



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

HEDILBERTO DE OLIVEIRA ALVES

**OBTENÇÃO E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO DESTILADO ALCOÓLICO DA
CAJARANA (*Spondias sp*) NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

**PATOS – PB
JULHO – 2011**

HEDILBERTO DE OLIVEIRA ALVES

**OBTENÇÃO E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO DESTILADO ALCOÓLICO DA
CAJARANA (*Spondias sp*) NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande no CSTR – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, na área de Ecologia, manejo e utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Ednaldo Queiroga de Lima
Coorientadora: Prof^a. Dr^a Elisabeth de Oliveira

**PATOS – PB
JULHO – 2011**

FICHA CATALOGRÁFICA

A474o

Alves, Hedilberto de Oliveira

OBTENÇÃO E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO
DESTILADÓ ALCOÓLICO DA CAJARANA (*Spondias sp*),
NO SEMIÁRIDO PARAIBANO/Hedilberto de Oliveira Alves.-
Patos-PB , 2011

73 fls. il.

Orientador: Dr. Ednaldo Queiroga de Lima
Universidade Federal de Campina Grande
Mestrado em Ciências Florestais

1. *Spondias sp*. 2. *Saccharomyces cerevisiae*.
3. Fermentação. 4. Destilação

CDU: 91(047)

HEDILBERTO DE OLIVEIRA ALVES

**OBTENÇÃO E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO DESTILADO ALCOÓLICO DA
CAJARANA (*Spondias sp*) NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Dissertação aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS – Área de concentração: Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais.

APROVADA em 15/07/ 2011

**Prof. Dr. Ednaldo Queiroga de Lima
UFCG – Orientador**

**Profa. Dra. Liana Clébia Soares Lima de Moraes
UFPB – 1º Examinador**

**Profa. Dra. Assiria Maria Ferreira da Nóbrega
UFCG – 2º Examinador**

Dedicatória

Aos meus pais, José Alves Sobrinho (*In memoriam*) e Marizete Escarião de Oliveira Alves, por não medirem esforços para me proporcionar educação de qualidade, não apenas na escola, mas também no seio familiar. Ao meu Tio Gilberto Alves de Melo, pelas orientações dadas desde a infância até os dias atuais.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que sempre esteve comigo em todas as etapas da vida

À minha esposa, Érica Surama Ribeiro César Alves e filhos, Arthur César Alves, Fernanda César Alves e Caio César Alves, que sempre compreenderam os momentos em que não foi possível estar presente, mas que mesmo a distância, meu pensamento estava e está com eles.

Aos meus tios e familiares mais próximos, que sempre estiveram ao meu lado, aos meus irmãos, primos e primas, por me tratarem muito bem, com respeito e bastante diálogo.

Ao Centro de Ciências de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal da Campina Grande, que me acolheu, onde tenho enriquecido meus conhecimentos, proporcionando condições adequadas para a realização de minhas atividades e pesquisas.

Ao meu orientador, Pesquisador Prof. Dr. Ednaldo Queiroga de Lima, que acreditou em mim; a Prof. Dra. Ivonete Bakke, que me deu apoio no momento de ingresso na pós-graduação e tem sido bastante compreensiva. Pessoas muito simples e de altíssima capacidade intelectual, retidão de caráter, ética e a tranquilidade de um verdadeiro educador.

À minha co-orientadora, Prof. Dra. Elisabeth de Oliveira, pela dedicação da sua vida ao ensino, pesquisa e formação de profissionais na área de Engenharia Florestal. Pela transparência, honestidade, paciência, amizade e pela capacidade de indagar sobre a acomodação e o incorreto.

Ao Prof. Dr. Onaldo Rodrigues Guedes, pelo apoio nas correções, proporcionando uma melhor qualidade em minha dissertação; aos Professores e Doutores Fernando Zanella e Olaf Bakke, por nos proporcionar boas e dedicadas aulas, sempre dinâmicas e recheadas de conhecimento.

Aos professores, do curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, que tiveram a boa vontade de transmitir conhecimento, com qualidade e seriedade, além se apresentarem como exemplos, durante este estágio da minha vida.

Aos Colégios Cristo Rei e GEO Patos, pelo apoio e compreensão, quando tive que me ausentar do trabalho para cumprir tarefas referentes à pesquisa e à dissertação.

Ao meu amigo e colega de profissão Ítalo Campos G. de Moraes; ao Engenheiro Químico Ricardo Xavier e ao Prof. Dr. Alberto B. Torres Neto, que não mediram esforços e contribuíram para que essa pesquisa fosse realizada com sucesso.

E não podia esquecer os (as) aluno (as), que sempre compreenderam quando, mesmo de coração partido, não tive como dar o apoio de que eles necessitavam.

ALVES, Hedilberto de Oliveira. **OBTENÇÃO E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO DESTILADO ALCOÓLICO DA CAJARANA (*Spondias sp*), NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**. 2011. 73p Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFMG, Patos-PB. (Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais) 2011.

RESUMO

O processo de fabricação de bebidas fermentadas e/ou destiladas segue a história da humanidade desde o antigo Egito até os dias de hoje. No Brasil, ela chegou junto com os engenhos de cana-de-açúcar e os escravos. Produção de aguardentes de frutas é um processo mais recente, com um mercado aberto a ser explorado, porém requer muito estudo de viabilização. Este trabalho teve como objetivo produzir e consequente análise físico-química do destilado alcoólico dos frutos de *Spondias sp*. O estudo foi realizado na UFGG – Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Patos-PB. Os frutos foram coletados no município de Santa Terezinha - PB, no Sítio Lajedo. A análise físico-química da fruta foi realizada no Departamento de Tecnologia Química e de Alimentos, Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UFPB. Foram coletados 36,85 kg de cajarana e produzido 1100 mL (869 g) de destilado alcoólico, com rendimento de 2,36 %; a cajarana usada para este estudo apresenta °brix igual a 11,02. Esse ocorre com o pH (2,74), sendo necessário fazer a correção do pH, para 4,5. Durante o processo de produção do destilado alcoólico, foi realizada a fermentação em dornas de aço com capacidade para 30 litros, usando fermento comercial da marca Fleischman, contendo leveduras da linhagem *Saccharomyces cerevisiae*, acompanhada por uma cinética de fermentação. Após 24 horas a fermentação não se completou, parando em 2,5 °brix, mesmo assim foi realizada a destilação do vinho em alambique de cobre; o destilado apresentou teor alcoólico de 28,94 °GL abaixo do permitido pela legislação; o destilado alcoólico apresentou alta concentração de cobre e metanol, a acidez volátil e o teor de álcoois superiores ficaram acima do permitido enquanto que os demais componentes estão de acordo com a legislação. Para as análises, for usada a metodologia do MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O destilado alcoólico de cajarana, passando por um estudo de otimização, pode se tornar um produto de grande aceitação no mercado.

Palavras-chave: *Spondias sp*; *Saccharomyces cerevisiae*, Fermentação; Destilação.

ALVES, Hedilberto de Oliveira. **THE PHYSICAL-CHEMISTRY OBTAINMENT AND EVALUATION OF DISTILLED ALCOHOLIC ORGANIC CAJARANA (*Spondias sp*), IN THE CENTRAL SEMIARID OF PARAIBA.** Master's dissertation in Forest Science. CSTR / UFCG, Patos, PB, 2011. 73p. (Dissertation - Master in Forest Science) 2011.

ABSTRACT

The manufacturing process of fermented and / or distilled beverages follows the history of mankind from ancient Egypt to the present day. In Brazil, it came along with the mills for sugar cane and slaves. The production of fruit rum is a more recent, with an open market to be exploited, but it requires a lot of feasibility study. This study aimed to produce and make a physical-chemical analysis of the alcoholic distillate from the fruits of *Spondias sp*. The study was conducted in UFCG - Federal University of Campina Grande - Campus of Patos-PB. The fruits were collected in the municipality of Santa Teresinha - PB in Lajedo farm. The physical-chemical analysis of the fruit was done at the Department of Chemical and Food Technology, Laboratory of Food Technology of the UFPB. We collected 36.85 kilograms of cajarana and produced 1100 ml (869 g) of distilled alcohol, with a yield of 2.36%, the cajarana used for this study is 11.02 brix°. This occurs at the pH of 2.74, making it necessary to make the correction of the pH to 4.5. During the production of the distilled beverage, the alcoholic fermentation took place in steel vats with a capacity of 30 liters, using the yeast trade mark Fleischman, containing *Saccharomyces cerevisiae* yeast strain, accompanied by fermentation kinetics. After 24 hours the fermentation was not complete, stopping at 2.5 brix°, there still was wine distillation in copper stills, the distillate has an alcohol content of 28.94 ° GL below the allowed by law, the alcoholic distillate showed high concentration of copper and methanol, the volatile acidity and content of higher alcohols were higher than allowed while the other components are in accordance with the law. For analysis, the methodology used was MAPA - Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. The distillate alcoholic of cajarana, through an optimization study can become a product of great acceptance in the market.

Keywords: *Spondias sp*, *Saccharomyces cerevisiae*, fermentation, distillation.

LISTA DE FIGURA

FIGURA 1	– Fórmula estrutural do ácido acético.....	35
FIGURA 2	– Fórmula estrutural do aldeído acético.....	35
FIGURA 3	– Fórmula estrutural do etanoato de etila.....	36
FIGURA 4	– Fórmula do metanol.....	36
FIGURA 5	– Fórmulas estruturais dos álcoois isoamílico, propílico e isobutílico.....	37
FIGURA 6	– Fórmula estrutural do carbamato de etila.....	37
FIGURA 7	– Sítio Lajedo e cajaraneira com a fruta da cajarana em estado de maturação.....	40
FIGURA 8	– Seleção, lavagem logo após a desinfecção com solução de hipoclorito de sódio e acondicionamento dos frutos em freezer horizontal.....	41
FIGURA 9	– Polpa da cajarana.....	42
FIGURA 10	– Fluxograma da produção de aguardente até a análise final.....	44
FIGURA 11	– Preparo do pé de cuba e do mosto fermentável em dorna de aço, capacidade para 30 litros de mosto.....	45
FIGURA 12	– Equipamentos utilizados para as análises do teor alcoólico, densímetro ANTON PAAR (a), acidez, titulador METTLER TOLEDO (b) e teor de cobre e arsênio, espectrômetro EAA-001(c).....	49
FIGURA 13	– Cromatógrafos utilizados para as análises de aldeídos, ésteres, álcoois superiores (a) e carbamato de etila (b).....	50
FIGURA 14	– Cajarana centrifugada.....	60

LISTA DE TABELAS E QUADROS

QUADRO 1 – Itens e tolerância para composição físico-química da aguardente certificada de acordo com BRASIL (2005).....	34
TABELA 1 – Análises físico-químicas da polpa de cajarana.....	51
TABELA 2 – Análise do °Brix, teor alcoólico, pH e acidez, durante o processo de fermentação.....	53
TABELA 3 – Valores de pH e acidez em processos de fermentação, da cajarana, do caju e da uva.....	55
TABELA 4 – Dados gerados pelo software Graphpad Prism, para o teste correlação de PEARSON.....	56
TABELA 5 – Dados analíticos comparativos para aguardentes de cajarana, de jabuticaba e de cana-de-açúcar.....	58

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** – Resultados do ° Brix, °GL, pH e acidez em função do tempo (h), obtido pela cinética de fermentação..... 54
- Gráfico 2** – Correlação de Pearson para o °brix e teor alcoólico..... 56

LISTA DE SIGLAS

Abrabe – Associação Brasileira de Bebidas.

Cepa – é um grupo ou linhagem de um agente infeccioso, de ascendência conhecida, compreendida dentro de uma espécie e que se caracteriza por alguma propriedade biológica e/ou fisiológica.

°GL

(Gay-Lussac) – Determina, em volume, a percentagem de álcool em uma bebida.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

°BRIX – corresponde ao teor de sólidos solúveis num suco ou caldo.

PBDAC – Programa Brasileiro de Desenvolvimento da Aguardente de Cana, Caninha e Cachaça.

Pé-de-cuba – preparo do fermento para ser adicionado ao suco ou ao caldo a ser fermentado.

RAC – Regulamento de Avaliação da Conformidade da Cachaça.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Bioma Caatinga e seu potencial arborístico.....	19
2.2 História da cachaça e aguardente.....	19
2.3 Produção de destilados alcoólicos.....	21
2.4 Spondias.....	24
2.4.1 A cajarana	25
2.4.2 Pectina e pectinesterase.....	25
2.5 Etapas de produção do destilado alcoólico.....	26
2.5.1 Despoldamento do fruto.....	26
2.5.2 Processo de fermentação.....	27
2.5.2.1 Leveduras.....	27
2.5.2.2 Preparo do mosto.....	29
2.5.2.3 Fermentação.....	29
2.5.3 Destilação.....	31
2.6 Análises do destilado alcoólico.....	33
2.6.1 Análise físico-química.....	33
2.6.1.1 Acidez.....	34
2.6.1.2 Aldeídos.....	35
2.6.1.3 Ésteres.....	35
2.6.1.4 Metanol.....	36
2.6.1.5 Álcoois superiores.....	36
2.6.1.6 Carbamato de etila.....	37
2.6.1.7 Teor de cobre.....	37
2.6.2 Análise cromatográfica.....	38
3 METODOLOGIA	40
3.1 Caracterização da área de coleta do fruto.....	40
3.2 Coleta dos frutos.....	40
3.3 Preparo da amostra.....	41
3.4 Armazenamento da cajarana.....	41
3.5 Preparo da polpa.....	42
3.6 Centrifugação da polpa.....	42
3.7 Análises do fruto.....	43
3.7.1 Análises físicas e físico-químicas.....	43
3.8 Local da realização do experimento.....	43
3.9 Produção do destilado de cajarana (<i>Spondias sp</i>).....	43
3.9.1 Fermentação.....	45
3.9.1.1 Cinética de fermentação.....	46
3.10 Destilação.....	47
3.11 Análise físico-química do destilado alcoólico.....	48
3.12 Cromatografia.....	49
3.13 Análise dos dados.....	50

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 Análise física e físico-química do fruto.....	51
4.2 Despolpamento.....	51
4.3 Centrifugação da polpa.....	52
4.4 Cinética de fermentação.....	52
4.4.1 Análise físico-química da fermentação.....	55
4.4.2 Análise estatística.....	55
4.5 Destilação.....	57
4.6 Análises físico-químicas do destilado.....	57
4.6.1 Teor alcoólico.....	58
4.6.2 Concentração de furfural; carbamato de etila e arsênio.....	59
4.6.3 Metanol.....	60
4.6.4 Ésteres totais.....	60
4.6.5 Aldeídos.....	61
4.6.6 Álcoois superiores.....	61
4.6.7 Acidez volátil.....	62
4.6.8 Concentração de cobre.....	62
5 CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

A história das bebidas alcoólicas caminha lado a lado com a história da química, pois se tem relatos do processo de fermentação no Egito antigo, quando os mesmos inalavam vapores aromatizantes e fermentados. Os artesãos já trabalhavam processos de fermentação e destilação, mas faziam tudo empiricamente – suas “artes químicas” eram um conjunto de receitas práticas. Essas e outras artes populares se ampliam graças a Alquimia, que é um misto de ciência, religião e magia, que vem da fusão de conhecimentos gregos e orientais. Na Itália, se produz a Grappa, um destilado de uva; na Alemanha, o Kirsch, um destilado de cereja; na Escócia, o Whisky, destilado de cevada sacrificada; em Portugal, a Bagaceira, destilado a partir do bagaço de uva (FERNANDES; OLIVEIRA, 2010).

Nos engenhos das Capitâneas, bebidas alcoólicas eram servidas para os animais e escravos, com a finalidade de curar doença e deixá-los mais dóceis, um vinho de cana-de-açúcar vinda dos tachos de rapadura, tal caldo era chamado de Cagaça e, futuramente, de Cachaça, pois a mesma era usada para amolecer a carne de porco, que era chamado de “cachaço” (http://www.alambiquedacachaca.com.br/cachaca_historia.php).

A cana-de-açúcar é a principal matéria-prima para a produção de cachaça no Brasil, porém a “cachaça” pode ser produzida a partir de qualquer planta ou fruto rico em sacarose (açúcar), frutose, glicose, celulose, entre outros. Sendo a cajarana (*Spondias sp*), um fruto rico em açúcar (frutose), dela também pode se produzir um destilado alcoólico por processo de fermentação. Entretanto o que confere ao destilado alcoólico uma boa qualidade é todo um processo de produção, que vai desde a coleta dos frutos, passando pela higienização, despulpamento, fermentação, destilação e o controle físico-químico, colocando-a nos padrões de segurança para o consumo humano, não podendo deixar de lado, o engarrafamento e a etiquetagem do produto antes de ir para a comercialização e, por fim, chegar ao consumidor.

