi usado sem correção do pH e sem diluição, na proporção de cerca de 200g de fermento para 100mL do “licor”, tendo sido postos para fermentar por períodos de 24 horas. O processo prosseguiu com a adição contínua de “licor” a este “mosto”, de forma gradativa a intervalos de 24 horas, até atingir o volume de 10L, sendo, então, transferido para o recipiente especialmente desenvolvido para o processo de fermentação, conforme Figura 08.

Após as 24 horas no recipiente, o pé-de-cuba foi lavado com água e ácido sulfúrico (98%) para retirada das leveduras “mortas” e acidificação do meio. Este processo foi repetido sempre na batelada subseqüente antes da adição de “licor”, tendo como tempo de fermentação 24 horas, ou uma batelada.

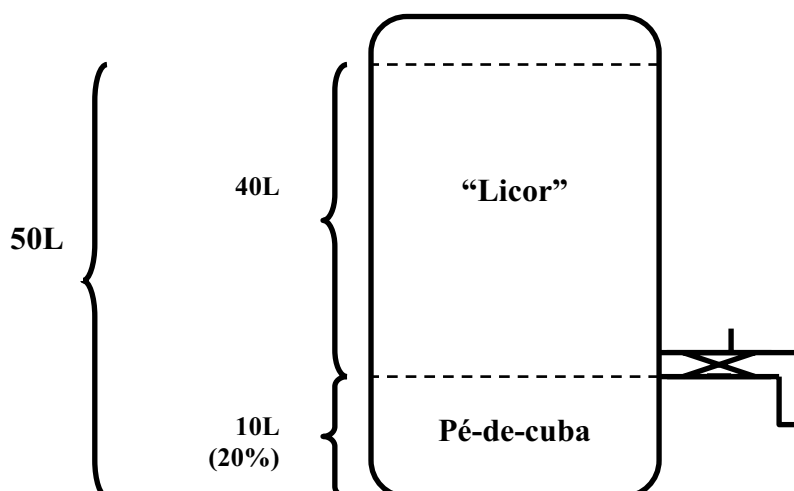


Figura 08 – Recipiente usado para fermentação do “licor”

Em cada batelada de fermentação, o “licor” bruto, com pH médio de 5,4; era acidificado com ácido sulfúrico (98%) até atingir pH 4,4. Nestas operações, também era feita a diluição do “licor”. Os processos de fermentação foram feitos com o “licor” diluído e com o “licor” concentrado (da forma como coletado nos evaporadores) apenas para comparação e verificação da viabilidade na produção de álcool usando-se o “licor” concentrado, ou seja, se a fermentação ocorria da mesma forma em ambos.

A cada batelada de 24 horas, o processo acima era repetido e o vinho obtido da fermentação era coletado e separado em duas frações iguais. Cada uma das duas frações obtidas era destilada, sendo uma em alambique de cobre e a outra em alambique de aço-inoxidável, ambos com capacidade de 20L. Foram realizadas seis bateladas de destilação para obtenção do volume de aguardente, após a bi-destilação, suficiente para encher quatro tonéis de 5L cada, para envelhecimento.

Nos processos de primeira destilação, o ganho de temperatura teve que ser gradativo para evitar transbordo de “licor” (para o “licor” concentrado verificou-se a necessidade do uso de agente anti-espumante, único ponto de diferenciação com o “licor diluído”, mas tecnicamente tratável) tendo sido controlada manualmente pela abertura e fechamento da válvula de gás que fornecia a chama direta para os alambiques. Os primeiros condensados ocorriam quando a temperatura atingia 85-86°C, e os processos de primeira destilação foram feitos a 97-98°C, por cerca de 5-6h em cada batelada. Ao final de cada batelada os alambiques eram devidamente lavados com água e postos para secar, ficando adequados para a próxima batelada de destilação.

Os produtos obtidos nas bateladas de primeira destilação foram identificados e armazenados de forma separada entre alambique de cobre e de aço-inoxidável. Quando o volume obtido destes produtos atingiu um nível satisfatório, ou seja, 20L para cada tipo de alambique (cobre e aço-inoxidável) como segurança para a boa condução do experimento, não mais foi feita fermentação no “licor”. Os alambiques foram rigorosamente lavados com água e soda cáustica (2,0%) e enxaguados com água, ficando prontos para serem usados novamente para o processo de segunda destilação. Os produtos bidestilados obtidos foram também identificados (cobre e inox) e homogeneizados.

Após a bi-destilação, os produtos foram separados em quatro frações e colocados em 2 ancorotes de carvalho e em 2 ancorotes de castanheira do Pará, todos com 5L de capacidade cada um, conforme Figura 09. Estes produtos foram mantidos nos ancorotes durante seis meses para envelhecimento. Foi feito o acompanhamento das perdas de volume (nos dois tipos de ancorotes), da temperatura ambiente e da umidade relativa.



Figura 09 – Tipos de ancorotes de carvalho e castanheira utilizados.

Após o período de envelhecimento, foram obtidas quatro amostras distintas de aguardente de “licor” de laranja para avaliação e comparação de desempenho:

- Destilada em alambique de cobre e envelhecida em tonéis de carvalho
- Destilada em alambique de inox e envelhecida em tonéis de carvalho
- Destilada em alambique de cobre e envelhecida em tonéis de castanheira
- Destilada em alambique de inox e envelhecida em tonéis de castanheira

Cabe ressaltar que em todas as etapas do experimento, os produtos e resíduos gerados foram coletados, homogeneizados e analisados em triplicata, bem como foram medidos os volumes usados e gerados, visando a posterior quantificação e avaliação da eficiência e da qualidade das amostras.

Na Figura 10 está descrito o fluxograma básico, que resume bem o processo descrito acima de obtenção das quatro diferentes amostras de aguardente de “licor” utilizadas no experimento, onde estão demonstradas as principais etapas e os respectivos produtos e resíduos gerados.

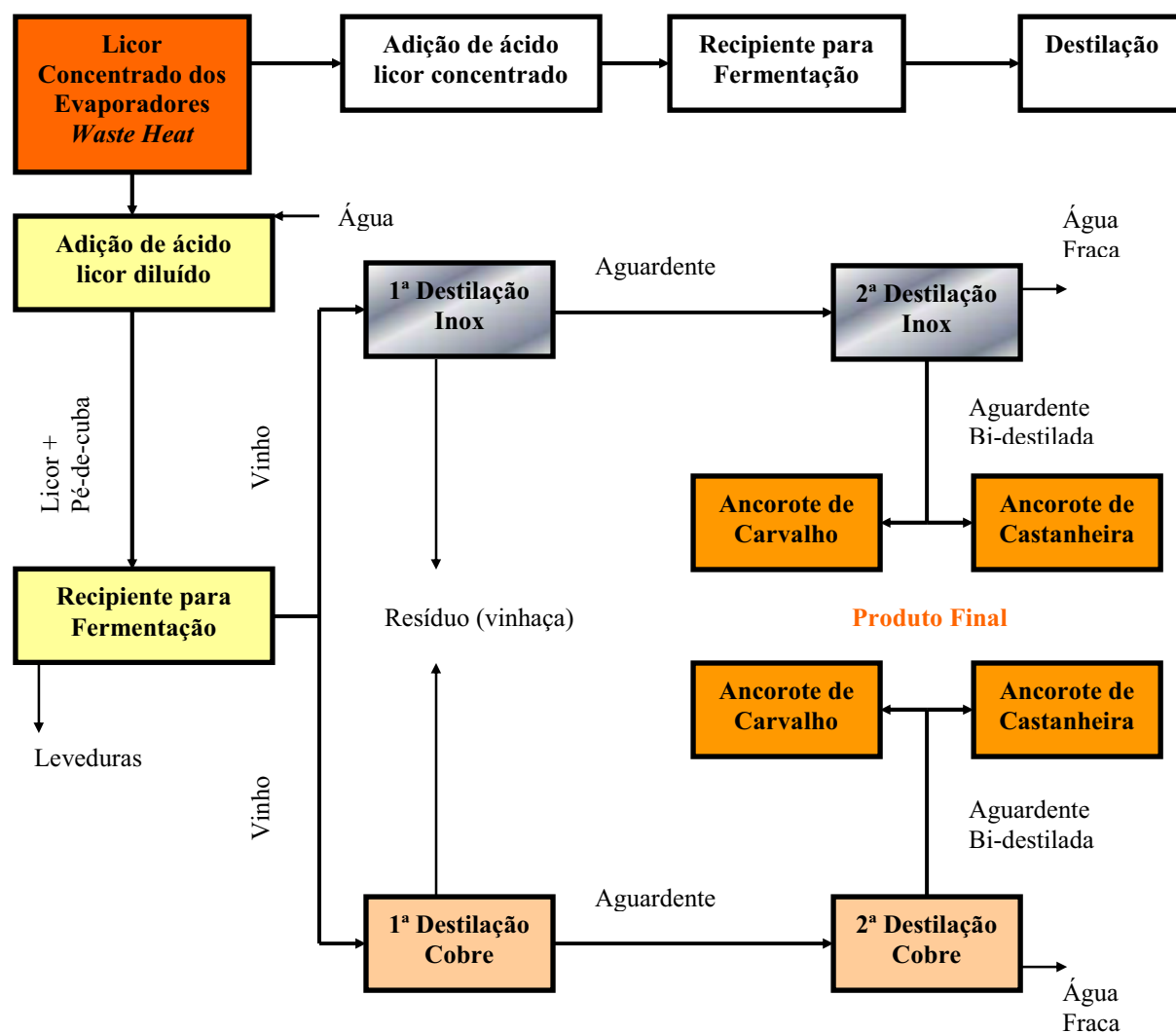


Figura 10 – Fluxograma do processo de fermentação, bi-distilação e envelhecimento de quatro amostras de aguardente de “licor” de laranja.

4.2. MÉTODOS

4.2.1. DETERMINAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

As determinações físico-químicas foram realizadas nas amostras de aguardente de “licor” de laranja e resíduos ao longo de todo o experimento.

4.2.1.1.Determinação de teor alcoólico

O percentual de etanol das amostras foi determinado em conformidade com a metodologia descrita pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985), utilizando-se um alcoômetro de Gay-Lussac.

4.2.1.2.Determinação do pH

O pH das amostras foi determinado por leitura direta em pHmetro “Digimed” (modelo DM20), em conformidade com a metodologia descrita pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

4.2.1.3.Determinação dos compostos voláteis

Os compostos voláteis das amostras, representados principalmente por álcoois superiores, aldeídos e ésteres, foram determinados por Cromatografia Gasosa (GC) pela injeção direta (1 µL) das amostras em cromatógrafo “Shimadzu” (modelo GC17). A temperatura do injetor foi 230°C e do detector de ionização de chama 250°C. Foram utilizadas duas colunas, FFAP e carbowax 20M (30,0m x 0,20mm x 0,25 µm), com taxa de aquecimento de 5°C/min até 70°C (0min), 10°C/min até 105°C (10min) e 5°C/min até 220°C (7min).

4.2.1.4.Determinação dos açúcares

Sacarose, glucose, frutose e açúcares totais, foram determinados, sem a necessidade de extração, por cromatografia líquida de alta eficiência em cromatógrafo “LDC Analytical” no modo isocrático, tendo como fase móvel acetonitrila-água (80:20), com coluna amino propil (5 µm e 250mm X 4mm) e detector de índice de refração, com T = 30°C e injeção de 1mL/min, conforme metodologia descrita pela AOAC – *Association of Official Analytical Chemists* (2000).

4.2.1.5.Determinação do teor de proteínas

O teor de proteínas das amostras foi determinado pelo método de Kjeldahl, conforme descrito na AOAC – *Association of Official Analytical Chemists* (2000).

4.2.1.6. Determinação da porcentagem de sólidos solúveis totais (SST)

O valor da porcentagem de sólidos solúveis totais (°Brix) das amostras foi determinado por leitura direta em refratômetro “Bellingham & Stanley” (B&S, modelo RFM 340), conforme metodologia descrita pela AOAC – *Association of Official Analytical Chemists* (2000).

4.2.1.7. Determinação da intensidade de cor

A intensidade de cor das amostras foi determinada utilizando-se um espectrofotômetro “Femto” (modelo 700 plus), com leitura de absorbância a 525nm (Absx1000), conforme metodologia descrita pela AOAC – *Association of Official Analytical Chemists* (2000).

4.2.1.8. Determinação do teor de óleo recuperável (terpenos)

O teor de óleo das amostras foi determinado conforme metodologia comumente usada nas indústrias cítricas, descrita pelo USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) – *Quality Control for Citrus Processing Plants - Intercit* (1986).

4.2.1.9. Determinação dos teores de dimetil sulfeto (DMS)

DMS foi determinado por GC. As amostras foram submetidas ao procedimento de pré-concentração por *purge and trap* (OI Analytical) acoplado com GC-MS. O equipamento usado foi o cromatógrafo “Shimadzu” (modelo GC17A) acoplado a um detector seletivo de massa (MS) “Shimadzu” (QP5050A) operando em modo SIM – $m/z = 62$), com coluna HP-FFAP (50,0m x 0,20mm x 0,33 μ m), gradiente de temperatura de 60°C (5 minutos) com taxa de aquecimento de 10°C/min até 200°C (5 minutos), temperatura do injetor de 100°C e do detector de 200°C, conforme descrito pelo *Journal of the Brazilian Chemical Society* (CARDOSO et al, 2004).

4.2.1.10. Determinação dos teores de cobre

O teor de cobre das amostras foi determinado conforme metodologia descrita pela AOAC – *Association of Official Analytical Chemists* (2000).

4.2.1.11. Determinação dos teores de carbamato de etila (CE)

Carbamato de etila foi determinado por GC em cromatógrafo “Shimadzu” (modelo GC17A) com detector MS e com coluna CPWAX (30,0m x 25mm x 0,25µm), temperatura do injetor de 240°C e do detector de 250°C, gradiente de temperatura 50°C (2 minutos) com taxa de aquecimento de 20°C/min até 140°C (10 minutos) e 20°C/min até 230°C (10 minutos), volume de injeção de 1,0µL com tempo de retenção de 6,04min, conforme descrito pelo *Journal Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1987).