No processo de produção do destilado alcoólico são formados componentes indesejáveis, que vão desde partículas sólidas até outros mais preocupantes, que alteram o seu aspecto visual ou paladar, ou de forma mais grave, substâncias que, dependendo da quantidade presente, podem ser tóxicas ou até mesmo cancerígenas.

Os processos de produção de bebidas alcoólicas são bastantes comuns em todo o mundo, seja whisky, cerveja, conhaque, vinho, entre outros. O mesmo acontece com a cachaça de cana-de-açúcar e a própria aguardente de frutas, que também já é um processo conhecido e aplicado em nosso cotidiano, porém o destilado alcoólico de cajarana (*Spondias sp*) é um processo pouco utilizado e conhecido.

O Nordeste brasileiro, por ser uma região tropical e com boas condições climáticas, apresenta uma grande diversidade florística, destacando-se as frutíferas que embora adaptadas aos severos baixos índices pluviométricos, que apresentam boa produtividade, contudo são pouco exploradas economicamente, em virtude da falta de conhecimento silviculturais e tecnológicos assumindo apenas caráter extrativista.

Dentre as espécies pertencentes ao gênero *Spondias* destacam-se cajarana (*Spondias sp.*), umbu (*Spondias tuberosa Arr. Cam.*), ciriguela (*Spondias purpurea L.*) e cajá (*Spondias mombin L.*), que estão presentes em todo semiárido nordestino com boa produtividade anual.

A cajarana (*Spondias sp*) pertence a família Anacardiácea, tem origem na América Central, se adapta a diversos tipos de solo e seus frutos apresentam uma diversidade de uso de grande importância, seja na produção de polpa (sorvetes, doces, sucos, dentre outros); podem ser consumidos *in natura* ou na produção de ração animal, o que agrega ao fruto um alto valor comercial.

O aumento da demanda por produtos processados de frutas tropicais fez com que muitas agroindústrias se instalassem no Nordeste brasileiro, aumentando a procura no mercado por frutos de qualidade. Dessa forma, tem-se observado o interesse de fruticultores e agroindústrias no cultivo de espécies de *Spondias*, o que confirma o potencial agro-socio-econômico dessas espécies. No entanto, para viabilização dos cultivos há necessidade de serem solucionados os problemas tecnológicos que impossibilitam a sua exploração comercial (SOUZA; ARAÚJO, 1999).

A obtenção de destilados apresenta um grau de complexibilidade razoável, e de grande aceitação no mercado nacional e internacional (pois se trata da bebida semelhante a cachaça, destilado mais consumido no Brasil), portanto, esse trabalho tem como objetivo agregar valor a cultura das *Spondias*, ao homem do campo, ao

semiárido paraibano e aproveitar o potencial de produção de cajarana para produção de destilado alcoólico orgânico, com finalidade industrial, analisando suas propriedades físico-químicas, bem como sua composição química, além de descrever a sua conformidade com os padrões de identidade e qualidade previstos pela legislação vigente do Brasil na produção de bebidas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Bioma Caatinga e seu potencial arborístico

A caatinga apresenta vegetação formada por espécies lenhosas, herbáceas, cactáceas e bromélias (ANDRADE-LIMA 1981; ARAÚJO FILHO e CARVALHO 1997). Trabalhos realizados por Giulietti (2002), foram registradas cerca de 932 espécies arbóreas e arbustivas, destas 318 são endêmicas.

O potencial frutífero é bem diversificado. Entre elas se destacam: o umbu (*Spondias tuberosa* Arruda), araticum (*Annona glabra* L., *A. coriácea* Mart., *A. spinescens* Mart.), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez), jatobá (*Hymenaea* spp.), juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), murici (*Byrsonima* spp.), e o licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.), que são exploradas de forma extrativista (MENDES, 1997).

2.2 História da cachaça e aguardente

Apesar das primeiras informações sobre o álcool na Europa datarem no século XII (PATARO *et al.*, 2002), no Brasil, a produção de aguardente foi iniciada na época colonial, quando uma série de condições favoráveis tais como, presença de engenhos e facilidade de armazenamento da bebida frente ao vinho, fazem dela uma bebida popular, sendo proibida no ano de 1635, na colônia, já que seu comércio fazia concorrência com os vinhos e a bagaceira da metrópole. Esta proibição dá início ao episódio conhecido como Revolta da Cachaça que foi um dos primeiros movimentos nacionais contra o domínio português. Apesar da técnica de destilação já ser bastante conhecida em Portugal, a aguardente vai começar a ser produzida pela primeira vez no Brasil Colônia, sendo registrada antes mesmo do início da produção do rum (CÂMARA, 2004).

A cachaça era produzida a baixo custo uma vez que a bebida podia ser fabricada com “o resto da safra da cana, sem gastos adicionais, com o mesmo sistema produtivo do açúcar” (RODRIGUES; RODRIGUES, 2008).

Cascudo (1986) relata que os índios Sul-americanos tinham conhecimento de processos fermentativos com mandioca, banana, milho, caju e outras frutas, para obtenção de bebidas alcoólicas. Segundo o autor, a aguardente é a mais

democrática das bebidas, sendo usada em festas, cerimônias tribais, cultos religiosos e oferendas em terras brasileiras ou estrangeiras.

Além da grande importância econômica, a aguardente faz parte de vários aspectos e momentos da vida do brasileiro: no folclore, na música, no futebol, em rituais religiosos, fabricação de remédios caseiros e em simpatias diversas. Está ligada a magia e é oferecida aos santos e espíritos como forma de agradecimento. Dos senhores de engenhos à escravos, a pinga ultrapassou o tempo e hoje é uma marca nacional, ao lado de símbolos como o carnaval e o futebol (CASCUDO, 1986).

No final do século XIX, surgem as usinas de açúcar e álcool, competindo com os engenhos que, até o início da década de 30, eram responsáveis por aproximadamente 70% do álcool e por quase todo o açúcar, cachaça e rapadura fabricada no estado de Minas Gerais. Nas regiões de menor rendimento econômico do estado, o deslocamento da atividade canavieira para as usinas fez com que os pequenos engenhos tivessem como meta principal a produção de rapadura e aguardente de cana. Por essa razão, verifica-se que o maior número de alambiques ainda está situado nas regiões mais desfavorecidas desse estado (CAMPELO, 2002).

De acordo com Lima (1983), até o final da II Guerra Mundial, os processos de produção de cachaça eram realizados pelo homem do campo, envolvendo um grande número de fábricas e processos rudimentares, atrasados e com baixo rendimento de produção. Processo de produção tipo “agricultura familiar” nas quais na maioria das vezes, o proprietário da fábrica, com a ajuda da sua família, plantava a cana, produzia e comercializava a aguardente. Poucos produtores engarrafavam seu produto e quase não havia engarrafadores exclusivos.

Até o início da década de 80, cada alambique parecia produzir uma aguardente especial e diferente uma das outras. Nos dias atuais, a produção de aguardente de cana já apresenta um conceito empreendedor, introduzindo a pesquisa e a postura de novos investidores do agronegócio, que visam qualidade e lucro (SEBRAE, 2005).

A cachaça é classificada em três tipos; a industrial, a artesanal e a informal, as artesanais e informais não apresentam registros. As cachaças industriais são produzidas em grande escala utilizando colunas contínuas de destilação, leveduras

prensadas e selecionadas, além de realizar a queima da cana-de-açúcar, antes da colheita, para eliminar a palha. As cachaças artesanais (ou de alambique), na sua produção, são empregados fermento “caipira” ou selvagem, destilado em alambique de cobre, com separação das frações do destilado (PEREIRA, 2007). A produção chega a 400.000.000 de litros anualmente, segundo o Ministério da Agricultura (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

A produção brasileira de cachaça, segundo dados do Programa Brasileiro de Desenvolvimento da Aguardente de Cana, Caninha e Cachaça (PBDAC), tem representado uma produção anual com cerca de 1,3 bilhões de litros. A produção nacional gera um faturamento de U\$ 600 milhões, propiciando uma arrecadação de aproximadamente R\$ 76,5 milhões em impostos a cada ano e gerando mais de 400 mil empregos diretos (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

O PBDAC foi criado em 1997 pela Associação Brasileira de Bebidas (Abrabe) para apoiar as exportações do setor, dar capacitação técnica ao produtor e valorizar a imagem da cachaça como um produto genuinamente nacional. A cachaça é a bebida destilada mais consumida no Brasil e a terceira no ranking mundial (NEVES, 2004).

A produção de bebidas alcoólicas e seus derivados a partir de suco de frutas é uma forma de aproveitamento com o intuito de evitar o desperdício quando não se tem um consumo imediato, também agrega valor às bebidas regionais e ao fruto. Na Amazônia e nos Andes, a caiçuma e chicha, cujas matérias-primas são: a pupunha e o milho (ou mandioca), respectivamente, são bebidas alcoólicas fermentadas geralmente consumidas em momentos comemorativos (ANDRADE; PANTOJA; MAEDA, 2003).

2.3 Produção de destilado alcoólico

Segundo Aquarone, Lima e Borzani (1975), a obtenção do álcool ocorre em três fases, preparo do substrato, fermentação e destilação.

1. Preparo do substrato é o tratamento da matéria prima para a extração dos açúcares fermentáveis.
2. Fermentação é a transformação dos açúcares em álcool etílico e dióxido de carbono.

3. Destilação é a obtenção do etanol, geralmente ocorre em duas etapas. Uma para separar do substrato fermentado a mistura hidroalcoólica impurificada com aldeídos, ésteres, álcoois superiores, ácidos orgânicos, outra, para separar as impurezas do etanol.

No processo de produção do destilado, foram empregados várias metodologias relacionadas ao processo de análises físicas e físico-químicas dos frutos da cajarana.

As bebidas alcoólicas são classificadas em fermentadas e destiladas. As fermentadas são aquelas preparadas por fermentação, por meio de leveduras, seguida de operações de clarificação e acabamento. As destiladas são aquelas em que o mosto, após a fermentação, passa por processo de destilação, para elevar seu teor alcoólico e separar seus componentes (FELTRE; SETSUO, 1974).

De acordo com a Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005, aguardente é a bebida com graduação alcoólica de 38 a 54% (ou °GL), a 20 °C, obtido do destilado simples de cana-de-açúcar, podendo ser adicionado açúcar em até seis gramas por litro, expresso em sacarose. Se a adição de açúcar for superior a esta concentração, deverá conter, no rótulo a designação “adoçada” (BRASIL, 2005).

No processo de fermentação de fruta seguida de uma destilação se obtêm as aguardentes, sendo necessária à adaptação do processo de produção de acordo com a matéria-prima. O Decreto nº 2314, do MAPA, define aguardente de frutas ou *brandy* de frutas como a bebida de teor alcoólico com 36 a 54 °GL, a 20 °C, obtida de destilado alcoólico simples do suco de fruta, ou pela destilação de mosto fermentado de fruta (BRASIL, 1997). Neste caso, podem-se citar alguns exemplos como aguardente de manga (*Mangifera indica*), de mexerica (*Citrus reticulata*) e de abacaxi (*Ananas comosus*), (ALVARENGA; MAIA; OLIVEIRA, 2006).

Também segundo o Decreto nº 2314, Art. 91 (BRASIL, 1997) e Aquarone *et al.* (2001), as aguardentes de frutas podem apresentar denominações diferenciadas como a aguardente de cereja, chamada de kirsch ou cherry brandy; a aguardente de ameixa, como slivowicz ou mirabella; a aguardente de pêra, como pear brandy; a aguardente de pêsego, como peach brandy; e a aguardente de maçã, como apple brandy.

A Instrução Normativa nº 13 (MAPA), determina a Composição Química e os Requisitos de Qualidade para aguardente de cana e cachaça. O Coeficiente de Congêneres, (componentes voláteis “não álcoois”, ou substâncias voláteis “não álcoois”, ou componentes secundários “não álcoois”, ou impurezas voláteis “não álcoois”), não pode ser inferior a 200 mg por 100 mL e também não poderá ser superior a 650 mg por 100 mL de álcool anidro, o mesmo, é a soma de:

- Acidez volátil (expresso em ácido acético, em mg/100 mL de álcool anidro);
- Aldeídos (expressos em acetaldeído, em mg/100 mL de álcool anidro);
- Ésteres totais (expressos em acetato de etila, em mg/100 mL de álcool anidro);
- Álcoois superiores (expressos pela soma de álcool n-propílico, álcool isobutílico e álcoois isoamílicos, em mg/100 mL de álcool anidro);
- Furfural + hidroximetilfurfural (expressos em mg/100 mL de álcool anidro).

Os contaminantes definidos pela mesma Instrução Normativa se classificam em: orgânicos e inorgânicos.

Orgânicos:

- Álcool metílico em quantidade não superior a 20 mg/100mL de álcool anidro;
- Carbamato de etila em quantidade não superior a 0,15 g/L;
- Acroleína (2-propenal) em quantidade não superior a 5mg/100 mL de álcool anidro;
- Álcool sec-butílico (2-butanol) em quantidade não superior a 10 mg/100 mL de álcool anidro;
- Álcool n-butílico (1-butanol) em quantidade não superior a 3 mg/100 mL de álcool anidro.

Inorgânicos:

- Cobre em quantidade não superior a 5mg/L;
- Chumbo em quantidade não superior a 200µg/L ;
- Arsênio em quantidade não superior a 100µg/L.

Na aguardente pode se encontrar algumas substâncias contaminantes, como: o formaldeído, o carbamato de etila e o furfural, potencialmente cancerígenos, seu aparecimento pode ser influenciada pela fermentação, pelo método de destilação ou pelo envelhecimento (CARDOSO, 2006; SIEBALD *et al.*, 2002).

Os álcoois superiores (álcool isoamílico, álcool amílico, álcool isobutílico e álcool propílico) são conhecidos como óleo fúsel e geralmente apresentam odor característicos de flores e juntamente com os éteres, são responsáveis pelo “flavour” da cachaça (PIGGOTT, SHARP, DUNCAN, 1989). Trabalhos de Sousa e Llistó (1978) descrevem que óleo fúsel em quantidades excessivas baixam o valor comercial e a qualidade das cachaças e que os teores de álcoois superiores normalmente devem acompanhar proporcionalmente os teores de ésteres em uma cachaça de boa qualidade.

Segundo Giudici *et al.* (1990), durante a fermentação a produção de álcoois superiores parece está diretamente ligado ao processo de fermentação, e as quantidades produzidas variam com as condições de fermentação, com o gênero, espécie, e provavelmente com a cepa utilizada.

2.4 Spondias

A cajarana (*Spondias sp*) é uma árvore frutífera, pertencente a família das *Anacardiáceae*, presente em todo semiárido nordestino, que se adapta as condições ambientais e solos dos mais adversos aos mais ricos e que sua produção não requer cuidados especiais (SILVA, 2008).

De acordo com Silva *et al.* (1984), a região Nordeste, apresenta ampla diversidade de frutos tropicais com boas perspectivas para exploração econômica, embora na sua maioria, apresente caráter extrativo e comercialização restrita a fruta “*in natura*” ou na forma de sucos ou sorvetes.

O gênero *Spondias* pertence a família *Anacardiaceae* e possui 18 espécies, das quais algumas ocorrem no Nordeste (*Spondias sp*, *Spondias mombin L*, *Spondias. Purpurea*, *Spondias tuberosa*, *L.*) são árvores frutíferas tropicais em adaptação e de alto valor comercial (MITCHELL; DALY, 1995). Seus frutos são do tipo drupa, de boa aparência, com aroma e sabor característicos de alto valor nutritivo, que podem ser consumidos “*in natura*” ou processados na forma de polpa, sucos, sorvetes e outras (SOUZA; ARAÚJO, 1999)

2.4.1 A cajarana

Do ponto de vista botânico, a Cajarana (*Spondias sp*) tem ramos grossos e quebradiços, com folhas compostas de 11 a 13 folíolos, flores dispostas em grandes panículas terminais. Seus frutos se encontram em cachos em forma de drupas elipsóides ou ligeiramente obovóides, amarelos quando maduros, de pele fina. Sua polpa é compacta, amarelo-pálida, ácida ou doce que cobre uma semente, entranhada na massa da polpa. Apesar desta não ter sido ainda pesquisada para outras finalidades, oferece um enorme potencial para o campo da industrialização de alimento, bebidas e beneficiamento ecológico. (GOMES, 1975).

Há poucas pesquisas com as espécies das *Spondias*, o cultivo das mesmas por estaquia apresenta limitações e não dispõe ainda de tecnologias para produção comercial de mudas (SOUZA; ARAÚJO, 1999).

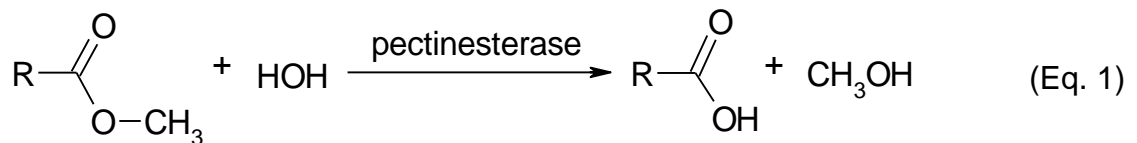
O fruto das *Spondias* maduro apresenta alto conteúdo de amido e em alguns casos, pode-se mesmo perceber o sabor amiláceo na ciriguela fresca. O teor de pectina total também é elevado, em comparação com a maioria dos frutos, o que, juntamente ao elevado teor de amido, pode dificultar a estabilidade de suco (MARTINS; MELO, 2010).

2.4.2 Pectina e pectinesterase

A pectina está presente na parede celular primária e na lamela média de todas as plantas de sementes, e tem importantes propriedades nutricionais. Pectinas estão relacionados ao crescimento, a determinação do tamanho e forma das células, a integridade e a rigidez dos tecidos, o transporte de íons de retenção de água e mecanismos de defesa contra infecções. A quantidade e a natureza da pectina influenciam fortemente na textura dos vegetais, no crescimento, maturação e armazenamento e também afetam o processamento (ANDERSSON; WESTERLUND; AMAN, 2006).

A turbidez que os sucos apresentam é uma mistura de partículas em suspensão contendo lipídios, proteínas, pectinas, celulose e hemicelulose. A pectina é responsável pela estabilização da turbidez dos sucos, pois age como emulsificante (CORRÊA NETO; FARIAS, 1999).

A pectinesterase é uma enzima que age na pectina, mais especificamente em éster de metila, transformando-o em ácido carboxílico e metanol (álcool metílico). O mecanismo catalítico ocorre por hidrólise (Eq.1), adicionando íons, hidrogênio e hidróxila ao éster para formar o ácido e o álcool correspondente (BABYLON, 2010).



Equação 1: Atuação da enzima pectinesterase sobre a molécula de pectina.

2.5 Etapas de produção do destilado alcoólico

2.5.1 Despulpamento do fruto

De acordo com Schottler e Hamatscheck (1994), da grande variedade de frutas tropicais, apenas um pequeno número destas é cultivado e processado industrialmente em larga escala devido, principalmente, aos elevados custos de produção decorrente da falta de infraestrutura e do nível de conhecimento técnico das indústrias para processamento de produtos derivados de frutas.

O comércio de polpa, sucos de frutas e concentrado aumentou 400% entre 1977 e 1988, sendo a indústria de bebidas a sua grande beneficiária (KORTBECH, 1990).

Os frutos contêm, além dos nutrientes essenciais e de micronutrientes como minerais, fibras e vitaminas, diversos compostos secundários de natureza fenólica, denominados polifenóis (HARBONE ; WILLIAMS, 2000). Os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos (HEIM *et al.*, 2002). Embora a vitamina C seja considerada por alguns autores como o maior contribuinte na atividade antioxidante, Sun *et al.* (2002) demonstraram a contribuição da vitamina C na determinação da atividade antioxidante de 11(onze) frutos.

Segundo Schottler e Hamatscheck (1994), poucas frutas são processadas com fins industriais devido, principalmente, aos elevados custos de produção decorrente da falta de infraestrutura dos países produtores e do baixo nível de

conhecimento técnico das indústrias para processamento de produtos derivados de frutas.

Segundo Mongeau *et al.* (1989), para a maçã, pêra e pêssego, após a retirada da casca, ocorre uma perda nas suas massas de 26,31%, 23,33%, e 36,84%, respectivamente; enquanto que Jones *et al.* (1990) obtiveram para a maçã 6 - 11% e 34% para a pêra. Marlett e Vollendorf (1994), corroboram Mongeau *et al.* (1989) ao encontrar perdas de 24,8% para a maçã.

2.5.2 Processos de fermentação

2.5.2.1 Leveduras

Há tempo que a utilização de microorganismos para converter uma matéria em outra (processo conhecido como fermentação) vem sendo empregada pelos povos. No início de forma rudimentar, mas a aplicação crescente da fermentação em vários processos de produção alimentar fez com que nas últimas décadas, a ciência e a indústria procurassem cada vez mais aprofundar seus conhecimentos sobre produção de fermentados, bem como a purificação e a conservação dos microorganismos (SHREVE; BRINK Jr. 1977).

Muitos microorganismos foram postos a serviço dos homens. Um dos desenvolvimentos marcantes, desde 1920, foi a aplicação dos processos vitais destes pequeninos organismos vegetativos à produção de substâncias diversas do etanol (SHREVE; BRINK Jr. 1977).

Morais *et al.*, (1997) observaram que durante a multiplicação do fermento natural e no decorrer da fermentação para a produção de aguardente de cana artesanal, a qual varia de 12 a 48 horas, há uma sucessão de espécies de leveduras, *Cândida sake*, *Kluyveromyces marxianus var. drosophilarum* entre outras, sendo a espécie predominante *Saccharomyces cerevisiae*.

As leveduras de diferentes linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* foram encontradas em maior abundância em fermentação para a produção de aguardente (MORAIS *et al.*, 1997; SCHWAN *et al.*, 2001) sendo as que mais se destacam pelo alto rendimento alcoólico e pela tolerância a grandes concentrações de etanol.

De acordo com a morfologia, levedura é um grupo de fungo sem qualquer valor taxonômico, são geralmente unicelulares, de 1 - 5 µm de diâmetro a 5 - 30 µm de comprimento, podem se reproduzir assexuada ou sexualmente. No primeiro caso, o processo mais comum é o brotamento, do qual resultam células-filhas outras por divisão binária, à semelhança das bactérias. As leveduras que apresentam processo de reprodução assexuada; são chamadas de “falsas leveduras” e classificadas entre os *Fungi imperfecti*. (AQUARONE; BORZANI; LIMA, 1975).

Na produção de cachaça as leveduras apresentam papel importante, além de serem responsável pela fermentação podem conferir sabor a mesma. Suomalainen e Lehtonen (1979), relatam que a formação do aroma nas bebidas alcoólicas tem pouca interferência da matéria-prima, os componentes responsáveis pelo aroma são formados durante o processo de fermentação, dependendo do tipo de levedura e das condições ambientais em que ocorreram a fermentação e a destilação.

A fermentação para a produção de cachaça, por seguir processos biotecnológicos rudimentares, são impedidos de fazer escolha, seleção e uso de linhagens adequadas de leveduras, impossibilitando um controle do processo e da qualidade do produto pela existência de um padrão tecnológico inicial (RIBEIRO, HORII, 1999).

A fermentação em condições controladas envolve conversões químicas. Alguns dos procedimentos mais importantes são: *oxidação*, por exemplo, de etanol a acetaldeído (oxidação parcial) e em seguida a ácido acético (oxidação total); da sacarose a ácido cítrico e da dextrose a ácido glicônico; *redução*, por exemplo, de aldeído a álcoois (acetaldeído a etanol) e de enxofre a sulfeto de hidrogênio; *hidrólise*, por exemplo, amido a glicose, e sacarose a glicose e frutose e até ao álcool; e *esterificação*, por exemplo, fosfato de hexose a partir de hexose e ácido fosfórico (SHREVE; BRINK Jr, 1977).

Para o processo de fermentação não se usa qualquer levedura para se fazer uma bebida fermentada; estão excluídos os tipos selvagens, mas também é necessário usar uma cepa apropriada. As leveduras, as bactérias e os fungos usados na fermentação necessitam de um ambiente específico e de alimentação especial para assegurar sua atividade e resultar em uma bebida de qualidade (SHREVE; BRINK Jr, 1977).

2.5.2.2 Preparo do mosto

Mosto é o nome dado a um líquido açucarado que está pronto para ser fermentado (NOGUEIRA; VENTURINI FILHO, 2005).

O objetivo de garantir uma boa quantidade de açúcares fermentáveis, com menor contaminação inicial possível, pH, nutrientes e boas condições para o metabolismo da levedura, depende do bom preparo do mosto (VASECHI, 1960); (NOVAES, 1970) e (AQUARONE *et al.*, 1983).

A forma tradicional para obtenção da cachaça é pela destilação do mosto fermentado, no qual a mesma deve apresentar um teor alcoólico entre 38° GL a 48° GL, podendo ser adicionada uma quantidade de açúcares até seis gramas por litro, expresso em sacarose, quando tem a sua denominação acrescida da palavra “adoçada” (BRASIL, 2005).

2.5.2.3 Fermentação

A fermentação consiste em transformar sacarose em etanol. Iniciando-se com adição do pé-de-cuba ao caldo presente na dorna de fermentação, e completada com caldo diluído para aproximadamente 15 ° Brix (CANTÃO, 2006). O °Brix ideal para a fermentação do caldo-de-cana está entre 14 e 16. Teores de açúcar superior a 16 °Brix podem provocar diminuição na velocidade das fermentações mais lentas ou até mesmo não completar o processo (PATARO *et al.*, 2002). Por outro lado °Brix inferior a 10, torna a destilação mais lenta e produz maior quantidade de vinhoto. Apresentando um menor rendimento, maior consumo de energia e água, e maior facilidade de infecção (LIMA, 2001).

Segundo Silcox e Lee citados por Shreve; Brink Jr (1977) os cinco pré-requisitos básicos de um bom processo fermentativo são:

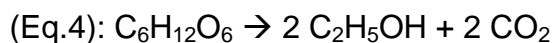
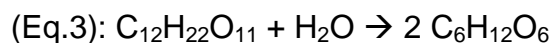
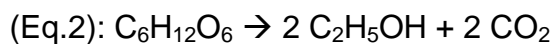
1. Um microorganismo que leva ao desejado produto final. Este organismo se deve propagar facilmente e ser capaz de manter a uniformidade biológica, levando, por isso, a rendimentos previsíveis;
2. Matérias-primas baratas para o substrato, por exemplo, amido ou um entre vários açúcares;
3. Rendimentos aceitáveis;

4. Fermentação rápida;
5. Produto recuperado e purificado com facilidade.

De acordo com Shreve e Brink, Jr. (1977), durante o processo de fermentação, os açúcares, por ação de leveduras, são transformados em álcool etílico, com liberação de gás carbônico.



Os açúcares podem ser de diversos tipos, sacarose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$), frutose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), entre outros. A frutose e a glicose, quando fermentados se transformam diretamente em álcool e CO_2 (Eq.2), já a sacarose no processo de fermentação passa por duas etapas: na primeira etapa se transforma em glicose e/ou frutose (Eq.3) em seguida a glicose e/ou frutose se transformam em álcool e CO_2 (Eq.4).



O tempo de fermentação varia entre 24 e 30 h, quando o vinho chega ao 0°Brix (LIMA, 1999; FARIA, 1995). Após esse tempo, as leveduras irão se depositar no fundo da dorna de fermentação, e então será encaminhado o vinho para destilação e adiciona-se um novo mosto a dorna (CANTÃO, 2006).

Durante o processo de fermentação alcoólica do mosto ocorre decomposição dos açúcares com formação de produtos principais, como: álcool etílico e gás carbônico, este último se dissipa na atmosfera, além de outros produtos secundários da fermentação alcoólica, tais como ácidos carboxílicos, metanol, ésteres, aldeídos e álcoois superiores (CARDOSO, 2006).

O aparecimento de álcoois superiores parece está diretamente ligado ao processo de fermentação, e as quantidades produzidas variam com as condições de

fermentação, com o gênero, a espécie e, provavelmente, com a cepa utilizada (GIUDICI; ROMANO; ZAMBONELLE, 1990).

Certos fatores devem ser realçados, entre eles se apontam o microorganismo, o equipamento e a própria fermentação. Alguns fatores críticos da fermentação são o pH, a temperatura, a aeração, a fermentação única (cultura pura) e a uniformidade de rendimentos (SILCOX; LEE, 1948).

Para o processo de fermentação não se usa qualquer levedura para se fazer uma bebida fermentada; estão excluídos os tipos selvagens, mas também é necessário usar uma cepa (grupo ou linhagem de um agente infeccioso, de ascendência conhecida, compreendida dentro de uma espécie e que se caracteriza por alguma propriedade biológica e/ou fisiológica) apropriada.

As leveduras, as bactérias e os fungos usados na fermentação necessitam de um ambiente específico e de alimentação especial para assegurar sua atividade e resultar em uma bebida de qualidade (SHREVE; BRINK Jr, 1977). A temperatura ótima para a fermentação é de 5 - 10 °C acima do ótimo para o crescimento da levedura, que se encontra na faixa de 25-30 °C (JONES *et al.*, 1981; WATSON, 1987).

Stupiello e Horii (1981) afirmam que a reprodução de células pode ocorrer até aproximadamente 38 °C, havendo inibição da multiplicação a 40 °C.

O pH é um fator importante no processo de fermentação alcoólica; são recomendáveis valores de pH iniciais, entre 3,8 a 4,0; nesta faixa de pH pode ser suficiente para permitir uma fermentação alcoólica rápida e inibir bactérias indesejáveis (AQUARONE *et al.*, 1983).

A acidez titulável mais aconselhável é de 1 – 2 g por litro, expresso em ácido sulfúrico, a acidez no substrato em fermentação deve se manter constante, quando a final for mais que o dobro da inicial, é indicação de má fermentação (AQUARONE; LIMA; BORZANI, 1975).

Valor de pH inferior a 4,5, desfavorece o desenvolvimento de bactérias, a exceção daquelas ácido-tolerantes (EIROA, 1989).

2.5.3 Destilação

Após a fermentação, o mosto fermentado é então destilado em alambiques ou

colunas, de forma a se obter o destilado alcoólico simples, a ser posteriormente diluído, ou obtido diretamente a cachaça (FARIA, 2000).

A destilação do vinho resulta em duas frações denominadas flegma (aguardente) e vinhaça. A primeira, que é o produto principal da destilação, é constituída de uma mistura hidroalcoólica impura e a vinhaça, cujo teor alcoólico deve ser nulo, porém, nela se acumulam todas as substâncias fixas, bem como parte de compostos voláteis (NOGUEIRA; VENTURINI FILHO, 2005).

O tipo de alambique influencia o teor de compostos voláteis. Segundo estudos realizados por Faria e Pourchet (1989) e Nascimento *et al.* (1998), cachaças destiladas em alambiques de cobre apresentaram teores de aldeídos e metanol maiores que às aguardentes destiladas em alambique de aço inox, que por sua vez continham teores maiores de álcoois superiores e ésteres.

Segundo Faria *et al.* (1993), o aço inoxidável afeta as características sensoriais da cachaça, reduzindo a qualidade sensorial e produzindo um odor de enxofre desagradável. Uma alternativa é a utilização de cobre nos alambiques, capaz de reduzir significativamente os teores de dimetilsulfeto, o principal responsável pelo defeito sensorial das cachaças de cana destiladas na ausência de cobre (FARIA, 2000).

Trabalhos de Faria (1989), mostram que o processo de destilação pode ser realizado em destilador de cobre, pois este metal catalisa algumas reações e retira odores desagradáveis que se fixam a cachaça durante o processo de fermentação, mas apresenta o inconveniente de que a cachaça passa a ter grande quantidade desse metal (na forma de íons – Cu^{2+}) distribuído de forma uniforme por todo seu volume. Porém o excesso de cobre pode ser retirado usando carvão ativado ou resinas de troca iônica (VILELA *et al.*, 2007).

Estudos de Aquarone *et al.* (2001) e Boza e Horii (1999), mostram que a concentração de ésteres na aguardente, está ligado a velocidade da destilação, quando a mesma é realizada de forma lenta, aumenta a concentração dos ésteres, quando destilado de forma rápida diminui a concentração dos ésteres.

Após a destilação, a cachaça deve apresentar um teor alcoólico entre 38° GL a 48° GL, podendo ser adicionada uma quantidade de açúcares até seis gramas por litro, expresso em sacarose, quando tem a sua denominação acrescida da palavra “adoçada” (MIRANDA *et al.*, 2007).

A aguardente, após a destilação apresenta uma determinada quantidade de produtos “secundários” responsáveis pelo sabor e odor característicos (ALMEIDA; BARRETO, 1971; LIMA, 1964; YOKOYA, 1995), os mesmo devem se apresentar em limites consideráveis de segurança, que seguem normas pré-estabelecidas por órgãos competentes.