4.2.1.12. Determinação de DQO e DBO

A demanda química de oxigênio (DQO) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) das amostras e dos resíduos foram determinadas conforme metodologia descrita pelo *Standard Methods* da *American Public Health Association* – APHA (1998).

4.2.1.13. Determinação da acidez volátil

A acidez volátil das amostras foi determinada em conformidade com a metodologia descrita pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

4.2.2. AVALIAÇÃO SENSORIAL DAS AMOSTRAS

Como parâmetros de avaliação dos processos utilizados na obtenção das bebidas, foram realizados testes de aceitação com relação ao aroma, sabor e impressão global, utilizando-se 30 provadores (consumidores potenciais do produto), que avaliaram as amostras em cabines individuais, utilizando-se escala hedônica estruturada, conforme ficha apresentada na Figura 11.

Na condução dos testes as 4 amostras obtidas de aguardente de “licor” de laranja foram apresentadas de forma monádica e em cálices vermelhos opacos, codificados com algarismos de três dígitos e cobertos com vidros de relógio que eram retirados no momento do teste.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), estudando as fontes de variações: amostra e provador.

ANÁLISE SENSORIAL ESCALA HEDÔNICA DE 9 PONTOS	
Nome:	Data:
Avalie cada amostra, usando a escala abaixo, para descrever o quanto você gostou ou desgostou.	
1- Desgostei MUITÍSSIMO 2- Desgostei Muito 3- Desgostei Regularmente 4- Desgostei Ligeiramente 5- Indiferente 6- Gostei Ligeiramente 7- Gostei Regularmente 8- Gostei Muito 9- Gostei MUITÍSSIMO	
Código da Amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
Comentários: _____ _____ _____ _____ _____	

Figura 11 – Modelo de ficha usada para análise sensorial do aroma, do sabor e da impressão global das 4 amostras de aguardente de “licor” de laranja

4.2.3. AVALIAÇÃO ECONÔMICA

As técnicas para avaliação de investimento de capital foram feitas conforme GITMAN (1997), considerando-se: períodos de *pay-back*, (PB), valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. AVALIAÇÃO DOS DADOS FÍSICO-QUÍMICOS E SENSORIAIS

O “licor” de laranja, bem como os produtos (4 amostras de aguardente) e resíduos gerados foram caracterizados físico-quimicamente. As 4 amostras de aguardente de “licor” de laranja obtidas também foram analisadas sensorialmente.

5.1.1. CARACTERIZAÇÃO DO “LICOR” DE LARANJA

Para a boa condução do experimento, se fez necessária a caracterização do “licor” de laranja, quanto aos principais parâmetros de composição que pudessem influenciar, quer positiva ou negativamente as diversas etapas do processo e comparar com os dados da literatura. Na Tabela 07 estão descritos os resultados das determinações físico-químicas efetuadas no “licor” de laranja bruto (da forma como sai dos evaporadores), antes da fermentação (já diluído e acidificado), após a fermentação e após as destilações nos tipos de alambiques utilizados (resíduo ou vinhaça).

Tabela 07 – Resultados analíticos do “licor” de laranja (valores médios e desvio padrão)

ANÁLISE	Unidade	Bruto	Antes Fermentação	Após Fermentação	Após Destilação (Inox)	Após Destilação (Cobre)
SST	(°Brix)	33,1 ± 0,1	16,6 ± 0,0	12,3 ± 0,0	14,1 ± 0,0	14,8 ± 0,0
Sacarose	(g/L)	86,19 ± 1,58	43,10 ± 1,22	0,01 ± 0,00	1,98 ± 0,24	1,87 ± 0,24
Glucose	(g/L)	54,84 ± 1,62	27,42 ± 0,98	1,37 ± 0,10	2,06 ± 0,32	1,98 ± 0,28
Frutose	(g/L)	67,63 ± 1,06	33,82 ± 1,00	7,95 ± 0,31	11,70 ± 0,23	10,88 ± 0,25
Proteína	(g/L)	30,88 ± 2,82	15,44 ± 1,32	13,15 ± 0,97	15,20 ± 0,86	16,01 ± 1,20
Etanol	(g/L)	2,80 ± 0,00	1,40 ± 0,00	69,80 ± 0,92	3,58 ± 0,02	0,17 ± 0,00
pH	-	5,4 ± 0,0	4,4 ± 0,0	4,6 ± 0,1	4,6 ± 0,0	4,6 ± 0,0
DQO	(g/L)	181 ± 18	90 ± 11	114 ± 8	150 ± 16	152 ± 19
DBO	(g/L)	139 ± 25	70 ± 16	87 ± 15	115 ± 16	117 ± 20
Cobre	(mg/L)	2,74 ± 0,02	1,37 ± 0,01	0,59 ± 0,00	0,84 ± 0,01	102,21 ± 2,03
Óleo	(%)	0,035 ± 0,005	0,018 ± 0,002	0,016 ± 0,003	0,007 ± 0,001	0,008 ± 0,001

A composição do “licor” bruto em açúcares foi bastante similar ao citado por BRADDOCK (1999), ou seja, levando-se para a mesma base de 10,1°Brix, sacarose 2,4% x 2,6% e açúcares redutores 4,2% x 3,7%. A mesma similaridade pode ser

observada para pH (5,7 x 5,4), porém, para proteínas houve diferenças maiores (0,5% x 0,9%) o que pode ser explicado pelas diferenças entre fábricas dos Estados Unidos e do Brasil.

A fermentação do “licor” diluído feita em 24h levou a uma redução nos teores de sólidos solúveis totais (SST) de apenas 4,3°Brix. Conforme KIMBALL (1999) esta é considerada uma fermentação parcial e para ser completa deveria ser conduzida por períodos de 36-48h, condição em que é esperada uma maior redução nos teores de SST. BRADDOCK (1999) obteve uma redução de 25 para 13°Brix em três dias de fermentação do “licor”. Cabe ressaltar que na fermentação do “licor” concentrado, a redução foi exatamente a mesma, ou seja, 4,3°Brix em média (passando de 33,1° para 28,8°), demonstrando ser viável a fermentação do “licor” bruto, sem necessidade de diluição. Apenas cuidados com a formação de espuma devem ser tomados no processo de destilação.

A sacarose foi quase que totalmente consumida, passando de 43,10 para 0,01g/L. Houve um consumo de 95% de glucose, passando de 27,42 para 1,37g/L. Frutose teve o menor consumo, ou seja, 76,5%, tendo passado de 33,82 para 7,95g/L. As reduções de sacarose + glucose + frutose somam 4,9p.p., o que comprova os valores encontrados para SST (4,3°Brix).

Com a destilação do vinho (“licor” fermentado) houve um aumento nos teores de SST do resíduo gerado ao final deste processo, pela evaporação de água. Isto é particularmente importante do ponto de vista econômico, pois pode representar economia no processo como um todo, considerando-se o aproveitamento deste resíduo para ser reincorporado ao processo de fabricação do CPP.

Mesmo com o reaproveitamento do pé-de-cuba para as fermentações subseqüentes, observou-se um acréscimo do teor médio de proteínas nos resíduos pós-destilação em torno de 15%, sendo similar ao encontrado por KIMBALL (1999) no CPP adicionado destes resíduos e que promoveu um aumento de 16%. Assim, considerando-se que estes resíduos podem ser reincorporados ao processo de fabricação de CPP, é esperado um pequeno acréscimo no seu teor de proteínas, o que pode ser usado como ganho na sua venda.

Apesar da utilização do “licor” recém coletado do processo na saída dos evaporadores e analisado de imediato, já se detectou a presença de etanol, indicando que o processo de fermentação é típico desse tipo de produto, e ocorre rapidamente na

produção de CPP. Prolongando-se a fermentação por mais de 24h seria esperado um aumento na produção de álcool.

Os valores de pH do licor bruto foram corrigidos com ácido sulfúrico para valores próximos aos citados por LEA and PIGGOTT (2003) para produção de cachaça, os quais variam de 3,7 a 4,3.

Os valores de DQO e DBO encontrados para os resíduos pós-destilação, na faixa de 150-152g/L e 115-117g/L respectivamente, reforçam a importância da reincorporação destes resíduos ao processo de fabricação do CPP, não somente do ponto de vista econômico, mas sob o aspecto ambiental, pois o seu lançamento direto ao meio-ambiente geraria sérios danos e além de não atender aos requisitos legais vigentes e seu tratamento demandaria custos significativos.

O uso do destilador de cobre elevou significativamente os teores deste elemento nos resíduos pós-destilação. Os resíduos obtidos em alambique de aço-inoxidável tiveram teores de cobre de 0,84mg/L ao passo que para o alambique de cobre os valores foram da ordem de 102,21mg/L. Mesmo com estes valores obtidos para o alambique de cobre, a incorporação dos resíduos ao processo de fabricação de CPP não traria riscos, pois o valor esperado seria de 157mg/kg de CPP. Além do cobre ser considerado como nutriente sua presença no CPP seria tolerável, pois não há limites legais (Brasil e Europa) estabelecidos para este elemento.

Como a recuperação de óleo essencial e de terpenos é maior nas indústrias brasileiras do que nas americanas, mesmo no “licor” concentrado o teor de óleo encontrado (0,035%) foi muito inferior ao valor de 0,08% (base “licor” diluído à 11,8°Brix), limite citado por KIMBALL (1999) que poderá interferir no desenvolvimento das leveduras prejudicando o processo de fermentação. Isto reforça a possibilidade do uso direto do “licor” concentrado no processo de obtenção da aguardente.

5.1.2. CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS OBTIDOS NAS DESTILAÇÕES

BRADDOCK (1999) descreveu que para a eliminação de terpenos, que são os principais compostos indesejáveis no álcool produzido a partir do “licor” de laranja, se faz necessária uma segunda destilação ou retificação do produto. Este processo foi feito para ambos destiladores (cobre e aço-inoxidável) e os resultados estão dispostos na Tabela 08.

Foram avaliadas amostras dos destilados obtidos nos alambiques de cobre e de aço-inoxidável nas duas etapas de destilação. Também foram caracterizadas, físico-quimicamente, as frações cabeça e cauda e os resíduos da segunda destilação, denominado de “água fraca”, de cada tipo de alambique utilizado. Estas análises tiveram por objetivos verificar a eficiência obtida em cada processo e a possibilidade de presença de contaminantes, em especial: DMS e CE.

Tabela 08 – Resultados analíticos dos produtos de destilação (valores médios e desvio padrão)

ANÁLISES	pH -	Etanol (% v/v)	Cobre (mg/L)	DQO (g/L)	DBO (g/L)	Óleo (%)	Dimetil Sulfeto (µg/L)	Carbamato de Etila (mg/kg)
Destilado - 1ª Dest. (Inox)		29,1 ± 0,2	0,0 ± 0,0					n.d.
Destilado - 1ª Dest. (Cobre)		34,3 ± 0,3	21,2 ± 0,1					n.d.
Destilado - 2ª Dest. (Inox)		55,7 ± 0,3	0,0 ± 0,0				8,1 ± 0,6	n.d.
Destilado - 2ª Dest. (Cobre)		54,8 ± 0,2	3,6 ± 0,0				4,7 ± 0,2	n.d.
Cabeça - Inox		66,7 ± 0,3	0,0 ± 0,0					n.d.
Cabeça - Cobre		67,5 ± 0,4	2,7 ± 0,0					n.d.
Cauda - Inox		13,6 ± 0,0	0,0 ± 0,0					n.d.
Cauda - Cobre		7,2 ± 0,0	19,8 ± 0,2					n.d.
Água Fraca - Inox	3,4 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,0 ± 0,0	1,5 ± 0,4	1,1 ± 0,4	0,006 ± 0,001		n.d.
Água Fraca - Cobre	3,7 ± 0,1	0,1 ± 0,0	40,9 ± 0,3	3,5 ± 0,6	1,8 ± 0,5	0,008 ± 0,001		n.d.

Limite de detecção para CE = 0,01mg/kg

A caracterização das amostras de “água fraca” mostra que este resíduo pode ser reaproveitado dentro do processo, possibilitando-se a redução no consumo de água e evitando-se gastos com tratamento, pois os valores de DQO e DBO encontrados, apesar de muito menores que do “licor” ainda não permitem seu lançamento diretamente ao ambiente. Uma boa possibilidade seria seu aproveitamento nas limpezas de equipamentos e/ou no processo de limpeza e acidificação do pé-de-cuba, já que possui um pequeno teor de etanol e pH baixo.

É importante notar que não foi registrada, dentro do limite de detecção do método utilizado nas análises, a presença de carbamato de etila em nenhum dos produtos. Para cachaça a presença de CE, composto com efeito carcinogênico, foi relatada por NAGATO et al. (2003). É possível que a composição do “licor” de laranja não favoreça sua formação. Este resultado é particularmente importante para a exportação do produto, já que FARIA et al. (2004) citam restrições pela Europa para a presença de CE em bebidas alcoólicas.

Os valores encontrados para dimetil sulfeto nos produtos obtidos da segunda destilação, mostram não haver restrições quanto ao uso de destiladores de aço-inoxidável, pois conforme FARIA et al. (2003), este composto tem influência significativa na qualidade sensorial da cachaça, provocando alterações no sabor do produto em concentrações acima de 4,3-5,2mg/L. Os resultados encontrados para as amostras dos destilados em alambique de aço-inoxidável, apesar de 1,72 vezes maior que os valores encontrados nas amostras dos destilados em alambique de cobre, foram mais de 500 menores que este limite, ou seja, 8,1µg/L contra 4300-5200µg/L.

As frações cabeça e cauda, separadas na segunda destilação, poderiam ser reincorporadas ao vinho na 1ª destilação do ciclo subsequente, conforme CARDOSO (2001), aumentando assim a eficiência do processo, porém, estudos complementares devem ser conduzidos para estabelecer o limite de ciclos de re-incorporação até o descarte final. Isto é favorecido pelos altos teores alcoólicos ainda presentes nestas frações.

A presença de cobre é significativamente aumentada na primeira destilação nas amostras dos destilados obtidas no alambique de cobre (21,2mg/L) quando comparada com os valores obtidos nas amostras dos destilados recuperados no alambique de aço-inoxidável, que mostram ausência deste elemento. Cabe ressaltar que na segunda destilação, mesmo aumentando-se o teor alcoólico, os valores de cobre caem significativamente, cerca de seis vezes, atendendo aos limites estabelecidos pela legislação brasileira que é de no máximo 5,0mg/L (BRASIL, 1997).

Os valores de etanol obtidos refletiram o corte nos processos da primeira destilação e segunda destilações, que era feito quando o teor alcoólico obtido nos condensados caía para menos que 5%. Estes dados foram importantes para avaliar a eficiência do processo de destilação e comparar sob este prisma os materiais dos alambiques usados: cobre e aço-inoxidável.

5.1.3. CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS ENVELHECIDOS

Foram analisadas as quatro amostras dos produtos envelhecidos, sendo duas obtidas dos destilados em alambique de cobre e envelhecidas em tonéis de carvalho e castanheira e duas obtidas dos destilados em alambique de aço-inoxidável e, também, envelhecidas em tonéis de carvalho e castanheira.

O objetivo destas análises foi a verificação quanto ao atendimento a legislação e a determinação da composição básica das amostras em álcoois, aldeídos, ésteres etc. como meio de avaliação da qualidade dos produtos obtidos.

A Tabela 09 mostra os resultados das análises realizadas quando comparadas aos limites estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 1997) para aguardentes.

Tabela 09 – Resultados analíticos dos produtos envelhecidos frente ao Decreto Federal nº 2314 do MAPA

ANÁLISE	Unidade	Carvalho		Castanheira	
		Cobre	Inox	Cobre	Inox
Grau Alcoólico (envelhecimento)	% v/v	55,8 ± 0,1	57,0 ± 0,0	56,0 ± 0,1	56,8 ± 0,1
Grau Alcoólico (corrigido)	% v/v	40,0 ± 0,0	40,0 ± 0,0	40,0 ± 0,0	40,0 ± 0,0
Açúcares Totais	(g/100mL)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acidez Volátil em Ácido Acético	mg/100mL álcool anidro	53,1 ± 2,3	52,0 ± 1,0	52,9 ± 2,1	52,2 ± 2,0
Alcoóis Superiores	mg/100mL álcool anidro	235,0 ± 5,2	257,6 ± 6,5	232,2 ± 4,8	259,1 ± 6,0
Furfural	mg/100mL álcool anidro	7,8 ± 0,5	5,1 ± 0,4	7,2 ± 0,6	5,3 ± 0,5
Aldeídos em Aldeído Acético	mg/100mL álcool anidro	0,027 ± 0,002	0,013 ± 0,001	0,015 ± 0,001	0,021 ± 0,002
Ésteres em Acetato de Etila	mg/100mL álcool anidro	48,4 ± 0,05	26,0 ± 0,2	44,7 ± 0,8	27,4 ± 0,3
Soma dos Compostos Secundários	mg/100mL álcool anidro	344,3 ± 8,5	340,7 ± 8,1	337,0 ± 8,3	344,0 ± 8,8
Álcool Metílico	mg/100mL álcool anidro	26,0 ± 0,5	25,0 ± 0,6	25,6 ± 0,5	25,8 ± 0,7
Cobre	mg/L	1,6 ± 0,1	0,1 ± 0,0	2,6 ± 0,1	0,1 ± 0,0
Exame Organoléptico	-	satisfatório	satisfatório	satisfatório	satisfatório

As quatro amostras avaliadas atenderam aos requisitos legais para todos os parâmetros, exceto para o furfural que ficou acima dos 5,0mg/100mL de álcool anidro, valor máximo permitido. Na produção de cachaça sua presença indica falta de cuidados. É possível que o furfural tenha sido formado pela reação de escurecimento não-enzimático do ácido ascórbico presente no “licor” da laranja, mesmo que em pequenas quantidades, e principalmente pela presença ainda de açúcares no vinho durante o processo de destilação, pois todo o experimento foi conduzido dentro das boas práticas e com todo o cuidado necessário.

Houve um aumento na graduação alcoólica dos produtos envelhecidos tanto em carvalho como em castanheira, sendo que a média entre as amostras obtidas em alambique de aço-inoxidável passou de 55,7 para 56,9% (v/v) em teor alcoólico e de 54,8 para 55,9% (v/v) nas amostras obtidas de alambique de cobre, refletindo a maior perda de água que de etanol (Tabelas 08 e 09). Estes resultados estão de acordo com o descrito por BALDWIN and ANDREASEN (1974) que verificaram o aumento na graduação alcoólica em uísque *bourbon*, porém, não concordam com os trabalhos de SHOENEMAN et al. (1971), também com uísque *bourbon*, que verificaram redução

na graduação alcoólica com o envelhecimento. A graduação alcoólica das quatro amostras foi corrigida com água de boa qualidade para 40,0% (v/v), ficando dentro dos limites estabelecidos de 38,0-54,0% (v/v).

A presença de açúcares não foi identificada em nenhuma das amostras, lembrando que estas análises foram feitas antes da adição de sacarose as amostras. A legislação estabelece um valor máximo de 0,6g/100mL.

Os valores de acidez volátil em ácido acético, aldeídos em aldeído acético e ésteres em acetato de etila, ficaram muito abaixo de seus respectivos limites máximos permitidos de 150,0; 30,0 e 200,0mg/100mL de álcool anidro. Os valores encontrados para álcoois superiores e soma dos compostos secundários ficaram dentro de uma faixa de segurança frente os limites estabelecidos de máximo 300 e de 200,0-650,0mg/100mL de álcool anidro, respectivamente. A Tabela 10 mostra a característica das amostras em termos de compostos voláteis.

Tabela 10 – Resultados analíticos da composição em voláteis dos produtos envelhecidos

ANÁLISE	Unidade	Carvalho		Castanheira	
		Cobre	Inox	Cobre	Inox
Heptanoato de Metila	mg/100mL álcool anidro	0,1 ± 0,0	n.d.	n.d.	n.d.
Acetato de Metila	mg/100mL álcool anidro	3,4 ± 0,1	0,7 ± 0,0	2,0 ± 0,1	1,3 ± 0,0
Acetato de Etila	mg/100mL álcool anidro	30,8 ± 0,4	20,0 ± 0,3	30,7 ± 0,4	20,1 ± 0,4
Lactato de Etila	mg/100mL álcool anidro	5,2 ± 2,2	n.d.	n.d.	n.d.
Caprilato de Etila	mg/100mL álcool anidro	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
Benzoato de Etila	mg/100mL álcool anidro	n.d.	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0
Octanoato de Etila	mg/100mL álcool anidro	n.d.	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	n.d.
1-Propanol	mg/100mL álcool anidro	77,3 ± 2,8	76,6 ± 3,5	76,9 ± 3,7	77,0 ± 4,0
2-Metil-1-Propanol	mg/100mL álcool anidro	26,7 ± 0,8	29,0 ± 0,9	26,6 ± 1,8	29,1 ± 0,6
1-Butanol	mg/100mL álcool anidro	1,4 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,1 ± 0,0
2-Butanol	mg/100mL álcool anidro	0,9 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,0
2- + 3-Metil-1-Butanol	mg/100mL álcool anidro	124,4 ± 2,5	148,8 ± 3,6	123,9 ± 2,8	149,3 ± 1,2
1-Pentanol	mg/100mL álcool anidro	0,6 ± 0,1	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0
1-Hexanol	mg/100mL álcool anidro	0,6 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,0
1-Octanol	mg/100mL álcool anidro	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0
Linalol	mg/100mL álcool anidro	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0
Álcool Benzílico	mg/100mL álcool anidro	0,4 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,0
Álcool β-Fenil Etilico	mg/100mL álcool anidro	1,1 ± 0,1	0,4 ± 0,0	0,9 ± 0,2	0,5 ± 0,1

Os valores encontrados para os produtos envelhecidos em carvalho e castanheira não apresentaram diferença significativa em composição de voláteis. Praticamente não houve similaridade entre a composição em voláteis da aguardente de “licor” de laranja com a composição da cachaça apresentada por LEA and PIGGOTT (2003). Apenas acetato de etila esteve na mesma faixa de 20-31mg/100mL de álcool anidro.

Um aspecto positivo é que apesar da presença de pectina, que segundo BRADDOCK (1999) é de 0,7% no “licor” a 10,1°Brix, não houve um incremento do teor de metanol no produto final, o que foi conseguido através da adequada separação da fração cabeça. Os valores encontrados, que variaram de 25 a 26mg/100mL de álcool anidro (Tabela 09), se encontram muito abaixo do limite máximo de 200mg/100mL de álcool anidro permitido.

Os teores de cobre se mantiveram bem abaixo do limite máximo estabelecido de 5,0mg/L, mesmo para as amostras obtidas do alambique de cobre (1,6 e 2,6mg/L). Já para as amostras do alambique de aço-inoxidável os valores foram extremamente baixos: 0,1mg/L (Tabela 09).

Para o exame organoléptico foram feitas apenas análises visuais, já que não foi encontrada metodologia específica para tal análise. Todas as quatro amostras estavam dentro do padrão, ou seja, límpidas, transparentes e sem resíduos nem detritos em suspensão.

O tempo de envelhecimento de seis meses nos ancorotes de 5L se mostrou adequado pelas características positivas dos produtos obtidos. A Tabela 11 estabelece uma relação entre volume e área. Esta relação é a base de cálculo para a determinação dos tempos de envelhecimento dos diferentes volumes de tonéis disponíveis no mercado e para se estimar as perdas de líquidos, conforme WITHERS et al. (1995) e CARDOSO (2001). Este dado é interessante na decisão de investimento, ou seja, comparar o valor inicial, que deve ser menor com o aumento do volume dos tonéis, com o custo financeiro demandado pelo estoque por período mais longo. Resumidamente: quanto maior o volume dos tonéis usados, menor será o investimento inicial, porém maior será o custo financeiro.

Tabela 11 – Relação entre volume e área em tonéis vendidos no mercado

Volume	L	49 435	10 413	5 247	910	681	204	10	5
Área	m ²	74,6	26,4	16,7	5,2	4,3	1,9	0,3	0,2
Área/Volume	m ² /m ³	1,5	2,5	3,2	5,7	6,3	9,5	25,8	32,0
Altura	m	4,00	2,38	1,85	1,10	1,00	0,80	0,26	0,20
Raio maior	m	2,08	1,24	1,00	0,54	0,49	0,30	0,13	0,10
Raio menor	m	1,89	1,13	0,90	0,49	0,44	0,27	0,10	0,08
g	m	4,00	2,38	1,85	1,10	1,00	0,80	0,26	0,20
Envelhecimento	mês	126,1	75,1	59,7	33,3	30,2	20,0	7,4	6,0
Envelhecimento	ano	10,5	6,3	5,0	2,8	2,5	1,7	0,6	0,5

As perdas de líquidos por evaporação durante o envelhecimento também foram acompanhadas, não tendo sido observadas diferenças significativas entre ancorotes de carvalho e de castanheira, que apresentaram uma média de 3,1% ao mês. Utilizando-se das relações entre áreas e volumes, podemos afirmar que a perda de volume 3,1% ao mês para ancorotes de 5L, como aqueles usados no experimento, corresponderia a 7,4% de perda de volume ao ano em tonéis de 700L. Estudos de BALDWIN and ANDREASEN (1974) levaram à perda de 3% ao ano, já SINGLETON (1995) encontrou uma perda de 2-7% ao ano em bebidas durante o envelhecimento. A Tabela 12 e a Figura 12 mostram os resultados obtidos no acompanhamento das perdas de volume, temperatura ambiente e UR, durante o envelhecimento da aguardente de “licor” de laranja.

Tabela 12 – UR, temperatura ambiente e perdas no envelhecimento

AVALIAÇÃO	Unidade	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Média/Total
Umidade Relativa média	%	54,88	66,28	70,46	76,45	80,07	80,53	71,45
Temperatura média	°C	24,13	23,88	23,87	24,81	24,03	23,53	24,04
Perda de volume (no mês)	%	2,5	3,6	2,8	2,3	3,8	3,4	3,1
Perda de volume (acumulado)	%	2,5	6,1	9,0	11,3	15,0	18,4	18,4
Perda de volume (no mês)	mL	132	187	148	118	196	178	160
Perda de volume (acumulado)	mL	132	319	467	585	781	959	959

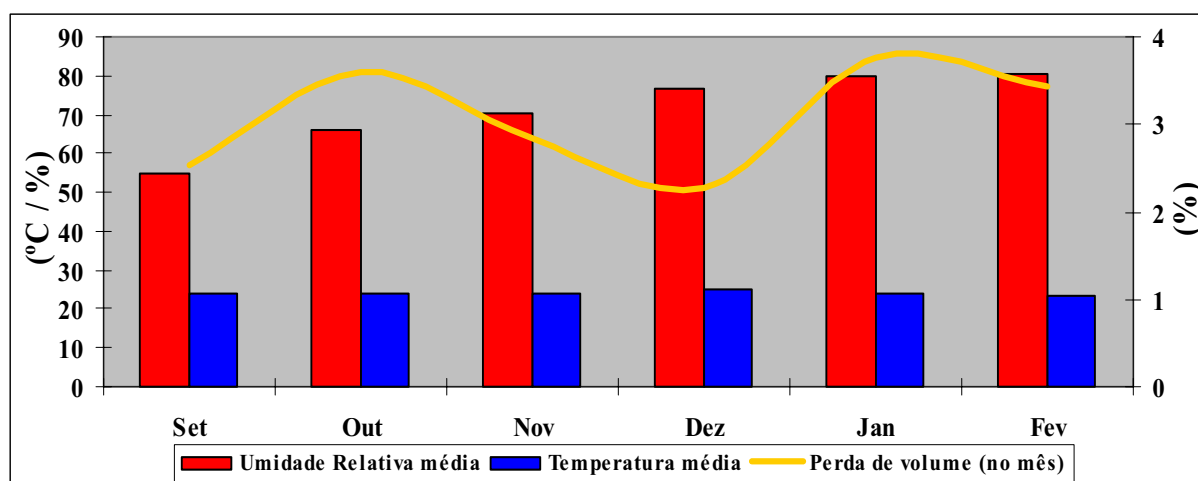


Figura 12 – Comparação entre UR, temperatura e perdas no envelhecimento

Houve um aumento significativo nos valores de UR durante o envelhecimento, o que é natural para o clima da região em função da predominância de chuvas nos meses de janeiro e fevereiro. Os valores de temperatura média apresentaram uma variação muito pequena, mesmo tendo havido mudanças de estações: final de inverno => primavera => verão.