A aguardente apresenta aspecto transparente e uniforme, com teor alcoólico variando entre 38° GL a 58° GL, medido a 20 °C, para aguardente de fruta este teor deve ser menor, entre 38° GL a 48° GL, medido a 20 °C. (LEHTONEN; JOUNELA-ERIKSSON, 1983; NYKANEN; NYKANEN, 1983). A aguardente é composta principalmente de água e álcool em proporções variáveis e de componentes secundários em quantidades ínfimas, que conferem à bebida suas características peculiares de aroma e sabor. Estes compostos pertencem às seguintes classes: ácidos orgânicos, aldeídos, ésteres, álcoois superiores, furfural, terpenos, lactonas, furanos, pirazinas, dentre outros.

2.6 Análises do destilado alcoólico

2.6.1 Análise físico-química

A qualidade físico-química da aguardente de cana no Brasil é regulamentada pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 1997), que estabelece limites para diversos parâmetros (gradação alcoólica, acidez volátil, ésteres, álcoois superiores, aldeídos, furfural, metanol e cobre). Pesquisas realizadas por Vargas e Glória (1995) e Silva e Nóbrega (2001) mostraram que a acidez volátil e o teor de cobre (com implicações consideráveis no campo sensorial e toxicológico das aguardentes) são os parâmetros mais comumente envolvidos na transgressão da legislação vigente.

A verificação do limite máximo aceitável, de algumas substâncias presentes na cachaça, deve ser feita de acordo com análises físico-químicas da legislação vigente. Mantendo os componentes controlados através de ensaios periódicos, obedecendo aos procedimentos de amostragem definidos no regulamento da Lei 8918 (1994), a fim de atender às tolerâncias para os índices dos itens estabelecidos no Regulamento de Avaliação da Conformidade da Cachaça (RAC) 126 (2005), conforme Quadro 1.

O teor alcoólico, em álcool etílico, da aguardente de cana-de-açúcar, varia de 38 a 54 °GL, medido a 20° GL e de cachaça varia de 38 a 48° GL, podendo ser acrescidas de açúcar na concentração de 30 g/L e 6 g/L respectivamente, recebendo a denominação “adoçada”, ambas apresentam características sensoriais peculiares (BRASIL, 2005).

Quadro 1 – Itens e tolerância para composição físico-química da aguardente.

Item a ser analisado	Tolerância
Grau alcoólico	38° GL a 54° GL a 20 °C
Cobre*	Máx. 5mg/L de produto
Chumbo	Máx. 0,2 mg/L de produto
Arsênio	Máx. 0,1 mg/L
Acidez volátil (expresso em ácido acético)	Máx. 150 mg/100 mL (álcool anidro)
Ésteres totais (expresso em acetato de etila)	Máx. 200 mg/100 mL (álcool anidro)
Aldeídos (expresso em aldeídos acéticos)	Máx. 30 mg/100 mL (álcool anidro)
Furfural + hidroximetilfurfural	Máx. 5 mg/100 mL (álcool anidro)
Álcoois superiores	Máx. 300 mg/100 mL (álcool anidro)
Álcool sec-butílico	Máx. 10 mg/100 mL (álcool anidro)
Álcool n-butílico	Máx. 3 mg/100 mL (álcool anidro)
Álcool terc-butílico	Máx. 3 mg/100 mL (álcool anidro)
Soma dos componentes secundários	200 a 650 mg/100 mL (álcool anidro)
Metanol	Máx. 20 mg/100 mL (álcool anidro)
Carbamato de etila	Máx. 0,15 g/L
Acroleína	Máx. 5 mg/100 mL (álcool anidro)

Fonte – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL 2005)

* A legislação de alguns países do hemisfério norte estabelece um limite de 2 mg/L de íons cobre (Cu^{2+}) nos destilados alcoólicos.

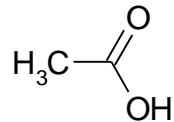
A aguardente de frutas segue a mesma legislação da cachaça, exceto para grau alcoólico cujo limite é 36 a 54 °GL (BRASIL, 2008).

2.6.1.1 Acidez

O ácido acético (Quadro 1) é o componente secundário de maior responsabilidade pela acidez volátil da aguardente (LIMA, 1964; NYKAMNE e NYKAMEN, 1983).

Durante a fermentação, 30% do açúcar se converte em ácido acético, além dos ácidos graxos, sendo esses altamente indesejáveis, porque acarretam turvação e aromas desagradáveis na bebida (FARIA 1989).

Figura 1 – Fórmula estrutural do ácido acético.

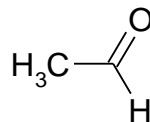


Fonte – ATKINS; JONES (2001)

2.6.1.2 Aldeídos

São compostos voláteis, que alteram o odor da aguardente, apresentam como principal componente o aldeído acético (figura 2), sendo um intermediário na formação do etanol, por processo de redução (NOVAES *et al.*, 1974; POTTER, 1980; PIGGOTT *et al.*, 1989).

Figura 2 – Fórmula estrutural do aldeído acético.



Fonte – ATKINS; JONES (2001)

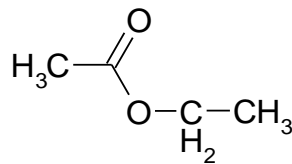
A intoxicação por aldeídos causa problemas de saúde relacionados ao sistema nervoso central (CARDOSO, 1998).

2.6.1.3 Ésteres

São formados pelas reações entre álcoois e ácidos carboxílicos (desidratação intermolecular), durante a esterificação (ROSE; HARRISON, 1970; RIGGOTT, 1989).

O etanoato de etila (figura 3) é o principal constituinte dos ésteres que, em pequena quantidade, é responsável pelo agradável aroma dos alimentos e das bebidas, mas em grande quantidades, confere a aguardente um sabor indesejável e enjoativo (WINHOL, 1976).

Figura 3 – Fórmula estrutural do etanoato de etila.



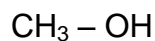
Fonte – ATKINS; JONES (2001)

2.6.1.4 Metanol

O metanol (Figura 4) é um álcool indesejável na bebida, devido a sua alta toxidez. Ele origina-se da degradação da pectina, um polissacarídeo presente nas frutas (PEREIRA *et.al.*, 2003).

Uma vez metabolizada, o metanol é oxidado a ácido fórmico e, posteriormente, dióxido de carbono provocando acidose, alterando o sistema respiratório, podendo levar ao óbito. Sua ingestão, em logos períodos de consumo, pode causar perda da visão e a morte (WINDHOLZ, 1976).

Figura 4 – Fórmula estrutural do metanol.



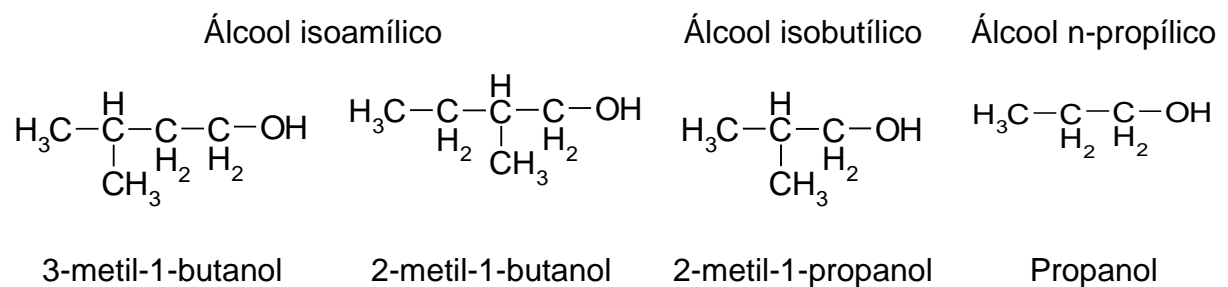
Fonte – ATKINS; JONES (2001)

2.6.1.5 Álcoois superiores

Os álcoois com até cinco átomos de carbono são responsáveis pelo aroma característico das bebidas destiladas, destacando os álcoois amílico e propílico e seus respectivos isômeros (Figura 5), apresentam propriedades biológicas, sendo depressoras do sistema nervoso central.

Fermentos fracos, com leveduras de baixa atividade, produzem mais álcoois superiores do que aqueles mais ativos (LIMA, 1964).

Figura 5 – Fórmulas estruturais dos álcool amílico e isobutílico

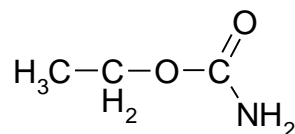


Fonte – ATKINS; JONES (2001)

2.6.1.6 Carbamato de etila

Possui ponto de ebulição próximo a 183 °C, é solúvel em água e etanol, tem baixa solubilidade em soluções hidroalcoólicas, raramente está presente em aguardentes e cachaças, pois dificilmente o carbamato de etila (Figura 6) pode ser destilado ou arrastado durante a destilação (BRUNO, 2006).

Figura 6 – Fórmula estrutural do carbamato de etila.



Fonte – ATKINS; JONES (2001)

2.6.1.7 Teor de cobre

O cobre presente nas bebidas destiladas tem sido um dos problemas intrínsecos à sua produção, pois, o mesmo é o material mais extensivamente utilizado nas construções de alambiques devido às inúmeras vantagens que apresenta como resistência à corrosão, boa condução de calor, além de reagir com

alguns componentes do vinho e atuar como catalisador, em reações altamente favoráveis às características sensoriais da bebida (LÉAUTÉ, 1990).

Em níveis de traços o cobre é essencial ao metabolismo, sendo que o Food Nutritional Board (FBN) estabeleceu para o cobre o RDA (Recommended Dietary Allowance) de 1,5 a 3,0 mg/dia para adultos (RECOMMENDED DIETARY ALLOWANCES, 1989). Estudos sobre a atuação do cobre no organismo revelam sua associação com oxidorredutases dos tecidos e também com a absorção de ferro da dieta para biossíntese de hemoglobina. Porém, o excesso deste metal traz para o organismo lesões nos vasos capilares, no fígado e nos rins além da chamada doença de Wilson, caracterizada pela precipitação deste metal na córnea resultante do acúmulo de cobre nos tecidos (SERPE; FREITAS, 1991).

O metabolismo do cobre pode ser considerado como um fator de risco. Segundo Waggoner *et al.* (1999), o cobre está associado a doenças neurodegenerativas, como: doenças de Menkes, doenças de Wilson, aceruloplasminemia, esclerose e doença de Alzheimer.

2.6.2 Análise cromatográfica

A cromatografia é uma técnica centenária e tem se mostrado importante para a análise de materiais com as mais variadas estruturas e propriedades físicas. Três cientistas ganharam o prêmio Nobel devido a seus trabalhos em cromatografia: (Tiselius, da Suécia, em 1948, e Martin e Synge, da Inglaterra, em 1952). Além desses, outros foram contemplados com prêmios por suas pesquisas empregando técnicas cromatográficas e cerca de 200.000 trabalhos foram publicados nesse período (NOGUEIRA, 2006).

A cromatografia a líquido não necessita da volatilidade, mas sim da solubilidade das amostras na fase móvel e uma possível interação com a fase estacionária, sendo usado para separação de espécies iônicas ou macromoléculas de interesse biológico e produtos naturais lábeis, bem como uma imensa variedade de outros compostos de alta massa molecular e/ou baixa estabilidade térmica (CIOLA, 2000).

A Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) é empregada em pequenas colunas, recheadas de materiais especialmente preparados e uma fase

móvel que é eluída sob altas pressões. Ela tem a capacidade de realizar separações e análises quantitativas de uma grande quantidade de compostos presentes em vários tipos de amostras, em pequeno intervalo de tempo, com alta resolução, eficiência e sensibilidade (VALENTE *et al.*, 1983).

As principais características que deve apresentar toda fase móvel para ser útil na CLAE são: ser de alto grau de pureza ou de fácil purificação; dissolver a amostra sem decompor os seus componentes; não decompor ou dissolver na fase estacionária; ter baixa viscosidade; ser compatível com o tipo de detector utilizado; ter polaridade adequada para permitir uma separação conveniente dos componentes da amostra (AQUINO-NETO; NUNES, 2003).

A cromatografia gasosa pode analisar mais de 20% dos compostos existentes, em uma amostra, mas para ser possível a sua análise é necessário que os compostos analisados sejam, nas condições de operação, voláteis e termicamente estáveis (ANNINO; VILLALOBOS, 1992; PERES, 2002).

O uso da cromatografia a gás permite o isolamento das moléculas em sua forma pura, possibilitando a identificação de suas estruturas moleculares (KÖNIG *et al.*, 1996; ADIO *et al.*, 2002).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de coleta do fruto

A matéria prima utilizada no desenvolvimento deste trabalho consistiu de frutos da *Spondias sp* (cajarana), coletados na área rural do município de Santa Terezinha - PB, no Sítio Lajedo, da região central do semiárido paraibano, suas coordenadas geográficas são: latitude 07°02'512" S, longitude 37°21'469" W a uma altitude de 226 m (Figura 7), apresentando um substrato geológico do solo tipo litossolo. O clima da região, conforme a classificação de Köppen é do tipo Bsh-semiárido quente e seco, temperatura média anual de 28° C e umidade relativa do ar de 55%. O período mais seco compreende os meses de julho a fevereiro e o, mais chuvoso, os de março a junho. A pluviosidade média anual é de 675 mm, com distribuição irregular de chuvas (BRITO, 2010).

Figura 7 – Sítio Lajedo e cajaraneira com a fruta da cajarana em estado de maturação.



Fonte – ALVES (2011).

3.2 Coleta dos frutos

A área de estudo consta de 78 indivíduos de cajarana, produzida naturalmente, sem adubação ou qualquer tratamento com produtos químicos, resultando num destilado alcoólico orgânico. Selecionou-se cinco árvores de boa sanidade, das quais coletou-se frutos, estes passaram por análises físicas e selecionados os de melhor qualidade, e maduros os demais descartados para

alimentação animal. A coleta foi realizada no período de março a abril de 2010, a segunda, foi realizada no período de fevereiro a março de 2011.

3.3 Preparo da amostra

Após cada coleta foi feita a limpeza das amostras para retirar o material indesejável ao processo, como folhas, galho e excesso de sólidos, e separar os frutos saudáveis e descartar os machucados, com manchas ou que se encontravam em estado de putrefação, colocando os frutos selecionados em solução de hipoclorito de sódio (água sanitária) a 2%, em v/v, por 30 minutos, lavados novamente com água potável, para retirar o excesso de hipoclorito de sódio e colocados em freezer horizontal (Figura 8), para conservar suas propriedades químicas e bromatológicas. Os frutos quase que em sua totalidade foram aproveitados para iniciar o processo de despulpamento.

Figura 8 – Seleção, lavagem logo após a desinfecção com solução de hipoclorito de sódio e acondicionamento dos frutos em freezer horizontal.



Fonte – ALVES (2011).

3.4 Armazenamento da cajarana

Após a seleção, desinfecção e lavagem, os frutos foram ensacados e colocados em freezer vertical, da marca Brastemp, a uma temperatura de aproximadamente $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, até o momento do despulpamento.

3.5 Preparo da polpa

O despulpamento foi realizado na comunidade do Tauá, Município de Teixeira, em despulpadora da marca Linard, com capacidade de produção de 450 kg/h, motor de 1 CV (110/220 volts). Foram despulpados, 36,85 kg de cajarana.

Antes de iniciar o despulpamento, os frutos foram colocados em tanque para serem novamente lavados e retirado o excesso de hipoclorito de sódio ainda presente. Após o despulpamento, a polpa foi colocada em sacos plásticos novos (de polietileno) e conduzidos a Patos e acondicionadas em freezer, a uma temperatura de aproximadamente $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, até o momento da centrifugação, e em seguida a fermentação.

3.6 Centrifugação da polpa

A pasta resultante do despulpamento apresenta uma alta concentração de pectina (Figura 9), o que dificulta a fermentação, sendo necessário fazer a sua centrifugação, para retirar o excesso de pectina, pois este excesso implica numa grande concentração de metanol no destilado alcoólico, devido à hidrólise dos ésteres (BABYLON, 2010).

Figura 9 – Polpa da cajarana.



Fonte – ALVES (2011).

A centrifugação de 23,3 kg de polpa foi realizada na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus de Natal, no laboratório de Química Orgânica, utilizando uma centrífuga SIGMA, Laborzentrifugem GmbH, D-37520 Osterode, tipo 6-15, campo gravitacional máximo de 20.380 g, energia cinética máxima de 106.950

Nm, com capacidade para centrifugar 3 kg de fruta por rodada, à uma rotação de 8000 rpm, durante 12 minutos.

3.7 Análises do fruto

3.7.1 Análises física e físico-química

A análise física como o comprimento do fruto foi medido em milímetro através de um paquímetro e o peso em grama, com balança de precisão.

A análise físico-química da fruta foi realizada no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (Campus de João Pessoa), no Departamento de Tecnologia Química e de Alimentos, na Universidade Federal da Paraíba e no Centro de Ciências Agrárias - CCA - Laboratório de Biologia e Tecnologia de Pós-Colheita - Labiotepc (Campus de Areia), utilizando uma amostra de 1 kg, escolhida aleatoriamente. Foram aplicadas os métodos de Kjehdhal, para análise de Proteínas Totais; de Soxhlet, para análise de Lipídios Totais de Lane-Eynon, para Carboidratos.