Cabe ressaltar que não houve correlação entre umidade relativa (UR), temperatura e perda de volume, apesar dos trabalhos desenvolvidos por SHOENEMAN et al. (1971), NYKANEN and NYKANEN (1994) e SINGLETON (1995) terem mostrado a relação de perdas com o ambiente externo (temperatura, umidade relativa, circulação de ar etc.). A perda de volume foi avaliada medindo-se a altura do líquido nos tonéis. Nos dois tipos de madeira avaliados (ancorote de carvalho e de castanheira) a perda foi a mesma, ficando em média de 3,1% ao mês e atingindo 18,4% ao final do período de envelhecimento, valor considerável em termos econômicos.

5.1.4. ANÁLISE DE COR E ASPECTO VISUAL

Para a análise de cor foram feitas inspeções visuais, conforme mostra a Figura 13, das quatro amostras envelhecidas de aguardente de “licor” de laranja e de duas amostras de cachaças envelhecidas de marcas tradicionais vendidas no comércio.



Figura 13 – Comparação visual das amostras de aguardente de “licor” de laranja e de cachaça

Foram, também, medidos os valores de absorvância (x1000) destas mesmas amostras, conforme Tabela 13.

Tabela 13 – Cor das amostras de aguardente de “licor” de laranja e de cachaça (valores médios e desvio padrão)

AMOSTRA	COR (Abs x1000)
Cachaça tradicional envelhecida vendida no varejo (marca “X”)	973 ± 2
Cachaça tradicional envelhecida vendida no varejo (marca “Y”)	88 ± 1
Aguardente de “licor” de laranja destilada em alambique de cobre e envelhecida em tonéis de carvalho	408 ± 2
Aguardente de “licor” de laranja destilada em alambique de inox e envelhecida em tonéis de carvalho	360 ± 2
Aguardente de “licor” de laranja destilada em alambique de cobre e envelhecida em tonéis de castanheira do Pará	230 ± 1
Aguardente de “licor” de laranja destilada em alambique de inox e envelhecida em tonéis de castanheira do Pará	181 ± 1

As amostras de aguardente de “licor” de laranja ficaram numa faixa intermediária entre as amostras de cachaça avaliadas. É fato que a variação é muito grande entre as cores das cachaças, mostrando não haver um padrão para este quesito de qualidade, mas pode-se considerar que, visualmente, tanto as aguardentes de “licor” de laranja envelhecidas em carvalho quanto às envelhecidas em castanheira apresentam bons resultados. Há que considerar que o carvalho promove uma coloração mais escura que a castanheira, mas com a avaliação dos resultados pode-se afirmar que as amostras de aguardente de “licor” de laranja apresentaram-se mais próximas entre si que as amostras das cachaças que estão em extremos da escala. Os trabalhos de LIMA (1999) e MORI et al. (2003) já mostravam a variação em cores nas bebidas envelhecidas em diferentes tipos de madeiras.

5.1.5. ANÁLISE CROMATOGRÁFICA

Os cromatogramas obtidos das quatro amostras de aguardente de “licor” de laranja apresentam boa similaridade com os cromatogramas obtidos das duas amostras de cachaça envelhecida vendidas no comércio, apesar dos picos não terem sido identificados, conforme Anexo I. Isto é, também, importante para avaliação da viabilidade técnica do experimento.

No Anexo II estão os cromatogramas das amostras dos produtos obtidos na sequência do processo do experimento: destilado obtido na 1ª destilação, destilado obtido na 2ª destilação, bebida envelhecida em tonéis de castanheira e bebida

envelhecida em tonéis de carvalho, comparando-se alambique de cobre (lado esquerdo Anexo II) com alambique de aço-inoxidável (lado direito Anexo II). Da forma disposta, fica clara a redução de picos nos cromatogramas ao longo do processo. Apesar de não ter sido feita a identificação destes picos, trata-se, provavelmente, de compostos indesejáveis para a bebida vindos do licor, devido ao sabor ruim dos destilados. Assim, da primeira para a segunda destilação há uma boa redução destes picos e melhora concomitante no sabor. Da segunda destilação para o envelhecimento, a redução nos picos é enorme, bem como a melhoria no sabor. Isto vem de encontro aos trabalhos de MORI et al. (2003), FARIA et al. (2004) e ROÇAFA JR. et al. (2004) sobre a importância da bi-destilação e do envelhecimento para a qualidade de bebidas alcoólicas e para este tipo de processo.

No Anexo III estão os cromatogramas das amostras analisadas das frações cabeça e cauda nas primeiras e segundas destilações, também, comparando-se alambique de cobre (lado esquerdo Anexo III) com alambique de aço-inoxidável (lado direito Anexo III). O número de picos é também elevado, valendo os mesmos comentários feitos anteriormente para os destilados obtidos. Assim, a adequada separação das frações cabeça e cauda, conforme descrito por CARDOSO (2001) é de extrema importância na obtenção de um produto final de boa qualidade. Sem estes cuidados o produto teria, certamente, a presença de componentes voláteis indesejáveis, em especial pela sua contribuição negativa em termos sensoriais.

5.1.6. ANÁLISE SENSORIAL

O uso da análise sensorial foi importante fator na melhora do produto obtido (aguardente de “licor” de laranja). Após o envelhecimento, preliminarmente, verificou-se que a bebida obtida em ambos os tonéis apresentava-se com características de pouco encorpada e de extremamente seca. Uma prática para correção de falhas na produção de cachaça é a adição de sacarose, conforme citado por LEA and PIGGOTT (2003). Esta mesma prática foi usada para corrigir estas características negativas, através da adição de 5,5g/L de sacarose à bebida, o que é permitido pela legislação brasileira (BRASIL, 1997), e que melhorou significativamente as características sensoriais da aguardente de “licor” de laranja após o envelhecimento.

As quatro amostras de aguardente de “licor” de laranja obtidas, já adicionadas de sacarose, foram avaliadas pela equipe sensorial. Na Tabela 14 estão apresentadas as médias e os desvios padrão dos testes de aceitação relativos a aroma, sabor e impressão global das amostras testadas, o que também consta no histograma mostrado na Figura 14, para melhor visualização.

Tabela 14 – Médias e desvios padrão dos testes de aceitação relativos ao aroma, sabor e impressão global das amostras de aguardente de “licor” de laranja

AMOSTRA	Cobre Castanheira	Inox Castanheira	Cobre Carvalho	Inox Carvalho
Aroma	6,62 ± 1,20	6,53 ± 1,28	6,93 ± 1,15	6,82 ± 1,24
Sabor	6,13 ± 1,25	6,01 ± 1,54	6,04 ± 1,04	6,12 ± 1,35
Impressão Global	6,50 ± 1,58	6,04 ± 1,59	6,28 ± 1,32	6,19 ± 1,42

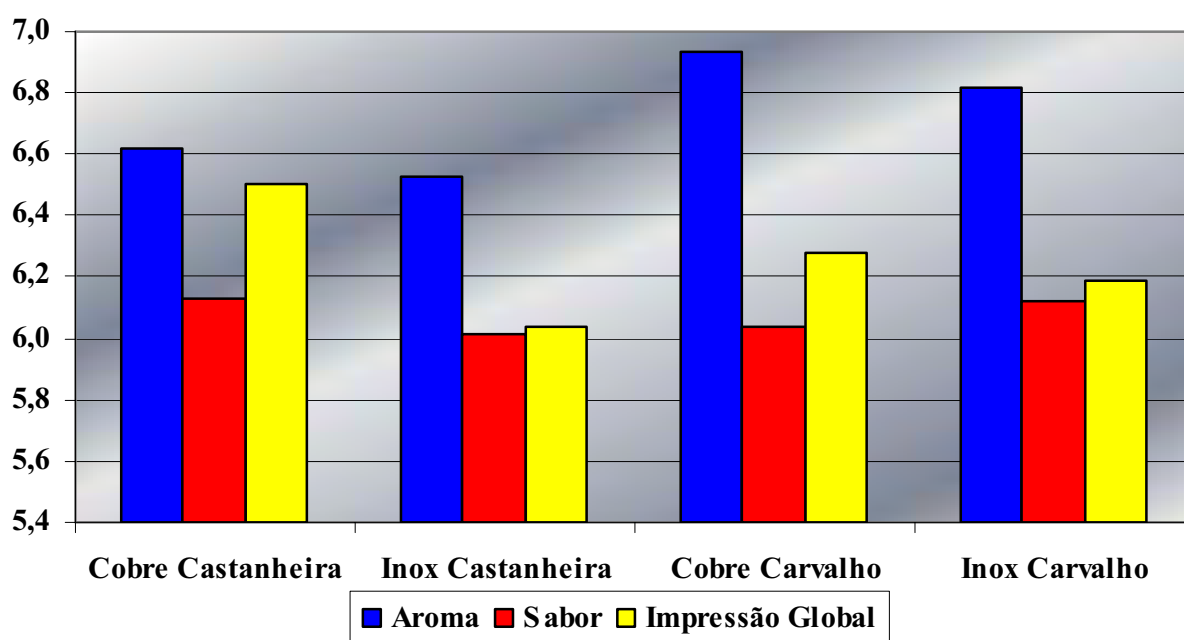


Figura 14 – Histograma das médias dos testes de aceitação das amostras de aguardente de “licor” de laranja

Os resultados dos testes de aceitação obtidos das quatro amostras de aguardente de “licor” de laranja testadas quanto ao aroma, sabor e impressão global, foram submetidos a análise estatística por ANOVA e pode-se afirmar com 95% de certeza ($p \leq 0,05$) que não houve diferença significativa entre elas (ver modelos usados nos Anexos IV e V), com valores de “F” calculado 2,65; 0,18 e 1,65 respectivamente para os atributos testados, todos menores que o valor de “F” tabelado (entre 2,68 e 2,76). Com estes resultados não foi necessário realizar o teste das médias de Tukey.

Esta mesma técnica foi usada por CARDELLO e FARIA (1997) no estudo do envelhecimento de cachaça em tonéis de carvalho.

ROÇAFA JR. et al. e FARIA (2004) obtiveram bons resultados comparando sensorialmente (teste de aceitação para cor, odor e impressão global) amostras de aguardente de “licor” de laranja com amostras de cachaça.

Todas as amostras tiveram como média de aceitação, valores entre “Gostei Ligeiramente” e “Gostei Regularmente”. Este resultado é bastante interessante, não somente do ponto de vista técnico, mas também do ponto de vista de investimento, pois cria opções de processos que podem ser otimizadas pelo menor custo. FARIA et al. (1995) sugeriram 21 meses de envelhecimento para cachaça em tonéis de carvalho como sendo tempo suficiente para a melhoria na qualidade sensorial. Considerando-se a relação área / volume, se utilizados tonéis de 204L, o tempo suficiente de envelhecimento para a aguardente de “licor” de laranja seria de 20,4 meses.

5.2. AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Na avaliação econômica estão descritos todos os itens de eficiência, perdas, investimentos, custos operacionais etc. O estudo foi feito com base no uso de uma pequena parte do “licor” bruto gerado (concentrado sem diluição) para a produção de cerca de 2,4 milhões de litros/ano de aguardente a 40% de álcool v/v (20°C).

Foram considerados 4 meses/ano, em 26 dias/mês e 23h/dia, para indústrias de porte médio/grande (25-30 milhões de caixas/ano). Não foi considerado o reaproveitamento das frações: cabeça e cauda, o que na prática poderia melhorar a eficiência e reduzir custos.

As bases de dados usadas nos cálculos foram obtidas das médias entre os resultados gerados no experimento pela destilação do vinho em alambique de cobre e em alambique de aço-inoxidável e por informações obtidas em indústrias cítricas do interior do estado de São Paulo em 2004.

Se fosse considerada indústria de pequeno porte, todo “licor” poderia ser usado na produção da aguardente, gerando a mesma quantidade deste produto final. No caso de empresas de médio ou de grande porte, a proposta seria de iniciar-se com este volume de produção e incrementá-lo em função do possível crescimento das vendas.

5.2.1. FLUXOGRAMA E BALANÇO DE MASSA PROPOSTOS

A proposta foi usar o “licor” de laranja bruto concentrado e não diluído, e devolver o resíduo, sem a prévia concentração, ao bagaço, na entrada da segunda prensagem. As vantagens deste processo consistiriam, basicamente, da não necessidade de investimentos em evaporadores para concentrar o resíduo de 31° para 50°Brix, e da não geração dos custos operacionais (que são significativos) envolvidos neste processo. Como custo adicional, frente ao processo tradicional, haveria uma perda de rendimento de CPP subtraído da redução no consumo de óleo combustível.

Para bem entender este incremento de custo, se faz necessária uma avaliação criteriosa do balanço mássico do processo tradicional de CPP e do balanço de massa aqui proposto para obtenção da aguardente de “licor” de laranja. Cabe ressaltar que há diferenças entre o processo das indústrias americanas frente às brasileiras, sendo que estas últimas possuem um sistema mais eficiente. Isto pode ser verificado nas Figuras 15 e 16, comparando-se o balanço proposto por BRADDOCK (1999) e o balanço feito a partir de informações obtidas junto a indústrias cítricas do interior do estado de São Paulo (2004). Para efeito desta pesquisa, considerou-se o balanço típico das indústrias brasileiras, tendo como premissa um processamento médio de 27,5 milhões de caixas/ano de laranja.