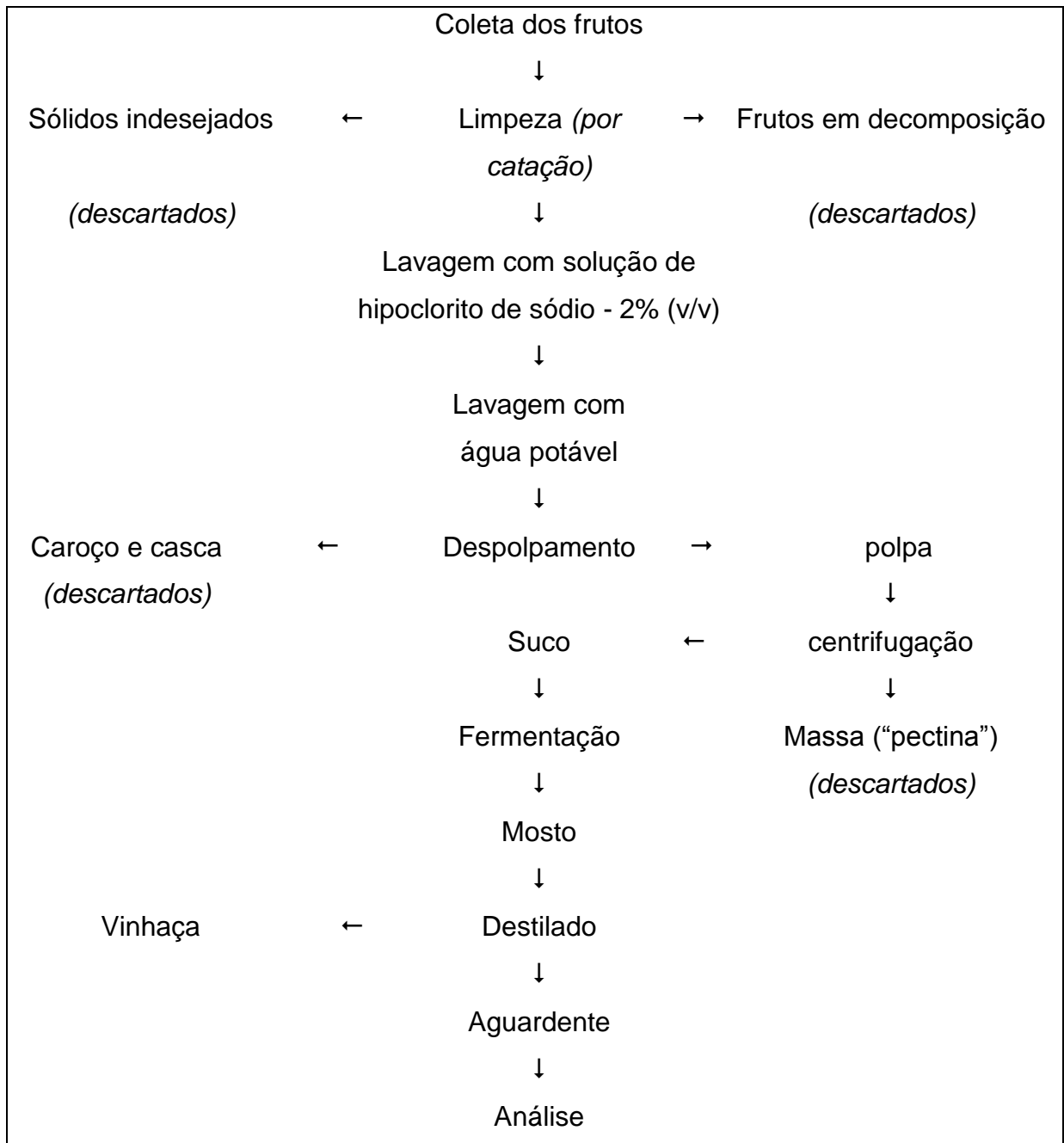
3.8 Local da realização do experimento

O processo de fermentação e destilação foi realizado no laboratório de Química da Madeira da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos, Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Laboratório de Química da Madeira, no período de 26 a 28 de abril de 2011.

3.9 Produção do destilado de cajarana (*Spondias sp*)

O destilado alcoólico de cajarana foi fermentado em dornas de aço inox, com capacidade para 30 litros de mosto e alambique de cobre, com capacidade para 10 litros por alambicada. A análise físico-química e de outros componentes presente na bebida, como cobre, ácidos, furfural, aldeído, álcoois superiores, açúcares redutores e álcool metílico seguem a metodologia do Brasil (2005).

Figura 10 – Fluxograma da produção de aguardente até a análise final.



Fonte – ALVES (2011).

A produção do destilado alcoólico a partir da cajarana (Figura 10) passa por cinco etapas elementares:

- (1) Despolpamento, etapa em que se retira a polpa do fruto para dar início a todo processo;
- (2) Centrifugação da polpa, para retirar o excesso de pectina, uma vez que a pectina é responsável pela formação de metanol;

- (3) Preparação do mosto, que é uma mistura preparada a partir do suco da cajarana, o qual será fermentado e dará origem a cachaça, a fermentação, adição de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) para transformar os açúcares em álcool, gás carbônico e outros componentes;
- (4) destilação, etapa de purificação da bebida, separando-a de componentes indesejáveis;
- (5) Análises do destilado alcoólico.

3.9.1 Fermentação

Antes de iniciar a fermentação, foi feita a correção do pH, adicionando 400 mL de solução de NaOH, 1,25 mol/L, passando o mosto a apresentar um pH igual a 4,5. Pois a polpa apresentava pH baixo (2,74), de acordo com Aquarone *et al.*, 1983, a faixa de pH ideal está entre 3,8 e 4,0, o que permite uma fermentação rápida e inibe bactérias indesejáveis. Para Eiro (1989), desfavorece o desenvolvimento de bactérias, com exceção daquelas ácido-tolerantes.

O preparo do pé de cuba (Figura 11a) foi feito com 150 gramas de fermento da marca Fleischmann (fermento biológico liofilizado), contendo levedura da linhagem *Saccharomyces cerevisiae* e monoestearato de sorbitana (substância que facilita a dissolução e aumenta a viscosidade dos ingredientes), com 200 mL de água aquecido a 45 °C e 200 mL do “suco” da cajarana, adicionando em seguida a 12,10 kg do “suco”. A fermentação foi realizada em dorna de fermentação de aço inox, com capacidade para trinta litros de mosto fermentável (Figura 11b).

Figura 11 – Preparo do pé de cuba (a) e do mosto fermentável (b) em dorna de aço, capacidade para 30 litros de mosto.



Fonte – ALVES (2011).

Durante a fermentação, foram feitas as análises de pH, °brix, acidez e teor alcoólico, de início as análises foram realizadas em intervalos de 1 hora, durante as seis primeiras horas (fase mais intensa), depois estas análises passaram a serem feitas em intervalos de duas horas (fase menos intensa) e as duas últimas análises foram feitas em intervalos de três horas, o tempo de duração total foi de 24 horas, até as análises de °brix e teor alcoólico se manterem constantes

3.9.1.1 Cinética de fermentação

A fermentação foi feita em local apropriado devidamente limpo, para evitar a contaminação do fermento ou do mosto, iniciando pela adição do pé-de-cuba a polpa de cajarana centrifugada, formando o mosto, isto ocorreu em condições de temperatura, pH e °Brix adequados, após o °Brix baixar e se manter constante foi iniciada a destilação, que tem como objetivo separar os componentes indesejáveis, como metanol, furfural, carbamato de etila, excesso de álcoois superiores, ésteres, aldeídos, entre outros, formando assim o destilado alcoólico.

Para o processo de fermentação deve-se usar um fermento e condições adequadas, pois formação excessiva de componentes secundários pode ter relação com as más condições nutricionais do fermento. Usando uma levedura selecionada, a tendência é aumentar a produtividade e qualidade da bebida, principalmente no que diz respeito ao sabor.

Durante a fermentação foi feito o acompanhamento da mesma e realizada uma cinética de fermentação onde foram analisados: o teor de álcool, o ° Brix, o pH e a acidez total, todos em intervalos de tempo que variaram de hora em hora, depois de duas em duas horas e por fim de três em três horas.

A fermentação foi iniciada logo após a preparação do pé-de-cuba, em temperatura ambiente, foi utilizado fermento biológico, liofilizado, da marca Flechman e o mosto da cajarana, assim preparado ficou por um período de 24 horas fermentando.

O teor alcoólico do fermentado foi verificado em Ebuliômetro 3300, com determinação decimal da graduação alcoólica, acompanhado de uma caldeira com torneira, tubo protetor, condensador e base em aço cromado, lamparina a álcool em alumínio, termômetro apropriado e rolha em látex, régua em polipropileno com

escala de graduação alcoólica de 0 a 25 °GL , escala corrigida de 86 à 101 °C, pino de trava, cursor e cubeta de vidro graduada. Foram colocados na caldeira do Ebulliômetro 50 mL do mosto, em seguida, completou-se o condensador com água fria e acendeu-se a lamparina. O termômetro acoplado a caldeira mediu a temperatura inicial de ebulição do mosto, esperando a temperatura se estabilizar, em aproximadamente 5 min, de acordo com a temperatura verificada e utilizando a régua de graduação alcoólica, foi anotado o teor alcoólico em ° GL.

O °Brix foi verificado em refratômetro digital automático Acetec RDA 8600, a 20 °C.

O pH foi verificado em pHmetro de bancada, digital ANALION PM 608.

A acidez total foi verificada pelo método de titulação volumétrica, sendo usado uma solução de Hidróxido de sódio 0,1 N, e como indicador, a solução alcoólica de fenolftaleína 3% (BRASIL, 1986).

A acidez total (At) é expressa em gramas de ácido acético por 100 mL de amostra (g/100 mL), e calculada pela fórmula abaixo:

$$At = \frac{Eq \times n \times N}{10 \times V}$$

onde:

N → normalidade da solução de hidróxido de sódio;

n → Volume da solução de hidróxido de sódio gastos na titulação, em mL;

At → Acidez total titulável;

V → Volume da amostra, em mL;

Eq → Equivalente grama do ácido acético ($Eq = \frac{MM}{v}$).

Para avaliar a cinética de fermentação foi aplicado o teste de correlação de PEARSON ao nível de significância de 5%, para o ° brix e o teor alcoólico.

3.10 Destilação

A destilação foi realizada em destilador de cobre, lavado por três vezes, a primeira com água e sabão, a segunda vez com suco de limão, para retirar o

excesso de íons cobre presente, e por fim, apenas com água potável. Em seguida foi adicionado ao destilador, aproximadamente 12 litros de vinho (mosto fermentado), com 2,5 °Brix e teor alcoólico de 4,25 °GL.

A destilação do vinho foi iniciada logo após as 24 horas de fermentação, em coluna de destilação, em destilador de cobre, com capacidade para 10 litros de mosto fermentável, durante a destilação foi verificada a variação de temperatura, iniciando a obtenção do destilado a aproximadamente 72 °C, com a destilação inicial da fração cabeça, quando foram obtidos 110 mL, logo em seguida, a aproximadamente 80 °C, a fração coração, com obtenção de 880 mL e por fim, a aproximadamente 110 °C a fração calda, com 110 mL, obtendo um total de 1100 mL do destilado alcoólico.

A quantidade total de líquido (bebida alcoólica) a ser destilado foi calculada de acordo com a equação abaixo (CHAVES, LIMA e LOPES, 2007):

$$V = Vv \times \frac{\text{Brix do mosto} - 2}{100}$$

V → volume de líquido destilado, em litros (as três frações juntas: cabeça, coração e cauda);

Vv → volume de vinho (mosto fermentado) colocado no alambique, em litros;

Brix do mosto → brix inicial do mosto originário do vinho que será colocado na panela do alambique para produzir o volume (V) de aguardente.

3.11 Análise físico-química do destilado alcoólico

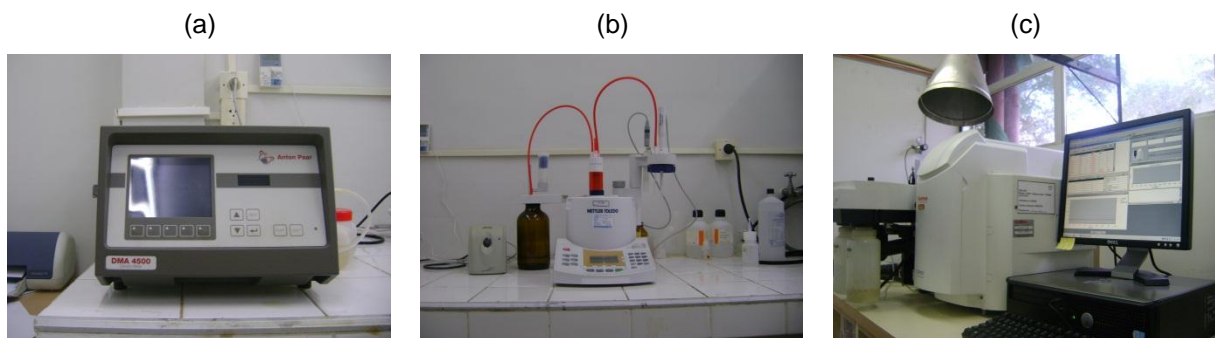
A análise físico-química do destilado e dos componentes presentes, como teor alcoólico, cobre, acidez, furfural e açúcares redutores seguem a metodologia do MAPA (BRASIL, 2005).

As análises do destilado de cajarana foram feitas no ITEP (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO – Laboratório de Análises de Resíduos de Agrotóxicos e de Bebidas Alcoólicas – LABTOX), utilizando o método POP TC 020 e IT 006 (Documentos do Sistema da Qualidade de Lab Tox), tendo como referências Bibliográficas: MAPA/DAS/CGAL – Manual da Análise de Bebidas e Vinagres, acreditação do INMETRO (CRL 0153), signatário do acordo de reconhecimento

mútuo para atividade de acreditação de organismo de certificação de produtos e de sistemas de gestão da qualidade e ambiental. D.O.U. – Seção 1 – Edição Número 124 de 30/06/2005: MAPA, instrução Normativa nº13 de 29/06/2005. D.O.U. – Seção 1 – Edição Número 184 de 25/09/2009: INMETRO, Portaria nº276 de 24/09/2009.

O teor alcoólico foi analisado em densímetro ANTON PAAR (Figura 12a), DMA 4500 (V/V) e densidade calculada em g/cm^3 , a acidez foi analisada em titulador eletrônico da marca METTLER TOLEDO/DL22 (Figura 12b), o cobre e o arsênio por Espectrometria de Absorção Atômica, em Espectrômetro EAA-001 (Figura 12c), modelo GFS97 AASpectrometer.

Figura 12 – Equipamentos utilizados para as análises do teor alcoólico, densímetro ANTON PAAR (a), acidez, titulador METTLER TOLEDO (b) e teor de cobre e arsênio Espectrômetro EAA-001 (c).



Fonte – ALVES (2011).

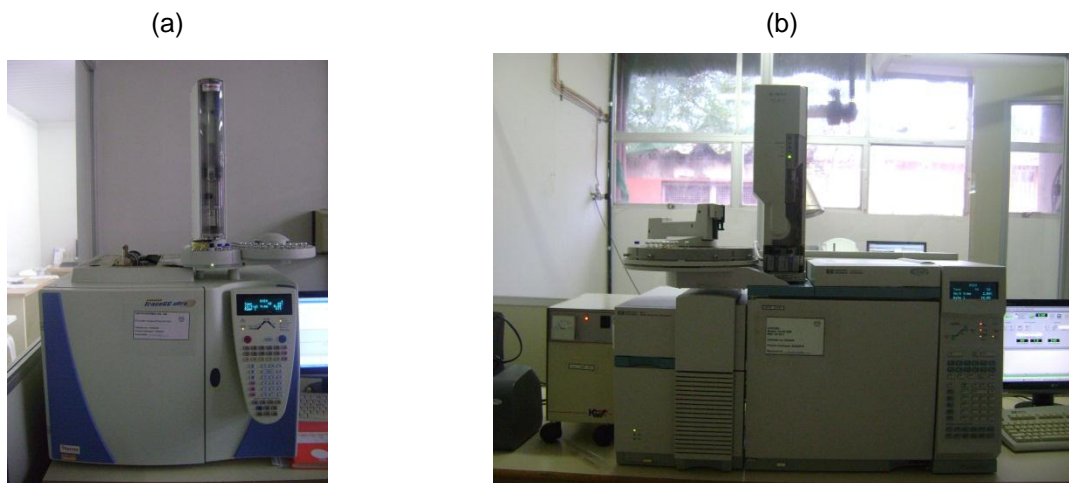
3.12 Cromatografia

A cromatografia gasosa pode ser usada para separar compostos voláteis, na qual a fase móvel é usualmente um gás relativamente inerte, os resultados são frequentemente apresentados como um cromatograma (ATKINS e JONES, 2001). De acordo com Brasil (2005), o princípio da cromatografia consiste em adicionar uma mesma quantidade do padrão interno (metil-4-pentanol-2) a bebida destilada e a uma solução com as substâncias que foram dosadas (concentração conhecida). As duas soluções são injetadas diretamente no cromatógrafo e os picos correspondentes são comparados. Para efeito de cálculos das concentrações, a diferença do pico do padrão interno nas duas soluções é levada em consideração.