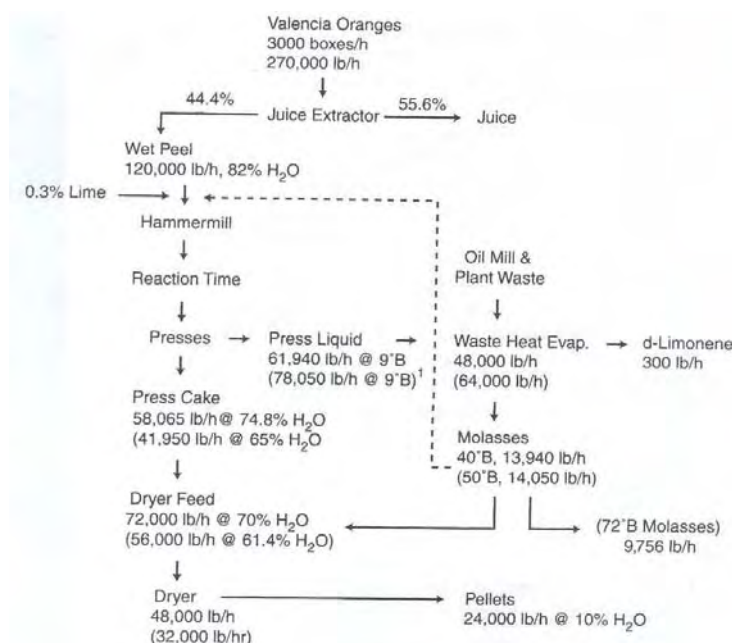


Figura 15 – Balanço mássico de CPP (típico de indústrias americanas)

Fonte: BRADDOCK (1999)

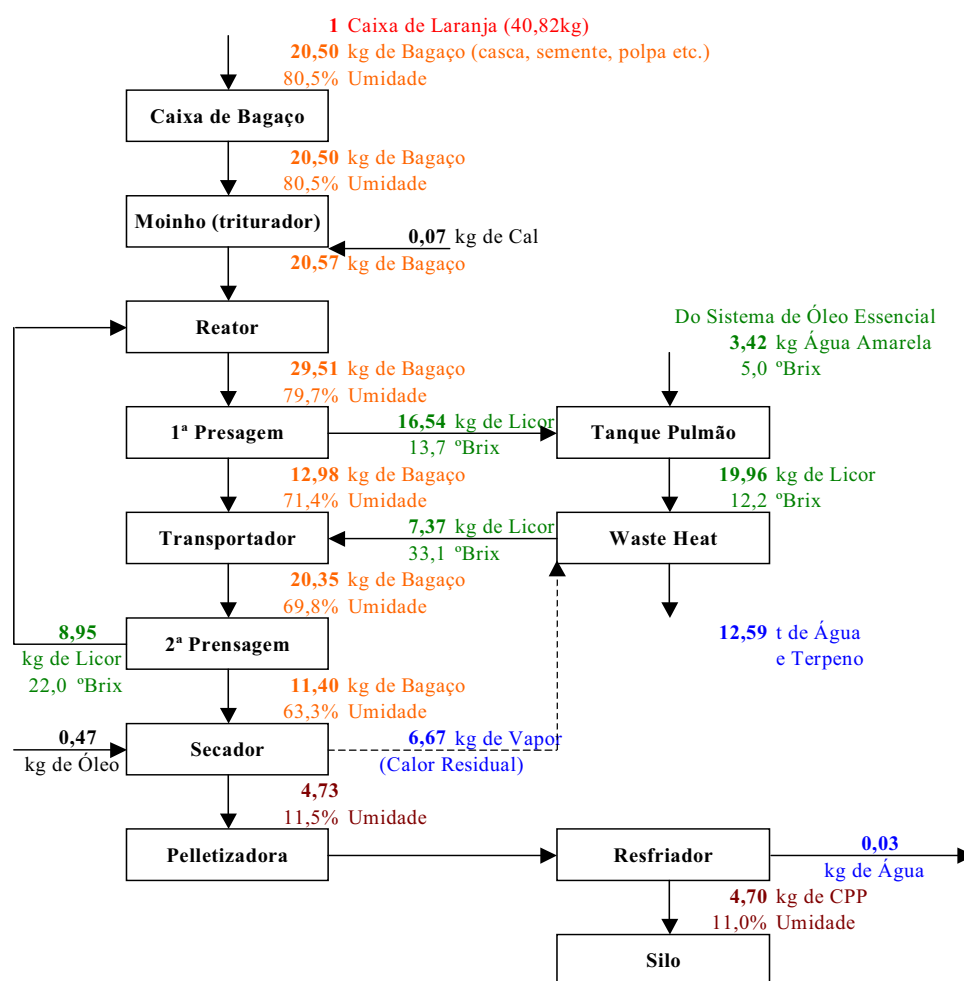


Figura 16 – Balanço mássico de CPP (típico de indústrias brasileiras)

Fonte: Empresas de suco de laranja do interior de São Paulo (2004)

Há variações neste processo, em especial ao valor de °Brix do “licor” que pode chegar a 40-50°, pois no Brasil, apesar de muito parecidas, as indústrias cítricas têm suas particularidades. O fluxo do “licor” também pode ser diferente, com mistura do obtido na primeira prensagem com o obtido na segunda prensagem indo diretamente para os evaporadores *Waste Heat*, ou a adição do “licor” concentrado na entrada do secador e/ou nas “pelletizadoras” etc. Para os cálculos e propostas subsequentes foi considerado o balanço como apresentado na Figura 16.

Considerando-se a produção média (entre alambique de cobre e de aço-inoxidável) total de 2,4milhões de litros por ano de aguardente de “licor” de laranja, seriam necessários mais de 1,5milhão de caixas de laranja de 40,8kg cada e um volume de “licor” bruto de mais de 9,8milhões de litros, conforme balanço mássico mostrado na Figura 17.

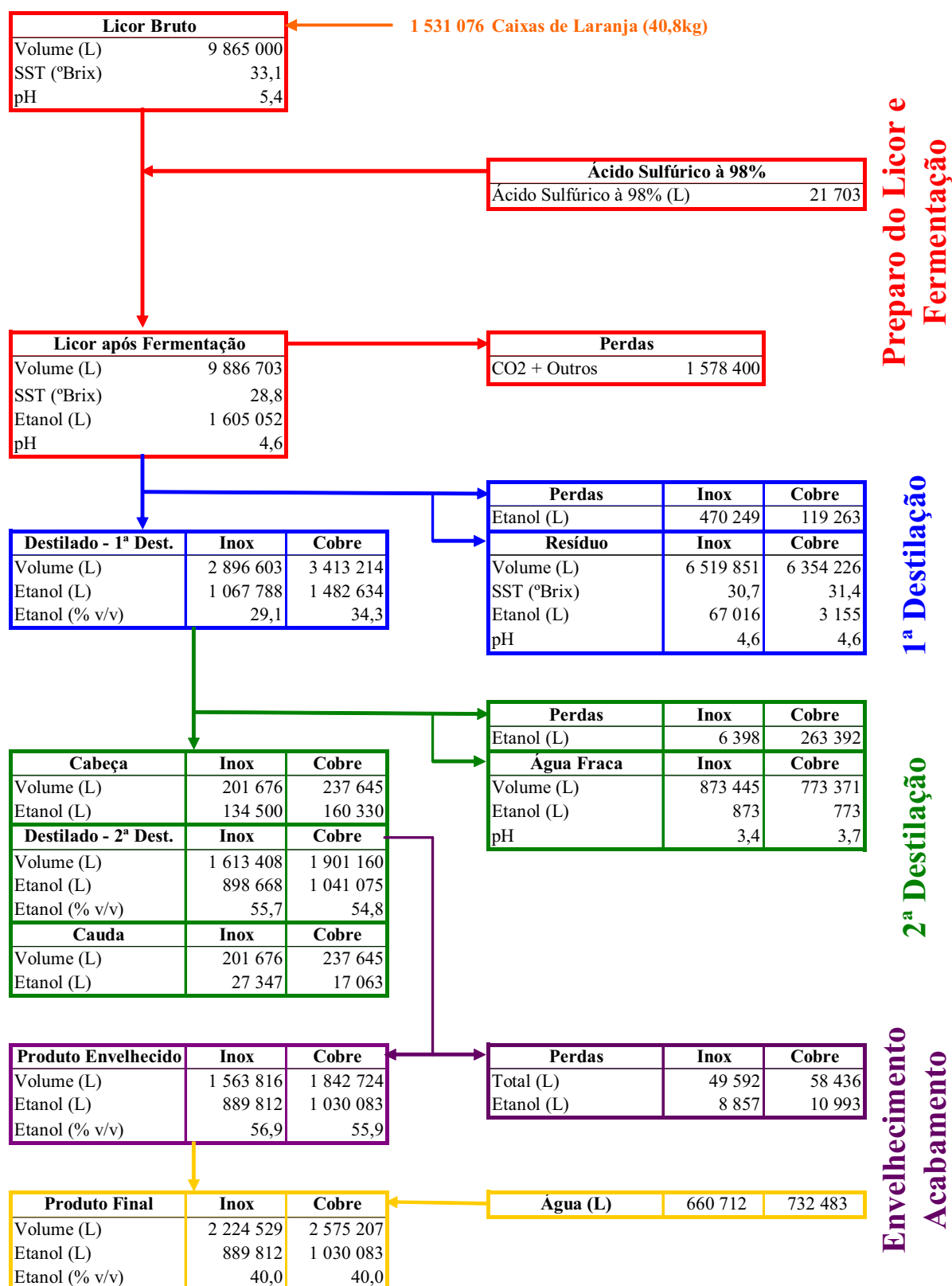


Figura 17 – Balanço mássico proposto para produção de aguardente de “licor” de laranja

O balanço mássico para a produção de aguardente de “licor” de laranja foi confeccionado a partir dos resultados analíticos das amostras coletadas e das medições de volume dos produtos e resíduos obtidos ao longo do experimento.

Foram identificadas perdas ao longo de todo o processo, desde as etapas de destilação até o envelhecimento, conforme mostrado na Tabela 15.

Tabela 15 – Perdas de etanol por etapa do processo de obtenção da aguardente de “licor” de laranja

ETAPA DO PROCESSO	PRODUTO	%
1ª Destilação (Inox)	Resíduo	4,18
	Condensação	29,30
1ª Destilação (Cobre)	Resíduo	0,20
	Condensação	7,43
2ª Destilação (Inox)	Cabeça	12,60
	Cauda	2,56
	Água Fraca	0,08
	Condensação	0,60
2ª Destilação (Cobre)	Cabeça	10,81
	Cauda	1,15
	Água Fraca	0,05
	Condensação	17,77
Envelhecimento	Evaporação	1,02

As maiores perdas em etanol identificadas foram na primeira destilação em alambique de aço-inoxidável, chegando a 29,30% durante a condensação; segunda destilação em alambique de cobre, chegando a 17,77% durante a recuperação dos condensados; e as frações cabeça em ambos os tipos de alambique, ficando entre 10,81 e 12,60%, mostrando a importância de sua reincorporação ao processo. Com a reincorporação das frações cabeça e cauda em dez ciclos (CARDOSO, 2001), seria possível um aumento de aguardente de 10,8-13,6%. As perdas no envelhecimento foram pequenas, apenas 1,02%.

Vale ressaltar que estes dados se referem aos equipamentos usados no experimento, uma vez que para aqueles usados para fins industriais espera-se um desempenho muito melhor.

A Tabela 16 mostra a recuperação em etanol e aguardente (corrigido para 40% v/v) para cada etapa do processo relacionando-se com volume de “licor” bruto, “licor” diluído e caixas de laranja necessários.

Tabela 16 – Eficiência de cada etapa do processo de obtenção da aguardente de “licor” de laranja

ETAPA DO PROCESSO	L/m ³ de Licor Bruto		L/m ³ de Licor Diluído		L por Caixa de Laranja	
	Álcool	Aguardente	Álcool	Aguardente	Álcool	Aguardente
Fermentação	159		80		1,025	
1ª Destilação (Inox)	108	294	54	147	0,697	1,892
2ª Destilação (Inox)	91	164	46	82	0,587	1,485
Envelhecimento (Inox)	90	225	45	113	0,581	1,453
+ Cabeça/Cauda (Inox)	103	256	51	128	0,660	1,651
1ª Destilação (Cobre)	150	346	75	173	0,968	2,229
2ª Destilação (Cobre)	106	193	53	96	0,680	1,720
Envelhecimento (Cobre)	104	261	52	131	0,673	1,682
+ Cabeça/Cauda (Cobre)	116	289	58	145	0,745	1,863

Apesar das perdas, a eficiência média final de todo o processo (alambique de cobre + alambique de aço-inoxidável) em litros álcool obtido por m³ de “licor” foi 11% superior à obtida por BRADDOCK (1999) que obteve 88,5L/m³, levando-se o “licor” para a mesma base em SST.

Além disso, o processo de fermentação poderia ser otimizado e geraria uma maior produção de álcool com o aumento no tempo deste processo (teria que ser estendido de 24h para 36-48h), mas levaria a um aumento nos custos de produção, além de provocar uma redução maior no valor de SST (necessidade de concentrar o resíduo – aumento no valor do investimento e dos custos operacionais).

Se todo “licor” gerado puder ser consumido e a relação custo operacional X preço do produto for compensatória, pode-se alterar este processo.

No envelhecimento, com a correção da graduação alcoólica para 40,0% (v/v) e maior perda de água que de etanol, houve um aumento no volume gerado de bebida.

Em processo industrial, é esperado um melhor desempenho dos destiladores, mesmo se construídos em aço-inoxidável. Vale ressaltar que o processo aqui proposto permite também a obtenção de álcool que pode ser usado como combustível, tendo como vantagens: a substituição parcial do óleo combustível usado nas caldeiras e secadores de CPP ou a venda para distribuidores ou, até, exportado, conforme destacado pelas editoras “WDS, na revista Opiniões de abril-maio/2004” e “Agra Informa Ltd., na revista F.O. Licht’s de 27/05/2004”. Outro aspecto importante do ponto de vista econômico é a possibilidade de ganhos com crédito de carbono, conforme estabelecido pelo protocolo de Quioto (1997).