Foram feitas as análises de furfural, aldeídos, ésteres, álcoois superiores (álcool n-propílico, álcool isobutílico e álcoois isoamílicos) por meio de cromatografia

em fase gasosa (CG), utilizando cromatógrafo a gás VARIAN, CGC-006, com detector de ionização de chamas FID, coluna do tipo CARBOWAX 20M (60 m x 0,25 mm x 1,0 μ m), temperatura do injetor de 230 °C e temperatura do detector de 250 °C, volume da amostra injetada de 1 μ L, utilizando como gás de arraste, Hélio Ultra Puro com fluxo de 1,5 mL/min, padrões utilizados na razão “SPLIT” 1:30 (Figura 13a). Também por cromatografia foi realizada a análise da concentração de carbamato de etila, utilizando um cromatógrafo VARIAN, CCG-003, modelo CGHP 6890, MSD: HP 5973, coluna do tipo CARBOWAX (60 m x 0,32 mm x 1 μ m), temperatura do injetor de 24 °C (SPLIR LESS) e volume da amostra injetada de 1 μ L (Figura 13b).

Figura 13 – Cromatógrafos utilizados para as análises de aldeídos, ésteres, álcoois superiores (a) e carbamato de etila (b).



Fonte – ALVES (2011).

3.13 Análise dos dados

Para avaliar a cinética de fermentação foi aplicado o teste de correlação de PEARSON ao nível de 5%, para o °brix e o teor alcoólico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise física e físico-química do fruto

Os resultados das análises físico-químicas se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 – Análises físico-químicas da polpa de cajarana.

ANÁLISES	RESULTADOS
Carboidratos (%)	9,59
Proteínas totais (%)	0,75
Lipídios totais (%)	0,60
Acidez em ácido cítrico (%)	1,39
Açúcares redutores em glicose (%)	7,22
Açúcares não redutores em sacarose (%)	6,72
Açúcares totais (%)	13,94
Sólidos solúveis em grau brix (°Bx)	11,04
pH	2,74

Fonte – Laboratório de Tecnologia de Alimentos (UFPB/João Pessoa), e no Centro de Ciências Agrárias - CCA - Laboratório de Biologia e Tecnologia de Pós-Colheita - Labiotepc (UFPB/Areia).

Observa-se na Tabela 1 que os teores de açúcares totais foi 13,94%, pois frutos maduros apresentam um teor de açúcares mais elevado que o fruto ainda em processo de amadurecimento.

Os frutos analisados apresentaram um comprimento médio de 20,11 mm e peso médio de 9,78 g, sendo a relação comprimento/peso de 2,06 mm/g.

4.2 Despulpamento

Obteve-se 23,3 kg de polpa com densidade de 1,05 g/cm³, apresentando assim um rendimento de 63,22%, com uma perda de massa de 36,78%, que foi superior as perdas de massa da maçã e da pêra, que são de 26,31% e 23,33%, respectivamente, e praticamente igual a perda de massa do pêsego (36,84%), encontrado por Mongeau *et. al.* (1989). Também foram superiores as perdas de massa encontrados por Jones *et. al.* (1990), que foram de 6 a 11% para a maçã e 34% para a pera.

4.3 Centrifugação da polpa

A polpa centrifugado produziu 12,6 kg de “suco” centrifugado, apresentando assim um rendimento de 54,08% e a massa restante, que é constituída praticamente por pectina foi desprezada.

4.4 Cinética de fermentação

Na produção do destilado alcoólico, por se tratar de um processo no qual ocorrem reações químicas, várias substâncias vão sendo formadas, algumas desejáveis, que são aquelas que conferem sabor ou que melhoram sua qualidade, mas também são formadas substâncias indesejáveis, que podem causar dissabores ou até mesmo problemas de saúde, podendo causar até a morte do consumidor, como é o caso do metanol presente nas bebidas. Para que o destilado alcoólico seja aprovada pelos órgãos competentes, como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA – e o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO – a mesma deve apresentar seus componentes dentro de um limite aceitável, tais substâncias são: álcool etílico, álcool metílico, álcoois secundários, álcool sec-butílico, álcool terc-butílico, álcoois superiores, acetato de etila, aldeído acético, cobre, chumbo, arsênio, furfural, carbamato de etila, acroleína, extrato seco, glicídios totais, ácido acético e outras substâncias que por ventura sejam formadas durante o processo de fermentação ou posteriormente.

Durante as 12 primeiras horas a fermentação se manteve em andamento com o °brix sempre diminuindo, até que o °Brix se manteve constante durante as 12 últimas horas de fermentação, o que indica que, a fermentação encerrou ou está em fase final ou que o mosto foi infectado, pois com a retirada da pectina (durante a centrifugação) o mosto perde suas defesas (ANDERSSON; WESTERLUND; AMAN, 2006).

O °Brix inicial do suco da cajarana, que é de 11,04, apresenta-se abaixo do ideal para o processo fermentativo descrito pelas literaturas, para Cantão (2006) o ideal é um °Brix próximo a 15. A fermentação ideal ocorre num intervalo de 14 a 16 °Brix, acima disto a fermentação torna-se lenta e incompleta (PATARO *et. al.*, 2002),

enquanto que °Brix menor que 10 (baixo) diminui o rendimento do destilado e facilita a infecção do mosto (LIMA, 2001).

Os dados obtidos durante o processo de fermentação se encontram na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise do °Brix, teor alcoólico, pH e acidez, durante o processo de fermentação.

Hora	°Brix	Teor alcoólico	pH	Acidez total (g/100 mL)
10h40	11,04	0	4,50	0,19
11h40	10,5	0,3	4,34	0,20
12h40	9,5	0,7	4,20	0,21
13h40	9	1,0	4,11	0,22
14h40	9	1,0	4,08	0,23
15h40	8	1,55	4,08	0,23
16h40	6,5	2,25	4,08	0,22
18h40	4	3,5	4,08	0,20
20h40	3	4,0	4,16	0,19
22h40	2,5	4,25	4,54	0,19
00h40	2,5	4,25	4,20	0,20
02h40	2,5	4,25	3,92	0,23
04h40	2,5	4,25	3,98	0,23
07h40	2,5	4,25	3,88	0,24
10h40	2,5	4,25	4,00	0,22
Média	-	-	4,14	0,21

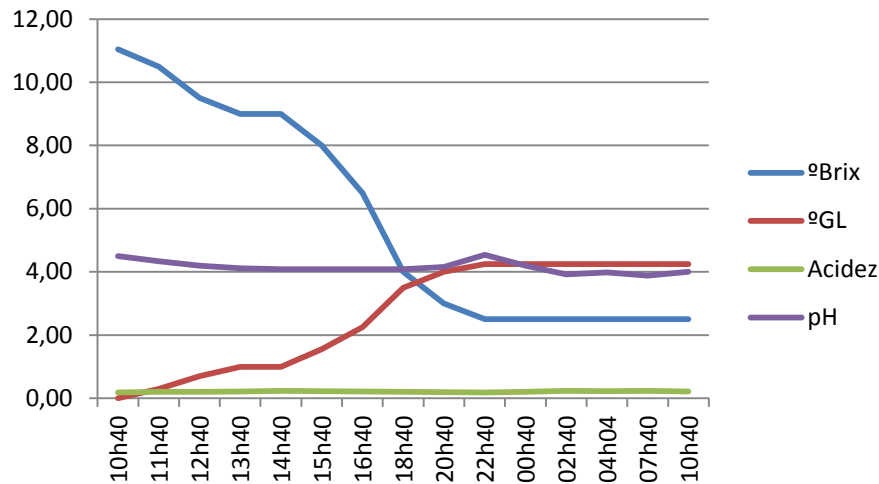
Fonte – ALVES (2011).

Ao final do processo fermentativo, deste experimento, verifica-se que o teor de açúcares (°Brix) não foi zerado, o que ocorre num período de 24 a 36 horas (LIMA, 1999), tal fato indicado que a fermentação não foi completada, uma das causas para tal problema pode ter sido, o baixo °Brix inicial do mosto (11,04), que acabou propiciando a infecção do fermento e até mesmo causando a “morte” das leveduras.

Analisando o Gráfico 1, que expressa os resultados obtidos na fermentação, verifica-se que houve decaimento do teor de sacarose (baixando o °Brix), durante as 12 primeiras horas, em decorrência do consumo do substrato (frutose e/ou glicose) pelas leveduras, formando álcool etílico e CO₂, a formação de álcool, que segue a estequiometria de consumo de frutose e/ou glicose, ou seja, quando aumenta o

consumo de mols da sacarose, aumenta o número de mols de álcool produzido, aumentando o teor alcoólico gradualmente até às 12 horas iniciais, nas 12 horas finais o teor alcoólico se mantém constante, pois não há mais consumo de substrato.

Gráfico 1 – Resultados do °Brix; °GL, pH e acidez em função do tempo (h), obtido pela cinética de fermentação.



Fonte – ALVES (2011).

O gráfico 1 mostra o comportamento do °Brix, teor alcoólico, pH e acidez em função do tempo, para a cinética de fermentação da cajarana (*Spondias sp*).

A acidez e o pH se mantêm praticamente constantes, com pequenas variações do início ao fim da fermentação, o que é normal, pois entre acidez e o pH há uma relação direta, na qual o pH depende da acidez e vice-versa. O menor pH foi de 3,88 e o maior de 4,54, ocorrendo uma variação de pH de 0,66 ($\Delta\text{pH} = 0,66$), enquanto que a menor acidez total foi de 0,19 g/100 mL e a maior foi de 0,24 g/100 mL, ocorrendo uma variação na acidez total de 0,05 g/100 mL. A acidez constante indica uma boa fermentação (AQUARONE; LIMA; BORZANI, 1975).

O pH inicial desta fermentação se encontra em 4,5. Estudos de Aquarone *et al.* (1983) mostra que o pH inicial deve estar entre 3,8 a 4,0, o que permite uma fermentação rápida, para Eiroa (1989) valores de pH menor que 4,5 desfavorecem o desenvolvimento de bactéria.

Considerando que a densidade do álcool etílico é de 0,79 g/mL, pode-se calcular a produção de álcool durante a fermentação, que foi de 34,365 g/L (4,35 °GL = 43,5 mL de álcool /L de vinho = 34,365 g/L).

4.4.1 Análise físico-química da fermentação

Comparando os dados de fermentação (pH e acidez) obtido neste trabalho, com fermentados do pseudofruto caju (TORRES NETO *et. al.*, 2006) e uva, para produção de vinho tinto (EMBRAPA, 2000), que se encontram na Tabela 3. Os valores do pH e acidez para o fermentado de cajarana corresponde a média aritmética, de todos os valores verificado durante todo o processo de fermentação.

Tabela 3 – Valores de pH e acidez em processos de fermentação, da cajarana, do caju e da uva.

Fermentado	pH	Acidez (g/L)
Cajarana	4,14	2,1
Caju	3,5	7,2
Uva	3,6	4,4

Fonte – ALVES (2011).

A fermentação da cajarana, ocorre com baixa acidez e, conseqüentemente, maior pH. A acidez total do vinho deve estar na faixa de 3,3 a 7,8 g/L (RIZZON, *et. al.*, 1994). Observando-se a Tabela 3, verifica-se que o fermentado de cajarana apresenta concentração de 2,1 g/L, sendo menor que os fermentados de caju (7,2 g/L) e de uva (4,4 g/L).

O pH inicial de 4,14 confere ao fermentado de cajarana maior resistência às infecções ou contaminações (AQUARONE *et. al.*, 1983). O fermentado, de cajarana apresenta pH igual a 4,14, isto ocorre devido a menor acidez total, em relação ao fermentado de caju (3,5) e de uva (3,6) (TORRES NETO *et. al.*, 2006) e (EMBRAPA, 2000).

4.4.2 Análise estatística

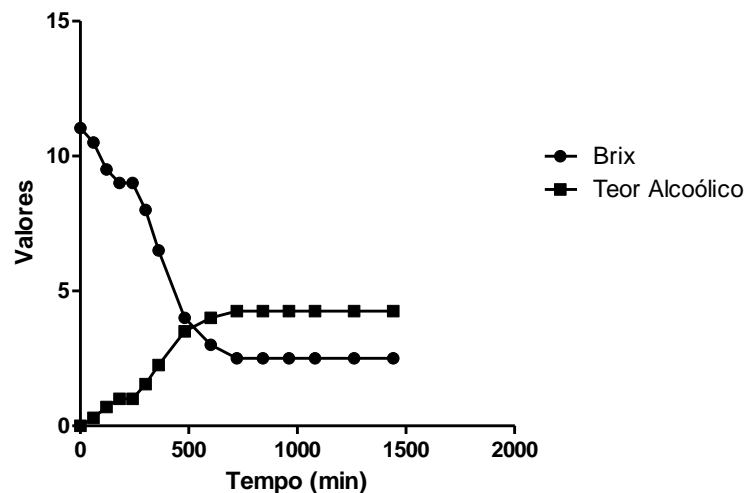
A avaliação da cinética de fermentação foi realizada aplicando o teste de correlação e PEARSON ao nível de significância de 5%, para o ° brix e o teor alcoólico.

Tabela 4 – Dados gerados pelo software Graphpad Prism, para o teste de correlação de PEARSON.

	°brix	Teor alcoólico
Number of XY Pairs	15	15
Pearson r	-0,8888	0,8891
95% confidence interval	-0,9628 to -0,6913	0,6920 to 0,9628
P value (two-tailed)	< 0,0001	< 0,0001
P value summary	****	****
Is the correlation significant? (alpha=0.05)	Yes	Yes
R square	0,7900	0,7905

Fonte – ALVES (2011).

Gráfico 2 – Correlação de Pearson para o °brix e teor alcoólico.



Fonte – ALVES (2011).

Observa-se na Tabela 4 uma correlação negativa (Pearson $r = -0,8888$), sendo observado no gráfico 2 que a fermentação passa a ser constante a partir do tempo de 720 min, apresentando uma associação em torno de 79% ($r=0,7900$). O valor de $P < 0,0001$ representa que há uma variação significativa quando se relaciona tempo x fermentação.

Para o teor alcoólico foi observado uma correlação positiva (Pearson $r = 0,8891$), sendo que a 720 min não ocorre mais variação, apesar de existir uma correlação em torno de 79% ($r=0,7905$). O valor de $P < 0,0001$ representa que há uma variação significativa quando se relaciona tempo x teor alcoólico.

4.5 Destilação

Foram obtidos 880 mL (cm^3) da fração coração do destilado, com densidade de $0,96529 \text{ g/cm}^3$ (BRASIL 2005), ou seja 849,45 g de aguardente, sendo a quantidade de fruta coletada de 36,85 kg (36.850 g) o processo final apresentou um rendimento de 2,31%, em relação ao vinho (12.060 g ou 12.493,65 mL) o rendimento foi de 7,04%, Cardoso (2001) encontrou um rendimento de aguardente de cana-de-açúcar varia de 15 a 17% do “vinho” para aguardente com 38-54% de etanol.

4.6 Análises físico-químicas do destilado

Os dados da análise físico-química para destilado alcoólico de cajarana estão apresentados na Tabela 5, juntamente com dados a serem comparados com a aguardente de jabuticaba, em trabalho realizado por Asquieri, Silva e Cândida (2009), e as análises de aguardentes e cachaças brasileiras de cana-de-açúcar realizadas por Miranda *et. al.* (2007) em parâmetro de qualidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, segundo Portaria nº 65, de 23/04/2008, para aguardentes de frutas.

Procurou-se obter um destilado alcoólico de acordo com o Índice de Digestão Alimentar – IDA, próprio para o consumo humano sem prejuízo a saúde, além de fazer a análise físico-química da bebida, o que é necessário para todos os alimentos e bebidas, sejam elas alcoólicas ou não, além de que esta avaliação determina a qualidade do produto. Para produzir uma bebida confiável, de qualidade e comercializável é necessário o seu controle de qualidade, que entre outros fatores, determina o teor alcoólico, os componentes presentes e suas respectivas concentrações.