A Figura 18 mostra como ficaria o processo proposto com a incorporação da produção de aguardente de “licor” de laranja ao processo tradicional de produção de CPP, considerando-se uma fábrica para 27,5 milhões de caixas de laranja processadas por ano e o aproveitamento de apenas parte do “licor” gerado.

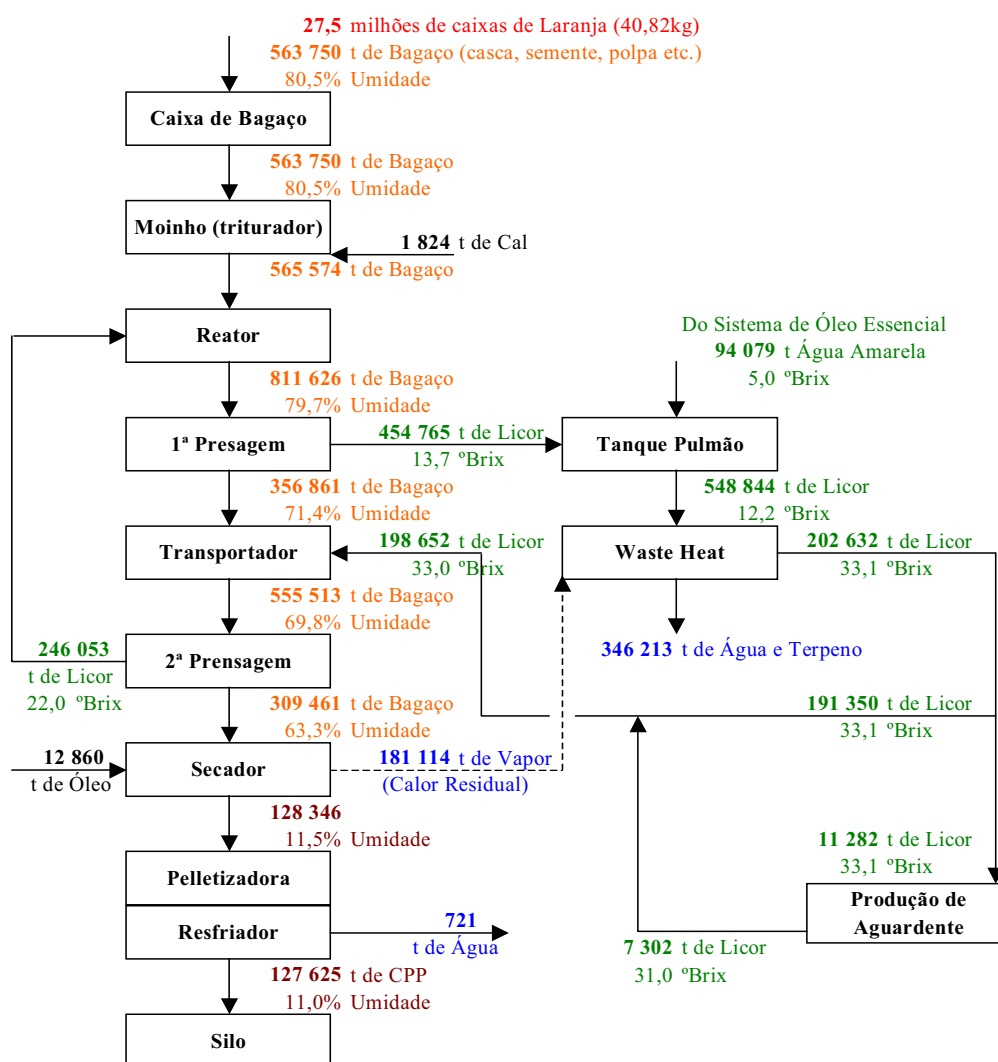


Figura 18 – Balanço mássico global proposto para produção de CPP e aguardente de “licor” de laranja

Se comparado com o processo tradicional das indústrias cítricas do interior do estado de São Paulo (2004), é esperada uma recuperação menor de 1.625t de CPP (preço de 60US\$/t ou 180R\$/t) pela conversão de açúcares em álcool, porém, por este mesmo motivo a massa a ser passada pelos secadores deve ser diminuída, levando a um consumo menor de óleo combustível de 166t (preço de 200US\$/t ou 600R\$/t). Assim, subtraindo-se a redução de custos com combustível da perda de CPP, o

incremento final de custo operacional será da ordem de R\$192.637,69/ano, conforme dados obtidos junto a indústrias do interior do estado de São Paulo (2004).

5.2.2. CUSTOS OPERACIONAIS

Os principais custos operacionais envolvidos no processo de obtenção da aguardente de “licor” de laranja, obtidos de empresas fabricantes de equipamentos para destilarias do interior do estado de São Paulo (2004), estão na Tabela 17.

Tabela 17 – Custos operacionais na produção da aguardente de “licor” de laranja

OPERAÇÃO				
Item	Parâmetro	R\$/ano	R\$/L	US\$/L
Mão de Obra	3 Operadores	52 650,00	0,022	0,007
Manutenção	---	100 000,00	0,042	0,014
Energia Elétrica	70kwh	30 306,64	0,013	0,004
Vapor	5t/h	577 428,80	0,241	0,080
Utilidades	---	150 000,00	0,063	0,021
Limpeza	NaOH à 3%	4 000,00	0,002	0,001
Ingredientes (sacarose)	5,5g/L	23 230,72	0,010	0,003
Insusmos (ác.sulfúrico)	2,26mL/L	5 640,65	0,002	0,001
Perda de CPP - Óleo	proc. trad.	192 637,69	0,080	0,027
Transporte FOB Santos	500km	208 186,12	0,087	0,029
Outros	---	30 000,00	0,013	0,004
Total	-	1 374 080,62	0,573	0,191

Com a possibilidade de exportação do produto, os custos foram feitos em Reais e em Dólares por litro de aguardente de “licor” de laranja produzido, considerando-se o ciclo de um ano. O maior custo operacional é o do vapor usado nos processos de destilação, representando 42% dos custos totais.

Se considerado o valor de venda de US\$1.04/L ou R\$3,12/L praticado em 2003 para a cachaça (ALICEWEB, 2004) verifica-se que os custos operacionais representam apenas pouco mais de 18% do valor do produto final. Isto reforça o potencial de mercado no exterior para a aguardente de “licor” de laranja, tanto em volume como em preço conforme Tabela 01.

A Tabela 18 mostra os custos relativos à logística para diferentes regiões. Estão incluídas despesas com frete (marítimo ou terrestre), aduana e seguros, os quais são comuns em processos de exportação de produtos.

Tabela 18 – Custos de logística para movimentação da aguardente de “licor” de laranja de Santos até o cliente final

LOGÍSTICA	(Custos do cliente: Santos => destino final)					
R\$/L	Frete	Aduana	Seguro	Total	US\$/L	
China	0,399	0,023	0,003	0,425	0,142	
Japão	0,372	0,023	0,003	0,398	0,133	
Argentina	0,201	0,023	0,003	0,227	0,076	
Chile	0,285	0,023	0,003	0,311	0,104	
Europa	0,171	0,023	0,003	0,197	0,066	
USA	0,285	0,023	0,003	0,311	0,104	
Média	0,286	0,023	0,003	0,311	0,104	

As variações de custos são devidas as rotas e as distâncias, chegando ao dobro para China em comparação com a Europa.

Apenas como dado adicional, pode-se verificar que dependendo do mercado e da modalidade de vendas praticada (FOB, CIF etc.), o custo total do produto para o cliente final, logística + preço de venda, pode variar de 1,10 a 1,18US\$/L. A este valor deve ser adicionada a carga tributária aplicável no país de destino, que para bebidas alcoólicas costuma ser relativamente alta. Assim, com o preço de venda final no varejo de 5 a 10US\$/L, é esperado que o engarrafador (possível comprador do produto) ainda tenha uma boa margem de contribuição.

A Figura 19 mostra que para o cliente final, os custos de logística têm um peso de 35% sobre o custo total do produto. Cabe ressaltar que se o transporte até Santos for retirado como custo operacional e acrescentado aos custos de logística, estes batem à marca dos 45%. Assim, opções de otimização podem ser obtidas, com a utilização de sistema granel em toda a cadeia, do qual as empresas cítricas já possuem vasta experiência e capacitação. Neste caso, o produto seria transportado em isotanques (*Iso tankers*) grau alimentício, construídos em aço inox, com capacidade para 25 a 26mil litros.

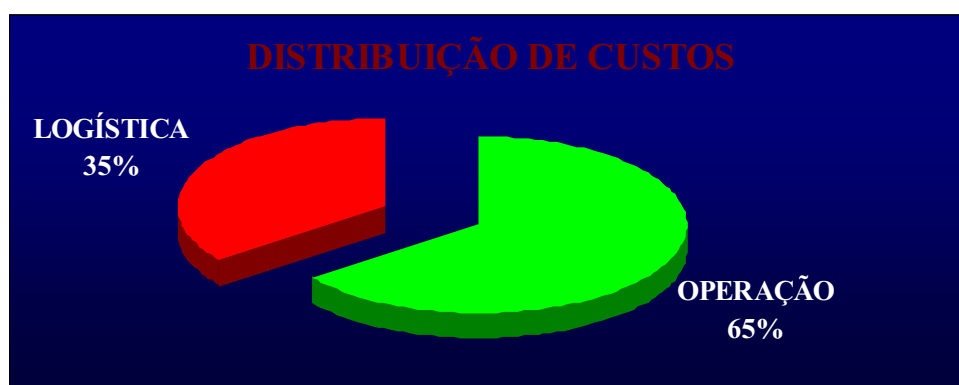


Figura 19 – Custos da aguardente de “licor” de laranja para o cliente final (operação X logística)

5.2.3. INVESTIMENTOS

A Tabela 19 mostra a opção de investimento que poderia usada nas instalações industriais para a produção da aguardente de “licor” de laranja, com os custos específicos.

Tabela 19 – Investimento necessário para a montagem das instalações para produção da aguardente de “licor” de laranja

TONÉIS					
Volume	L	204	681	5 247	10 413
Tempo de envelhecimento	mês	20,0	30,2	59,7	75,1
Tempo de envelhecimento	ano	1,7	2,5	5,0	6,3
Carvalho	R\$	360,00		10 200,00	16 800,00
Carvalho	R\$/L	1,76		1,94	1,61
Castanheira	R\$	344,00	900,00	3 000,00	5 000,00
Castanheira	R\$/L	1,69	1,32	0,57	0,48
Carvalho (tôneis)	un	23 528		915	461
Carvalho (investimento)	R\$	8 470 121,15		9 330 531,78	7 743 738,92
Carvalho (investimento)	US\$	2 823 373,72		3 110 177,26	2 581 246,31
Castanheira (tôneis)	un	23 528	7 048	915	461
Castanheira (investimento)	R\$	8 093 671,32	6 343 262,54	2 744 274,05	2 304 684,20
Castanheira (investimento)	US\$	2 697 890,44	2 114 420,85	914 758,02	768 228,07
BARRACÃO PARA TONÉIS					
Área	m ²	3 500			
Investimento	R\$	2 100 000,00			
Investimento	US\$	700 000,00			
DORNAS DE FERMENTAÇÃO + SISTEMA DE RESFRIAMENTO (INOX)					
Dornas	un	4			
Dornas	R\$/un	250 000,00			
Dornas (investimento)	R\$	1 000 000,00			
Dornas (investimento)	US\$	333 333,33			
COLUNA DE DESTILAÇÃO + RETIFICAÇÃO					
Investimento	R\$	324 000,00			
Investimento	US\$	108 000,00			
TANQUES EM INOX PARA DESTILADO/ENVELHECIDO (30m³)					
Tanque	un	2			
Tanque	R\$/un	75 000,00			
Tanque (investimento)	R\$	150 000,00			
Tanque (investimento)	US\$	50 000,00			
BOMBAS, TUBULAÇÕES, ACESSÓRIOS E INSTALAÇÃO					
Investimento	R\$	300 000,00			
Investimento	US\$	100 000,00			
INVESTIMENTO TOTAL					
Em Reais	R\$	12 344 121,15			
Em Dólares	US\$	4 114 707,05			
Conversão	US\$	3,00			

Apesar das várias opções de volumes de tonéis, foram considerados os de 204L e construídos em carvalho, mesmo porque os custos com os tonéis feitos em castanheira são muito próximos para este volume. Para tonéis com volumes maiores que 204L os custos daqueles construídos em carvalho são significativamente maiores do que daqueles construídos de castanheira.

Há, sem dúvida, oportunidades de melhoria, como o uso de tonéis de maior volume. Outra possibilidade é a redução no tempo de envelhecimento, porém, tratam-se de otimizações que são comuns em processos industriais e que ocorrem com ganho de capacitação e experiência.

Para o envelhecimento dos 2,4milhões de litros de aguardente de “licor” de laranja, serão necessários 23.528 tonéis, considerando-se o tempo de envelhecimento de 1,7 anos e a sazonalidade das indústrias cítricas.

Os dados de custos de equipamentos e instalações foram obtidos de empresas do ramo localizadas no interior do estado de São Paulo em 2004. Para a alocação dos mais de 23mil tonéis, seria necessária a construção de um galpão de envelhecimento com raques metálicas onde seriam acomodados 10 tonéis deitados em cada uma. Estas raques seriam do tipo transportáveis por empilhadeira e seriam necessárias 2.353 unidades distribuídas em uma área de 50m por 47m. Considerando-se a área para movimentação de empilhadeira, chega-se a uma área necessária de 3.500m^2 (70 x 50m). A alimentação dos tonéis seria feita por “mangotes” conectados às tubulações aéreas, conforme mostra a Figura 20.

As dornas de fermentação a serem usadas teriam um sistema de resfriamento para manter a temperatura dentro da faixa ótima de 27-32°C (LEA and PIGGOTT, 2003) de desenvolvimento das leveduras.

A coluna de destilação teria um sistema de retificação acoplado, conforme BRADDOCK (1999), para a separação, devolução e reutilização das frações cabeça e cauda na segunda destilação.

Seriam necessários dois tanques de aço-inoxidável para disposição dos destilados para alimentação dos tonéis. Estes mesmos tanques poderiam ser usados na coleta da bebida já envelhecida a ser carregada.