A análise físico-química é de fundamental importância, pois a qualidade de uma bebida está ligada aos componentes nela presentes, estes por sua vez, determinam seu gosto, odor, aparência e satisfação do consumidor, por outro lado quando presentes em quantidades indesejáveis podem causar sabores desagradáveis, e até mesmo problemas de saúde como cegueira (excesso de metanol), ou até mesmo um câncer (excesso de carbamato de etila). Durante o

processo de fermentação e destilação de uma bebida várias substâncias vão surgindo, algumas desejáveis, outras não, porém todas elas devem ser controladas, pois até mesmo as desejáveis, quando presentes em grande quantidade passam a ser um problema, não só de aspectos físico-químico, como também de saúde, e as indesejáveis, quando controladas em teores limites, passam a serem aceitáveis.

Tabela 5 – Dados analíticos comparativos para destilado de cajarana, de jabuticaba e de cana-de-açúcar.

Item a ser analisado	Tolerância	Valores médios de bebidas destiladas de:		
		Cajarana	Jabuticaba	Cana-de-açúcar
Grau alcoólico	36° GL a 54° GL a 20 °C	28,94	39	40,23
Cobre*	Máx. 5mg/L	52	0,70	2,57
Arsênio	Máx. 0,1 mg/L	<0,008	-	-
Açúcares (em sacarose)	Máx. 30 g/L	<1,0	0	-
Acidez volátil	Máx. 100 mg/100 mL	214	30	55,82
Ésteres totais	Máx. 250 mg/100 mL	64,3	357	46,23
Aldeídos	Máx. 30 mg/100 mL	25	13,60	19,78
Furfural + hidroximetilfurf.	Máx. 5 mg/100 mL	<1,52	ND	0,11
Álcoois superiores**	Máx. 360 mg/100 mL	466,3	259,07	278,49
Coeficiente de Congêneres	200 a 650 mg/100 mL	769,4	659,67	400,46
Metanol	Máx. 20 mg/100 mL	62,1	4,3	8,53
Carbamato de etila	Máx. 0,15 g/L	<5 x 10 ⁻⁵	-	-
Acroleína	Máx. 5 mg/100 mL	<1,31	-	-

Fonte – ALVES (2011); Asquieri, Silva e Cândida, 2009; Miranda *et. al.*, 2007.

* A legislação de alguns países do hemisfério norte estabelece um limite de 2 mg/L de íons cobre (Cu²⁺) nos destilados alcoólicos.

** Foram considerados álcoois superiores a soma dos álcoois; n-propílico, isobutílico, n-butílico e isoamílico.

4.6.1 Teor alcoólico

O teor alcoólico do destilado de cajarana (28,94 °GL) está abaixo do mínimo estabelecido pela legislação brasileira para aguardente de frutas de 36 a 54 °GL, (BRASIL 2008). A graduação característica deste tipo de bebida é de aproximadamente 40 °GL (MARTÍNEZ *et. al.*, 1997), para a aguardente de jabuticaba (ASQUIERI; SILVA e CÂNDIDA, 2009) encontraram teor alcoólico de 39

°GL para nas análises de cachaças e aguardentes de cana-de-açúcar estudada por Miranda *et. al.* (2007), a média de teor alcoólico entre as bebidas foi de 40,23 °GL.

O baixo teor alcoólico (28,94 °GL) desta bebida se deve a dois fatores:

- Primeiro, baixo °Brix da fruta (11,04), o que indica que o fruto apresenta baixa quantidade de substrato (açúcares) para se converter em álcool. Durante o processo de fermentação, os açúcares, por ação das leveduras, são transformados em álcool etílico (SHREVE & BRINK, Jr., 1977), o que indica que a quantidade de álcool formado é diretamente proporcional a quantidade de açúcares.
- Segundo, o °brix não foi zerado, ficando em 2,5, ou seja, além da cajarana apresentar pequena quantidade de açúcares para se converter em álcool, esta pequena quantidade não se converteu completamente em álcool. A fermentação encerra entre 24 e 30 h, quando o vinho chega a zero °brix (LIMA, 1999; FARIA, 1995).

Comparando com o °brix da cana-de-açúcar, que inicia a fermentação em torno de 15 °brix e ao final da fermentação chega a zerar, obtendo uma variação de °brix de 15, a cajarana obteve uma variação de °brix de 8,54, esta variação está um pouco acima da metade da variação do °brix da cana-de-açúcar, durante a fermentação da cajarana a quantidade de açúcares que se converte em álcool é menor que esta conversão na cana-de-açúcar, baixando o teor alcoólico da bebida, que é tema deste estudo.

O destilado alcoólico de frutas segue a mesma legislação da cachaça de cana-de-açúcar, exceto para grau alcoólico cujo limite é menor (BRASIL, 2005).

4.6.2 Concentração de furfural; carbamato de etila; acroleína e arsênio

A concentração de cada um destes componentes foi inferior ao estabelecido pela legislação, como mostrado na tabela 6, sendo que o furfural apresentou valores maiores que os encontrados por trabalhos realizados por Asquieri, Silva e Cândida (2009) e por Miranda *et. al.* (2007), o que torna a bebida ausente de componentes cancerígenos.

4.6.3 Metanol

O metanol é um produto secundário e muito comum nas bebidas alcoólicas, sendo originado da degradação da pectina (PEREIRA *et. al.* 2003), a cajarana é um fruto que apresenta grande concentração de pectina, o que foi minimizado com a centrifugação, que por sua vez tem o objetivo de retirar o excesso de pectina, mas não toda pectina, na figura 14 temos a cajarana centrifugada.

Figura 14 – Cajarana centrifugada.



Fonte – ALVES (2011).

O destilado alcoólico de cajarana apresenta um teor de metanol de 62,1 mg/100 mL, ficando acima do máximo permitido pela legislação brasileira de 20 mg/100 mL (BRASIL, 2005), maior que a aguardente de jabuticaba de 4,3 mg/100 mL (ASQUIERI; SILVA; CÂNDIDA, 2009) e ainda maior que as análises das aguardentes brasileiras em estudos realizadas por Miranda *et. al.* (2007) que é de 8,53 mg/100 mL. A alta concentração de metanol no destilado de cajarana em relação as de jabuticaba e cana-de-açúcar se deve a alta concentração de pectina, na cajarana. Na figura 14, podemos ver que mesmo após a centrifugação o suco mais claro ainda fica turvo, devido ainda a alta concentração de pectina, pois a centrifugação não é suficiente para retirada completa da pectina.

4.6.4 Ésteres totais

Com relação aos ésteres, que são produtos de reações químicas ocorridas entre álcoois e ácidos carboxílicos (ROSE; HARRISON, 1970;), o valor máximo para aguardente de frutas é de 250 mg/100 mL, segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2005). O valor encontrado para o destilado de cajarana, é de 164,3 mg/100 mL, este

se encontra abaixo do valor máximo permitido pela legislação, valores maiores foram encontrados para aguardente de jabuticaba (ASQUIERI; SILVA; CÂNDIDA, 2009), que foi de 357 mg/100 mL e pelas análises para aguardentes e cachaças de cana-de-açúcar, em estudo realizados por Miranda *et. al.*(2007), que foi de 46,23 mg/100 mL.

A razoável concentração de ésteres no destilado de cajarana é o responsável pelo seu discreto aroma característico (WINHOL, 1976), tal fato possivelmente ocorreu devido ao baixo teor de álcool, formado durante a fermentação, ou de acordo com Aquarone (2001) e Boza e Horii (1999) a uma velocidade de destilação um pouco maior que o ideal.

4.6.5 Aldeídos

O valor encontrado para o destilado de cajarana foi de 25 mg/100 mL, se encontrando próximo do máximo permitido pela legislação brasileira, que é de 30 mg/100 mL (BRASIL, 2005), o que é um ponto positivo. Valores encontrados por Asquieri, Silva e Cândida (2009), para aguardente de jabuticaba e por Miranda *et.al.* (2007), em estudos de aguardentes brasileiras, foram respectivamente, iguais a 13,60 mg/100 mL e 19,78 mg/100 mL.

O aldeído acético é um composto que interfere de forma negativa na qualidade da aguardente, causando dores de cabeça, intoxicação e problemas relacionados ao sistema nervoso central (CARDOSO, 1998).

4.6.6 Álcoois superiores

O destilado de cajarana apresenta uma concentração de álcoois superiores de 466,3 mg/100 mL, que se encontra acima do limite máximo estabelecido pela legislação brasileira de 360 mg/100 mL, e acima dos valores da aguardente de jabuticaba estudada por Asquieri, Silva e Cândida (2009) que foi de 259,07 mg/100 mL e também acima dos valores das aguardentes estudadas por Miranda *et. al.* (2007) de 278,49 mg/100 mL. Este alto teor deve estar ligado diretamente ao processo de fermentação e as condições de fermentação (GIUDICI; ROMANO; ZAMBONELLE, 1990), uma vez que a concentração de álcool etílico foi baixa isto

aumentou a concentração de álcoois superiores, ou seja, pode ter havido uma má fermentação e está pode ser a explicação para o não zeramento do grau brix.

4.6.7 Acidez volátil

Para acidez volátil é permitido um máximo de 100 mg/100 mL, para o destilado de cajarana foi encontrado um valor de 214 mg/100 mL, este valor foi ainda maior que os encontrados por Asquieri, Silva e Cândida (2009), para aguardente de jabuticaba 30 mg/100 mL, e os encontrado por Miranda *et. al.*, para análises de cachaças e aguardentes de cana-de-açúcar 55,82 mg/100 mL. O ácido acético é o componente secundário de maior responsabilidade pela acidez volátil da aguardente (LIMA, 1964; NYKAMNE; NYKAMNE, 1983).

A alta acidez volátil é indicativa de contaminação microbiana advinda da falta de limpeza no processo ou do recolhimento da fração (coração) ideal do destilado (VARGAS; GLÓRIA, 1995). Como a limpeza e assepsia foi feita em três etapas (com água e sabão, com suco de limão e com água “pura”) a alta concentração de acidez volátil deve estar ligada ao recolhimento da fração coração juntamente com uma parcela da fração cauda, que apresenta grande concentração de ácidos voláteis, por apresentarem ponto de ebulição maior que o ponto de ebulição do álcool etílico.

4.6.8 Concentração de cobre

O processo de destilação foi realizado em destilador de cobre, pois o mesmo catalisa algumas reações e retira odores desagradáveis que se fixam ao destilado durante o processo de fermentação, mas apresenta o inconveniente de que a bebida passa a ter grande quantidade desse metal distribuído de forma uniforme por todo seu volume.

A concentração de cobre na aguardente de cajarana se encontra dez vezes superior ao valor máximo estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 2005), ficando até irrelevante comparar este dado com qualquer outra bebida.

O cobre apresenta a vantagem de diminuir os teores de aldeídos e metanol (FARIA, POURCHET, 1989; NASCIMENTO *et. al.*, 1998), outra vantagem é a de catalisar algumas reações e retirar odores desagradáveis que se fixam na

aguardente durante a fermentação, mas apresenta o inconveniente de que a cachaça passa a ter grande quantidade desse metal, no produto final (FARIA e POURCHET CAMPOS, 1989), o cobre ainda é maleável, bom condutor de calor e resistente ao desgaste físico.

Esta altíssima concentração de cobre no destilado pode ser, devido a utilização de um alambique de cobre virgem, a qual o mesmo foi usado pela primeira vez para realização deste trabalho. Pois a limpeza inicial foi feita em três etapas, primeiro foi feita a lavagem do destilador com água e sabão, em seguida foi lavado novamente com suco de limão e por fim foi lavado com água pura.

5 CONCLUSÃO

A produção de cajarana (*Spondias sp*), objetivando a obtenção de bebida alcoólica, com uma estrutura para um aproveitamento de 100% do fruto é sem dúvida um processo viável e de grande importância para o semiárido paraibano. No despulpamento, a casca e o caroço podem ser utilizados para produção de ração animal, uma vez que os mesmos são ricos em fibras. Na centrifugação, a pectina (a parte mais sólida) pode ser utilizada como polpa concentrada para a produção de suco, sorvete e outros, pois esta massa mantém as propriedades organolépticas e boa parte de minerais e vitaminas do fruto.

Ao fruto da cajarana que além de poder ser consumido *in natura*, ou na forma de suco, sorvete, pode ser utilizado como matéria-prima para produção de destilado alcoólico ou até mesmo para vinho.

A bebida alcoólica fermento-destilado da cajarana apresenta teor alcoólico moderado (28,94 °GL), sendo este menor que o teor alcoólico da cachaça, aguardente e whisky e maior que a do vinho e cerveja, podendo até ser considerada uma aguardente de baixo teor alcoólico, e ser consumida pura, sem ter que adicionar água de coco, refrigerante ou outro elemento qualquer para provocar a diluição da mesma.

Uma forma de aumentar o teor alcoólico (álcool etílico) do destilado da cajarana seria a adição de açúcar, até um limite de 6 g/l de suco fermentado (processo conhecido como chapitalização), mas não é objetivo deste estudo obter uma bebida com teor alcoólico padrão e sim obter uma bebida própria da cajarana (*Spondias sp*), ou até para outras *Spondias*.

O alto teor metanol no destilado alcoólico de cajarana se deve a grande concentração de pectina. Para diminuir a quantidade de metanol, pode ser realizada uma bidestilação da bebida, o que não foi possível devido a pequena quantidade de destilado obtido na primeira destilação, ou um processo enzimático para extração da pectina logo após a centrifugação.

A contaminação com cobre se deve ao fato de que o alambique utilizado era “virgem”, então é normal que a primeira destilação arraste os íons cobres presente no metal polido, o que não deve se repetir a partir da segunda destilação. Uma forma de solucionar este problema em definitivo é usar um alambique de aço inox,

mas que também tem seus pontos negativos, como por exemplo; deixar cheiros desagradáveis na bebida e não ser possível catalisar algumas reações importantes. Porém o excesso de cobre pode ser retirado usando carvão ativado ou resinas de troca iônica.

As indústrias de produção de bebidas alcoólicas derivadas de frutas estão em fase de crescimento e aperfeiçoando técnicas para melhorar a qualidade do produto final e aumentar a sua produtividade, o mesmo deve acontecer com o material deste estudo, que deve passar por mais estudos para aperfeiçoar o produto final. Os primeiros estudos foram realizados e já sabemos os caminhos para se chegar a um produto tipo exportação, que com certeza será promissor e que ajudará a alavancar o produtor e o semiárido Paraibano.

REFERÊNCIAS

- ADIO, A.M., PAUL, C., KÖNIG, W.A., MUHLE, H. Volatile components from European liverworts *Marsipella emarginata*, *M. aquatica* and *M. alpina*. **Phytochemistry**, v.61; p.79-91, 2002.
- ALMEIDA, M. E. W.; BARRETO, H. H. C. Álcoois superiores em aguardente de cana por cromatografia em fase gasosa. **Rev.Inst. Adolfo Lutz**. v.31, p.117-124, 1971.
- ALVARENGA, L. M. ; MAIA, A. B. R. A. ; OLIVEIRA, E. S. Processamento, avaliação química e sensorial de aguardente de manga (*Mangifera indica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 20, 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBCTA, 2006. 1 CD-ROM.
- ANDERSSON, R., WESTERLUND, E.; ÅMAN, P. Cell-Wall polysaccharides: structural, chemical, and analytical aspects. In: ELIASSON, A. (edited). **Carbohydrates in Food**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 129-166.
- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, 4: 149-163, 1981.
- ANDRADE, J. S.; PANTOJA, L.; MAEDA, R. N. Melhoria do rendimento e do processo de obtenção da bebida alcoólica de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 34-38, 2003.
- ANNINO, R; VILLALOBOS, R. **Process Gás Chromatography: Fundamentals and applications**, 4 ed. Washington: Instrument Society of America, 1992, 455p.
- AQUARONE, E; LIMA, U. A.; BORZANI, W. **Tecnologia das fermentações**. São Paulo: E. Blücher, 1975. v.1. 49 p.
- _____. **Biotecnologia Industrial: biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. v. 4. 544 p.
- _____. **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação: biotecnologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1983. v. 5, 243 p.
- AQUINO-NETO, F.R; NUNES, D.S.S. **Cromatografia: princípios básicos e técnicas afins**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003, 187p.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C. **Desenvolvimento sustentado da caatinga**. EMBRAPA-CNPC, Sobral, CE. 19p. (EMBRAPA-CNPC Circular Técnica; 13), 1997.
- ATKINS, P. W.; JONES L.L. **Princípios de Química: Questionando vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, Porto Alegre, 2001, p. 471 – 472.