Os demais investimentos se referem às bombas, tubulações, acessórios e instalações. Foi considerado um valor de R\$3,00 para cada dólar americano. O maior investimento está na aquisição dos tonéis, representando mais de 65% do total.

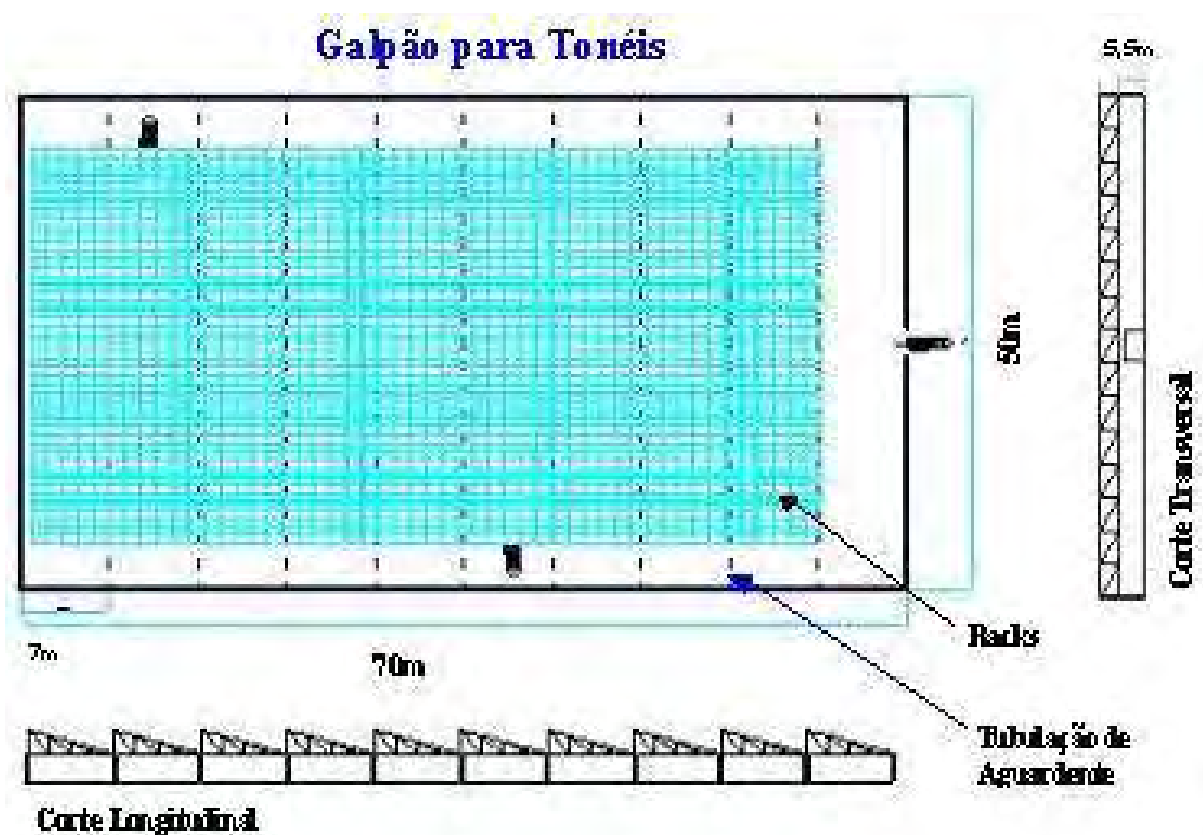


Figura 20 – Galpão para envelhecimento da aguardente de “licor” de laranja

Dos tonéis, a aguardente de “licor” de laranja envelhecida, seria transferida para um dos dois tanques de 30m^3 de capacidade, onde receberia a sacarose na proporção de $5,5\text{g/L}$ e daí seria carregada nos “isotâncos”, seguindo diretamente aos clientes finais que iriam engarrafar e comercializar o produto.

5.2.4. ANÁLISE DO INVESTIMENTO

Para a avaliação do investimento, foram utilizadas as ferramentas PB, VPL e TIR, conforme descrito por GITMAN (1997). Em todas estas análises a proposta para a produção de aguardente de “licor” de laranja se mostrou bastante interessante.

Os cálculos foram feitos a partir dos custos operacionais, dos valores de investimentos e dos valores de receita de venda da bebida, considerando-se a produção de 2,4 milhões de litros em uma indústria cítrica com capacidade para processamento de 27,5 milhões de caixas anuais e com o aproveitamento de apenas uma parte do “licor” gerado.

Payback (PB) = Investimento / Fluxo de Caixa (cálculo simples, não considera o valor do dinheiro no tempo):

(+) Receita = 2.400.000L x 1,04US\$ x 3,00R\$ = R\$7.488.000,00

(-) Custo Operacional = R\$1.374.080,62 (Tabela 17)

(=) Caixa Gerado = R\$6.113.919,38

Investimento = R\$12.344.121,15 (Tabela 19)

PB = 2,02 anos para retornar o valor investido.

Valor Presente Líquido (VPL)

Ano	1	2	3	4	5	Total
Receitas	0,00	7.488.000,00	7.488.000,00	7.488.000,00	7.488.000,00	29.952.000,00
Custos	(1.374.080,62)	(1.511.488,68)	(1.662.637,55)	(1.828.901,30)	(2.011.791,43)	(8.388.899,58)
Caixa Gerado	(1.374.080,62)	(5.976.511,32)	5.825.362,45	5.659.098,70	5.476.208,57	21.563.100,42
Valor Presente	(1.184.552,26)	(4.441.521,49)	3.732.063,16	3.125.469,83	2.607.294,17	12.721.796,40

Taxa de juros do mercado (CDI 2004) = 16,00%a.a.

Investimento = R\$12.344.121,15 (Tabela 19)

VPL = R\$377.675,24, ou seja, VPL > 0 => projeto aprovado.

Taxa Interna de Retorno (TIR)

Ano	0	1	2	3	4	5	Total
Receitas	0,00	0,00	7.488.000,00	7.488.000,00	7.488.000,00	7.488.000,00	29.952.000,00
Custos	0,00	(1.374.080,62)	(1.511.488,68)	(1.662.637,55)	(1.828.901,30)	(2.011.791,43)	(8.388.899,58)
Investimento	(12.344.121,15)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.218.979,26

Taxa de juros do mercado (CDI 2004) = 16,00%a.a.

Investimento = R\$12.344.121,15 (Tabela 19)

TIR = 17,01%, ou seja, TIR > taxa => projeto aprovado. Com spread de 1,01%.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que a aguardente de “licor” de laranja pode ser considerada uma boa opção de um novo subproduto desenvolvido para a indústria cítrica, apresentando uma boa margem de contribuição e retorno de investimento.

Com a utilização do processo de re-destilação e do envelhecimento em tonéis de madeira, a bebida obtida apresentou características físicas, químicas e sensoriais, compatíveis com as exigências do mercado internacional e com a legislação brasileira.

A avaliação de mercado mostrou claramente o grande potencial para a comercialização deste produto, em especial no exterior, onde se observou excelentes oportunidades de negócio para novas bebidas, tanto em volume de vendas como em preço.

O processo proposto permitiu o reaproveitamento dos resíduos gerados na destilação sem grandes incrementos nos custos de produção para as indústrias cítricas, além de ter possibilitado um pequeno aumento do teor de proteínas do CPP. A otimização do processo proposto poderá ainda ser obtida em função do comportamento do mercado com relação aos preços praticados para o CPP, álcool combustível e para a aguardente de “licor” de laranja.

A comparação entre os dois tipos de equipamentos de destilação utilizados (alambique de cobre e alambique de aço-inoxidável) e entre os dois tipos de madeira usados nos tonéis para envelhecimento (castanheira do Pará e carvalho), mostrou não haver diferença significativa entre eles, possibilitando uma grande flexibilidade do processo de produção da aguardente de “licor” de laranja.

A avaliação do investimento mostrou a viabilidade técnico-econômica na produção da aguardente de “licor” de laranja, mesmo com o aproveitamento de apenas uma pequena parte do “licor” gerado dentro de uma indústria cítrica de médio a grande porte. O retorno do investimento é de curto prazo, mesmo na opção de pequena escala em um processo racionalmente instalado. Cabe destacar que em função do mercado, ou seja, demanda e preços, mesmo todo o “licor” gerado na indústria poderia ser aproveitado na produção da aguardente de “licor” de laranja. Neste caso, por exemplo, em uma indústria com capacidade de processamento de 27,5 milhões de caixas de laranja, isto poderia representar um aumento de mais de 15 vezes no volume inicial de aguardente produzido. Considerando-se que com estes possíveis aumentos, os custos operacionais e de investimentos podem ser otimizados, a viabilidade da adoção desse processo pela indústria cítrica poderia se tornar ainda mais vantajosa com o retorno de investimento em um tempo ainda menor.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALICEWEB. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. Consulta à Internet feita em 26/02/2004: <http://alicesweb.mdic.gov.br>.

AOAC. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Gaithersburg-USA: AOAC International, 2000. v.2, p.26(1)-44(6).

BALDWIN, S.; ANDREASEN, A.A. *Congener development in bourbon whisky matured at various proofs for twelve years*. *Alcoholic Beverages. J.AOAC.* v.57, 1974. p.940-950.

BOZA, Y.; HORII, J. *A destilação na obtenção de aguardente de cana-de-açúcar*. *Bol. SBCta.* V.33, n.1, 98-105, 1999.

BRADDOCK, R.J. *Handbook of Citrus By-Products and Processing Technology*. Lake Alfred-USA: University of Florida, John Wiley & Sons, 1999. 247p.

BRAGA, R. *Fundamentos e Técnicas de Administração Financeira*. São Paulo: Atlas, 1995. p.253-340.

BRASIL. Decreto nº 2314, 4 set. 1997. Regulamenta a Lei nº 8918 de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.

BRASIL. Decreto nº 3510, 16 jun. 2000. Altera dispositivos do Regulamento aprovado pelo Decreto no 2.314, de 4 de setembro de 1997, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.

CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. *Modificações físico-químicas e sensoriais de aguardentes de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (Quercus alba L.)*. *B. CEPPA, Curitiba*, v.15, n.2, 1997. p.1-100.

CARDOSO, D.R.; ANDRADE-SOBRINHO, L.G.; BOSCOLO, M.; LIMA-NETO, B.S.; FRANCO, D.W. A rapid and sensitive method for dimethylsulfide analysis in brazilian sugar cane spirits and rum. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v.15, n.2, p.277-281, 2004.

CARDOSO, M.G. *Produção de Aguardente de cana-de-açúcar*. Lavras: Editora UFLA, 2001. 264p.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. *Análise de Investimentos*. São Paulo: Atlas, 1994. p.103-137.

DIAS, S.; MAIA, A.; NELSON, D. *Efeito de diferentes madeiras sobre a composição da aguardente de cana envelhecida*. *Cienc. Tecnol. Alim.*, v.18, n.3, 1998. p.331-334.

EDITORA WDS. *A Estratégia Brasileira para o Mercado Mundial de Álcool Combustível*. Revista Opiniões. Ribeirão Preto: Editora WDS Ltda: v.abril-maio, 2004. p.7-9.

FARIA, J.B. *A influência do cobre na qualidade das aguardentes de cana (Saccharum officinarum, L.)*. São Paulo, 1989. 93p. Dissertação (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP.

FARIA, J.B.; FERREIRA, V.; LOPEZ, R.; CACHO, J. *The sensory characteristic defect of “cachaça” distilled in absence of copper*. Rev. Alim. Nutr., Araraquara, v.14, n.1, p.1-7, 2003.

FARIA, J.B.; FRANCO, D.W.; PIGGOTT, J.R. *The Quality Challenge: Cachaça for Export in the 21st Century*. In PRICE, J.H.; STUART G.G. *Distilled Spirits Tradition and Innovation*. Nottingham-UK: Nottingham University Press, 2004. p.215-221.

FARIA, J.B.; FRANCO, D.W.; CARDELLO, H.M.A.B., BÔSCOLO M., LIMA NETO, B.S. *Avaliação sensorial de aguardente de cana (Saccharum officinarum L.) durante o envelhecimento em tonéis de carvalho (Quercus sp)*. Rev. Bras.Anal.Alim., v.1, p.7-14, 1995.

F.O. Licht's. *World Ethanol and Biofuels Report*. F.O. Licht. Tunbridge Wells – England: Agra Informa: v.2, nº18, 2004. p.339-356.

GITMAN, L.J. *Princípios de Administração Financeira*. São Paulo: Editora Harbra, 1997. p.100-378.

GOMES, F.P. *Estatística Experimental*. Piracicaba: Universidade de São Paulo (ESALQ), 1976. p.7-104.

INSTITUTO Adolfo Lutz. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos*. Ed. São Paulo, 1985. v.1, p.27-361.

KESTERSON, J.W.; BRADDOCK, R.J. *By-Products and Specialty Products of Florida Citrus*. Gainesville-USA: University of Florida, 1976. 119p.

KIMBALL, D.A. *Citrus Processing: A Complete Guide*. Gaithersburg-USA: Aspen Publishers, 1999. 450p.

LEA, A.G.H.; PIGGOTT, J.R. *Fermented Beverage Production*. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003. p.263-363.

LIMA, U.A. *Aguardente: fabricação em pequenas destilarias*. Piracicaba: FEALQ, 1999. 187p.

MARCELLINI, P.S. *Análise descritiva quantitativa de aguardentes de cana (Saccharum spp) comerciais e destiladas em alambiques de cobre e aço-inoxidável*. Araraquara, 2000. 77p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP.

MIRANDA, M.P.; DANTAS, V.P.; DEL CORAL, F.S. *Grau alcoólico e níveis de metanol em aguardentes do comércio (no estado da Bahia)*. Bol. SBCta, v.26, 1992. p.104-107.

MONTES, A.L. *Microbiologia de los Alimentos*. São Paulo: Editora Resenha Universitária, 1977. v.2, p.215-242.

MORI, F.A.; MENDES, L.M.; TRUGILHO, P.F.; CARDOSO, M.G. Utilização de eucaliptos e de madeiras nativas no armazenamento da aguardente de cana-de-açúcar. *Cienc. Tecnol. Aliment.* Campinas: v.23(3), p.396-400, 2003.

MURTA, R.O. *Incoterms 1990*. São Paulo: Edições Aduaneiras Ltda., 1990. 259p.

NAGATO, L.A.F.; NOVAES, F.V.; PENTEADO, M.D.V.C. *Carbamato de Etila em Bebidas Alcoólicas*. *Ciênc. e Tecnol. Aliment.* Campinas: v.37(1), p.40-47, 2003.

NYKANEN, L.; NYKANEN, I. Flavor of foods and beverages. *Distilled Beverages*. 1994. p.547-580.

PIGGOTT, J.R.; CONNER, J.M.; PATERSON, A. CLYNE, J. *Effects on scotch whisky composition and flavor of maturation in oak casks with varying histories*. *Int. J. Food Sci. Technol.* V.28, 1993. p.303-318.

PROTOCOLO DE QUIOTO. Convenção sobre mudança do Clima. ONU – Organização das Nações Unidas. Quioto-Japão, 1997. 30p.

REDD, J.; HENDRIX, C.M.; HENDRIX, D.L. *Quality Control for Citrus Processing Plants*. Safety Harbor-USA: Intercit Inc., 1986. 250p.

ROÇAFA JR., H.; PADOVAN, F.C.; FARIA, J.B. *Obtenção de uma bebida fermento-destilada a partir do "licor" de laranja*. *Alimentos e Nutrição*. Araraquara: v.15 n.2, (no prelo), 2004.

SEBRAE. Exportar e Importar: acredite nesta idéia. São Paulo: SEBRAE, sd. 111p.

SHOENEMAN, R.L.; DYER, R.H.; EARL, E.M. *Analytical profile of straight bourbon whiskies*. *Alcoholic Beverages*. J.AOAC. v.54, 1971. p.1247-1261.

SINGLETON, V.L. *Maturation of wines and spirits: comparisons, fact and hypotheses*. *Am. Soc. Chem.* V.46, 1995. p.98-115.

STANDARD METHODS. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington-USA: American Public Health Association, 1998. p.2(1)-5(19).

SUOMALAINEN, H.; LEHTONEN, M. *The production of aroma compounds by yeast*. *J. Inst. Brew.* V. 85, p. 149-156, 1979.

TETRA PAK. *The Orange Book*. Lund-Sweden: Tetra Pak Processing System AB, 1998. 206p.

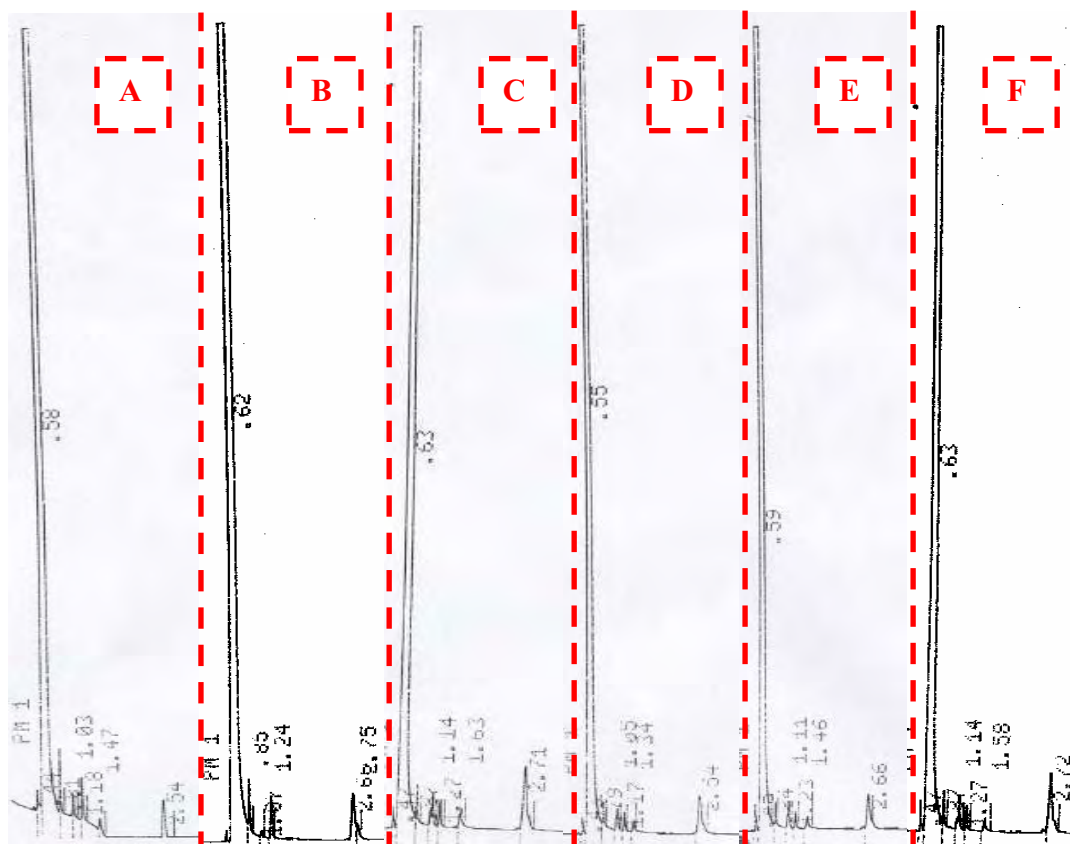
VARGAS, E.; GLÓRIA, M.B. *Qualidade da aguardente produzida e comercialização das aguardentes do estado de Minas Gerais*. *Cienc. Tecnol. de Aliment.*, v.15, 1995. p.43-46.

WITHERS, S.J.; PIGGOTT, J.R.; CONNER, J.M.; PATERSON, A. *Comparison of scotch malt whisky maturation in oak miniature casks and American standard barrels*. *J. Inst. Brew.*, v.101, 1995. p.359-364.

YOKOYA, F. *Fabricação de aguardente de cana*. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisa e Tecnologia André Tosello, 1995. 92p.

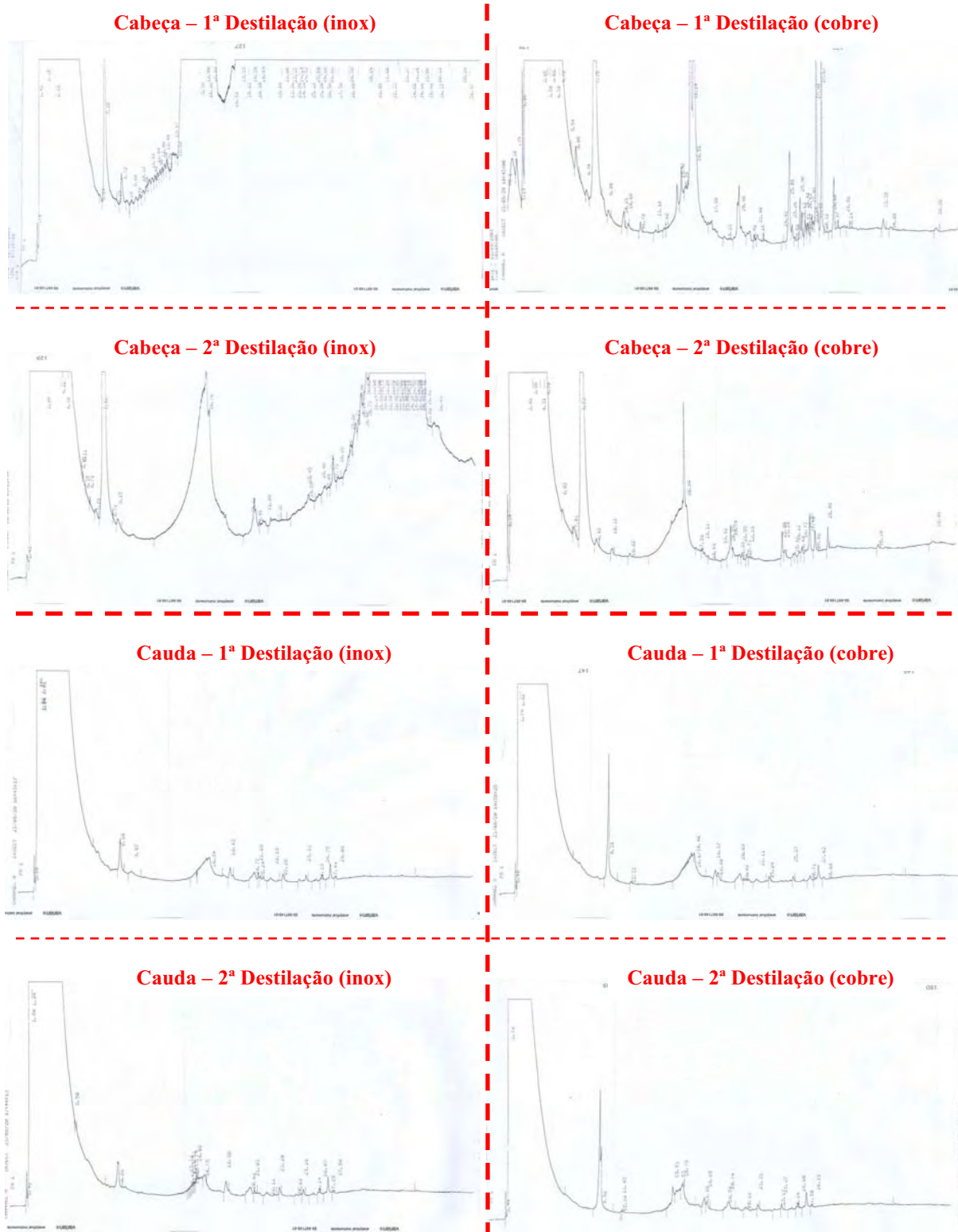
ANEXOS

Anexo I – Cromatogramas das amostras de aguardente e de cachaça



- A-** Amostra de cachaça tradicional envelhecida vendida no varejo (marca “X”)
- B-** Amostra de cachaça tradicional envelhecida vendida no varejo (marca “Y”)
- C-** Amostra de aguardente de “licor” de laranja destilada em alambique de cobre e envelhecida em tonéis de carvalho
- D-** Amostra de aguardente de “licor” de laranja destilada em alambique de inox e envelhecida em tonéis de carvalho
- E-** Amostra de aguardente de “licor” de laranja destilada em alambique de cobre e envelhecida em tonéis de castanheira do Pará
- F-** Amostra de aguardente de “licor” de laranja destilada em alambique de inox e envelhecida em tonéis de castanheira do Pará

Anexo III – Cromatogramas das frações cabeça e cauda



Anexo IV – Resultados da avaliação sensorial (valores médios para Impressão Global)

Provedor	Cobre Castanheira	Inox Castanheira	Cobre Carvalho	Inox Carvalho	Soma
P1	6,3	4,3	6,0	5,3	22,0
P2	5,0	4,7	5,0	6,3	21,0
P3	3,3	3,3	5,3	3,7	15,7
P4	6,7	8,0	8,7	7,3	30,7
P5	4,3	5,0	5,0	5,3	19,7
P6	4,7	3,3	3,3	4,0	15,3
P7	5,7	6,0	6,3	6,7	24,7
P8	8,7	8,0	7,3	6,7	30,7
P9	5,7	6,3	6,0	6,7	24,7
P10	7,0	7,0	6,7	7,7	28,3
P11	6,0	6,7	6,7	6,0	25,3
P12	5,0	5,0	5,0	5,0	20,0
P13	6,0	4,7	5,7	4,7	21,0
P14	5,7	5,7	6,7	6,0	24,0
P15	7,0	6,7	8,0	5,7	27,3
P16	5,0	5,7	5,7	5,3	21,7
P17	8,3	9,0	8,0	8,7	34,0
P18	7,7	6,3	5,0	7,0	26,0
P19	8,7	8,3	6,3	7,3	30,7
P20	8,3	6,3	6,7	4,3	25,7
P21	6,0	4,7	6,0	5,3	22,0
P22	4,0	4,7	4,0	5,0	17,7
P23	7,7	6,0	5,7	5,7	25,0
P24	6,0	5,3	7,0	6,0	24,3
P25	7,7	6,3	8,0	7,7	29,7
P26	9,0	7,3	6,3	6,3	29,0
P27	8,3	8,7	8,3	8,7	34,0
P28	8,0	5,7	5,3	9,0	28,0
P29	5,0	3,7	5,7	4,3	18,7
P30	8,3	8,7	8,7	8,0	33,7
TOTAL	195,0	181,3	188,3	185,7	750,3
MÉDIA	6,50	6,04	6,28	6,19	25,01

**ANOVA 4amostras
não significativo**

Qtd de Provedores 30

Fator de Correção 4691,67

SQ Amostras: 3,28

SQ Provedor: 197,25

SQ Totais 258,00

Valor de F	GLamostras	3
tabelado:	GLresíduo	87

C.V.	G. L.	SQ	QM	F
Amostras	3	3,28	1,09	1,65
Provedores	29	197,25	6,80	10,30
Residuo	87	57,47	0,66	
Total	119	258,00		

Figura 33 F está entre **2,68 e 2,76** (maior que o calculado)

Conclusão: Como o F calculado para as amostras é menor que o F tabelado, podemos afirmar que não existe diferença significativa entre as amostras analisadas, aos níveis de significância testados.

O mesmo procedimento acima foi usado para a avaliação de sabor e aroma. Em todos, os valores de “F” calculado para as amostras foi menor que o valor de “F” tabelado. Assim, pode-se afirmar que não existe diferença significativa entre as amostras analisadas, ao nível de significância testado.

Anexo V – Limites unilaterais de F ao nível de 5% de probabilidade ($F > 1$)

$n_1 \backslash n_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9	243,0
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,40
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,76
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,93
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,70
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,60
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,31
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,10
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,94
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,82
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,72
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,63
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,56
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,51
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,45
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,41
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,37
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,34
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,31
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,28
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,26
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,24
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,22
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,20
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,18
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,16
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,15
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,14
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,12
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,04
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,95
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91	1,86
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,79

Fonte: GOMES (1976)