ASQUIERI, E. R.; SILVA, A. G. M.; CÂNDIDA, M. A. **Aguardente de jabuticaba obtido da casca e borra da fabricação de fermentado de jabuticaba**. Ciências e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 29; n.4; p.896-904, out.-dez. 2009.

BABYLON. What are pectinesterases. Disponível em: <www.babylon6.demon.co.uk/pe.html>. Acesso em: dez. 2010.

BIZELLI, L. C.; RIBEIRO, C. A. F.; NOVAES, F. V. Dupla destilação da aguardente de cana: teores de acidez total e de cobre. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 4, p. 623-627, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Decreto nº 2.314 de 4 de setembro de 1997. Regulamenta a Lei nº 8.918 de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 5 set. 1997.

_____. Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 jun. de 2005, Seção 1, p. 3.

_____. Ministério da Agricultura. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 nov. 1986. Seção 1, PT. 2.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 65, de 23 de abril de 2008: **regulamento técnico para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de fruta**. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 10 dez. 2009.

BRITO, H. R. **Caracterização Química De Óleos Essenciais De *Spondias Mombin L*, *Spondias Purpurea L* E *Spondias Sp* (Cajarana Do Sertão)**. Patos-PB: UFCG, 2010, 67 p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais).

BRUNO, S. N. F. **Adequação dos processos de destilação e de troca iônica na redução dos teores de carbamato e etila em cachaças produzidas no estado do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Rio de Janeiro, 2006. 60p.

CANTÃO, F. O. **Análises físico-químicas e avaliação da presença do cobre em aguardentes de cana por alumínio silicatos**. Dissertação (Mestrado). UFLA, 2006.

CÂMARA, M. **Cachaça: prazer brasileiro**. Rio de Janeiro: Mauad, 2004., 143p.

CAMPELO, E. A. P. Agronegócio da cachaça de alambique de Minas Gerais: panorama econômico e social. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p.7-18, 2002.

CAMPBELL, C.W.; SAULS, J.W. *Spondias* in Florida. Gainesville: Florida

Cooperative Extension Service/Institute of Food and Agricultural Sciences/University of Florida, (**Fruit Crops Fact Sheet**. FC-63), p.3, 1991.

CARDELLO, H. M.A. B.; FARIA, J.B. Análise descritiva quantitativa da aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba* L.). **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.2, p.169-175, maio/jul., 1998.

CARDOSO, M. G. Análises físico-químicas de aguardentes. In: _____. CARDOSO, M. G. **Produção de Aguardente de Cana de Açúcar**. 2ª ed. Lavras, UFLA, 2006, 445 p.

_____. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras, Ed. UFLA, 264 p., 2001.

_____. Análises físico-químicas de aguardentes. In: **Produção Artesanal de Aguardente**. UFLA/FAEPE. 1998. P. 107-121.

CASCUDO, L. C. da. **Prelúdio da cachaça**: etnologia, história e sociologia da aguardente no Brasil. Rio de Janeiro, 1986. 291 p. (Coleção Canavieira, 1).

CHAVES, J. B. P.; LIMA, F. Z.; LOPES, J. D. S. “**Cachaça – Produção Artesanal de Qualidade**.” Viçosa – MG, CPT, 2007. 350P.

CIOLA, R. **Fundamentos da Cromatografia a Líquido de Alto Desempenho**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000. 179p.

CORRÊA NETO, R. S.; FARIA, J. A. F. Fatores que influem na qualidade do suco de laranja. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n.1, p. 153-60, 1999.

DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F.; LIMA, L. C. O. Metodologia para elaboração do fermentado de cajá (*Spondias mombin* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n.3, p. 342–350, 2003.

EIROA, M.N.V. Microorganismos deteriorantes de suco de frutas e medidas de controle. **Boletim SBCTA**, Campinas, v.23, n.314, p.141-160, 1989.

FARIA, J. B. **A influência do cobre na qualidade das aguardentes de cana** (*Saccharum officinerum*). Tese (Doutorado) Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989. 88 p.

FARIA, J. B.; DELIZA, R.; ROSSI, E. A. Compostos sulfurados e a qualidade das aguardentes de cana (*Saccharum officinarum* L.) **Ciênc. Tecnol. Alim** ., v.13, p.89-83, 1993.

FARIA, J. B. **Determinação dos compostos responsáveis pelo defeito sensorial das aguardentes de cana (*Saccharum sp*) destiladas na ausência de cobre**. 99F. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2000.

- FARIA, J. B. Sobre a produção de aguardente de cana. **Engarrafador moderno**. v. 6, n. 40, p. 9-16, 1995.
- FARIA, J. B.; POURCHET CAMPOS, M. A. Eliminação do cobre contaminante das aguardentes de cana (*Saccharum officinarum* L.) brasileiras. **Alimentos e Nutrição**, v.1, p.117-126, 1989.
- FELTRE, R.; SETSUO, Y. **Química orgânica**. São Paulo: Moderna, 1974 v. 4, 670 p.
- FERNANDES, A. P. et al. Pattern recognition applied to mineral characterization of Brazilian coffees and sugar-cane spirits. **Spectrochimica ACTA**, Part B, [S.I.], 2005.
- FERNANDES, S. M.; OLIVEIRA, F. N.; **Química**. 3ª ed. 2010, p. 13.
- FIGUEIREDO, M. B.; PASSADOR, M. M.; COUTINHO, L. N. A “ferrugem” ou verrugose dos frutos da ciriguela (*Spondias purpurea* L.) causada por *Elsinoe spondiadis* Watson e Jenkins. **Biológico**, São Paulo, v. 68, n. 2, p. 5 - 7, jan./dez., 2006.
- FNP CONSULTORIA e COMÉRCIO: Agrarianual 2004.: Anuário da agricultura brasileira. **A potência do álcool nos próximos dez anos**. São Paulo, 2004. p. 213-215:
- FRANCO, B.D.G. de M.; LANDGRAF, M.; DESTRO, M.T. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 174p.
- GIUDICI, P.; ROMANO, P.; ZAMBONELLE, C. A biometric study of higher Alcohol production in *Saccharomyces Serevisiae*. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v.33, n. 2, p. 61-64, Jan. 1990.
- GIULIETTI, A.M., R.M. HARLEY, L.P. QUEIROZ, M.R.V. BARBOSA, A.L. BOCAGENA & M.A. FIGUEIREDO. **Espécies endêmicas da caatinga**. p. 103-118 In: Vegetação e flora da caatinga (SAMPAIO, E.V.S.B., A.M. GIULIETTI, J. VIRGINIO & C.F.L. GAMARRA-ROJAS, ed.). APNE/CNIP, Recife, PE. 2002.176p.
- GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. 11.ed. São Paulo: Nobel. 1975. 446 p.
- Governo de Pernambuco, Museu da cachaça, Lagoa do Carro. Brasil. **A História da Cachaça**. Disponível em <<http://www.museudacachaca.com.br/historia.html>>, acesso em 14/09/2009.
- HARBORNE, J.B.; WILLIAMS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v.52, p.481-504, 2000.
- HEIM, K.E. *et al.* Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **J Nutr Biochem**, v.13, p.572-584, 2002.
- BOZA, Y.; HORII, J. Boletim SBCTA: **A destilação na obtenção de aguardente de cana-de-açúcar**. v. 33, n. 1, p. 98-105, 1999.

INMETRO. Portaria n.º 126, de 2005. Aprova o Regulamento de avaliação da conformidade da cachaça. DOU, Brasília. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <www.inmetro.gov.br>. Acesso em 05 ago. 2010.

JONES, R.P.; PAMMENT, N.; GREENFIELD, P.F. Alcohol fermentation by yeasts: The effect of environmental and other variables. **Process Biochemistry**, London, v.16, p-42-49, 1981.

JONES, G.P., BRIGGS, D.R., WAHLQUVIST, L.M., FLENTJE, S.B.J. Dietary fiber content of Australian foods. 3. Fruits and fruits products. **Food Australia**, North Sydney, v.42, n.3, p.143-145, 1990.

KÖNIG, W.A., BÜLOW, N., FRICKE, C., MELCHING, S., RIECK, A., MUHLE, H. The esquiterpene constituents of the liverwort *Preissia quadrata*. **Phytochemistry**. V.43, p.629-633, 1996.

KORTBECH, O.R. Rising demand for tropical fruit juices and pulp. **International Trade Forum**, v. 26, n. 4, p. 12-17, 1990.

LÉAUTÉ, R. Distillation in alambic. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 41, n. 1, p. 90-103, 1990.

LEON, J.; SHAW, P. E. Spondias: the red mombin and related fruits. In: NAGY, S.; SHAW, P.E.; WARDOWSKI, W.F. (Ed.). **Fruits of tropical and subtropical origin, composition, properties and uses**. Lake Alfred, Flórida, Florida Science Source, 1990. p. 116-126.

LEHTONEN, M.; JOUNELA-ERIKSSON, P. Volatile and non-volatile compounds in the flavor of alcoholic beverages. In: PIGGOTT, J. R. **Flavor of distilled beverages: Origin and Development**. Flórida: Verlag Chemie International Inc., 1983. p. 64-78.

LIMA, U. A. Aguardentes. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; LIMA, V. A. **Biotechnologia Industrial: biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. v. 4, 544 p.

LIMA, U. A. **Aguardentes**. São Paulo: Edgard Blucher, 1983. p.79-103. (Biotechnologia,v.5).

_____. **Aguardente**. Fabricação em pequenas destilarias. Piracicaba: Fundação Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1999. p. 187.

_____. **Estudo dos principais fatores que afetam os componentes do coeficiente não álcool das aguardentes de cana**. 141 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1964.

MARLETT, J.A.; VOLLENDORF, N.W. Dietary fiber content and composition of different forms of fruits. **Food Chemistry**, Barking, v.51, p.39-44, 1994.

MARTÍNEZ, R. G. et al. Evolucion de los parâmetros físico-químicos em aguardientes macerados com madeira de roble: influencia del tiempo de maceración. **Alimentaria**, n. 284, p. 111-117, 1997.

MARTINS, S.T.; MELO, B. *Spondias* (cajá e outras). **Net**, Uberlândia, MG, abr. 2010. Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, MG. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/cajá.html>>. Acessado em: 01/04/2010.

MENDES, B.V. **Importância social, econômica e ecológica da caatinga**: p. 72-121 In: Anais do Simpósio Brasileiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido, 1, Mossoró. Fundação Vingt-Un Rosado, CEMAD, Mossoró, RN. (Coleção Mossoroense, Série C, 948). 1997.

MIRANDA, M. B.; MARTINS, N. G. S.; BELLUCO, A. E. S.; HORII, J.; ALCARDE A. R. Qualidade química de cachaças e aguardentes brasileiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 897-901, 2007.

MITCHELL J.D.; DALY, D.. Revisão das espécies neotropicais de *Spondias* (*Anacardiaceae*) In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, São Paulo, 1995. **Anais**. São Paulo: USP, 1995, p 207.

MORAES, F. V. Como controlar a qualidade da cachaça. **Engarrafador Moderno**, v. 10, n. 85, p. 24-29, mai. 2001.

MORAIS, P. B.; LINARD, V. R.; PATARO, C.; MAIA, A. B. R. A. Characterization and succession of yeast populations associated with spontaneous fermentations during the production of Brazilian sugar cane. **World Journal Microbiology and Biotechnology**, v. 13, p. 241-243, 1997.

MONGEAU, R.; BRASSARD, R.; VERDIER, P. Measurement of dietary fiber in a total diet study. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.2, p.317-326, 1989.

NASCIMENTO, R. F.; CARDOSO, D. R.; LIMA NETO, B. S.; FRANCO, D. W. Influência do material de alambique na composição química das aguardentes de cana-de-açúcar. **Química Nova**, v.21, p.735-739, 1998.

NEVES, V. J. M. **Uso do resíduo de produção de farinha de mandioca (crueira) na produção de álcool fino**, Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu, SP, 2004.

NOGUEIRA, A. M. P.; VENTURINI, Filho, W. G. **Aguardente de cana**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2005. 71p.

NOGUEIRA, J. M. F; MIKHAIL, S. T. Um legado para a cromatografia moderna. **Química**, São Paulo, n.100, p.51-56, 2006.

NOVAIS, F.V. **Tecnologia de aguardente de cana**. Piracicaba – SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. USP, 1974. 104f. (Apostila do I Curso de extensão).

NOVAES, F. V. **Tecnologia da aguardente**. Piracicaba: Centro Acadêmico Luiz de Queiroz, 1970. 143p.

NYKAMEN, L; NYKAMEN,I. **Rum flavour of distilled beverages: Origin and development**. Piggott, J. R. ED. Society of chemical industry / Ellis Harwood Limited. Chichester, UK p.49-63. 1983.

OLIVEIRA, A.F. et al. **Sistema agroindustrial da cachaça e potencialidades de expansão das exportações**. Fearp. Disponível em: <http://www.fearp.usp.br/egna/resumos/Oliveira.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2010.

OLIVEIRA, C. R.; GARÍLIO, H. A.; RIBEIRO, M. M.; ALVARENGA, M. S. P.; MAIA, F. X.; **Cachaça de Alambique – Manual de Boas Práticas Ambientais e de Produção**. Belo Horizonte: SEMAD/FEAM, 2005. 72 p. (Convênio de Cooperação Técnica - SEAPA/SEMAD/AMPAQ/FEAM/IMA).

PATARO, C.; GOMES, F. C. O.; ARAÚJO, R. A.C.; ROSA, C. A.; SCHWAN, R. F.; CAMPOS, C. R.; CLARET, A. S.; CASTRO, H. A. Utilização de leveduras selecionadas na fabricação da cachaça de alambique. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 37-43, 2002.

PEREIRA, A. F., **Suplementação de nitrogênio sobre a fermentação alcoólica para a produção de cachaça, cerveja e vinho**. Viçosa, MG, 2007.

PEREIRA, N. E.; CARDOSO, M. G.; AZEVEDO, S. M.; MORAIS, A. R.; FERNANDES, W.; AGUIAR, P. M.; **Ciência e Agrotecnologia** 2003, 27, 1068.

PERES, T.B. Noções básicas de cromatografia. **Biológico**. São Paulo, v.63, n.2, p.227-229, 2002.

PIGGOTT, J. R.; SHARP, R.; DUNCAN, R. E. B. **The science and technology of whiskies**. New York: Longman Scientific & Technical, 1989. p.235-63.

POTTER, N. N. **Food Science**. Westport: AVI publ. 5ª edição, 1980.

RECOMMENDED DIETARY ALLOWANCES. **Subcommittee on the Tenth Edition of RDAs**. Washington, National Academic Press, 1989. Cap.10. p.195 - 246.

RIBEIRO, C. A. F.; HORII, J. **Potencialidades de linhagens de levedura *Saccharomyces cerevisiae* para a fermentação do caldo de cana**. Scientia Agrícola, v.56, p.255-263, 1999.

RIZZON, L.A.; ZANUS, M.C.; MANFREDINI, S. **Como elaborar vinho de qualidade na pequena propriedade**, 3ªed., Bento Gonçalves: EMBRAPA-CNPV, 1994. 36p.

RODRIGUES, A. E. M. e RODRIGUES, P. O. Revolta da Cachaça: Uma Manifestação Popular Que Demonstrou Organização em Torno dos Seus Interesses Contra O Poder Excessivo. **Mneme – Revista de Humanidades**. Caicó, v. 9, n. 24, Set/out. 2008.

ROSE, A.H.; HARRISON, J.S. (Eds.). **The Yeasts**: Yeast technology. London: Academic Press, 1970. v.3, p.349-419.

ROSE, A. H. and HARRISON, J.S. 2^o edition. **Academic Press**, 1987.

SCHWAN, R. F. et al. Microbiology and physiology of cachaça (aguardente) fermentations. **Journal of Microbiology**, v. 79, p. 89-96, 2001.

SCHOTTLER, P., HAMATSCHEK, J. Application of decanters for the production of tropical fruit juices. **Fruit Processing**, v. 4, n. 1, p. 198-301, 1994.

SEBRAE. **Estudo de viabilidade econômica**: simulação da produção de 60 mil litros de cachaça/safra. Belo Horizonte-MG, 2005. 70 p.

SERPE, E.R.; FREITAS, R.J.S. Avaliação do cobre e zinco em alimentos de consumo diário. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 9, n. 2, p. 141-8, 1991.

SIEBALD, H. G. L.; CANUTO, M. H.; LIMA, G. M.; SILVA, L. B. B. Alguns aspectos toxicológicos da cachaça. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 59-62, 2002.

SHREVE, R. N.; BRINK Jr, Joseph A. **Indústrias de Processos Químicos**, 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 469 – 474, 1977.

SILVA, A.Q. da, SILVA, H., NOBREGA, J.P. da, MALAVOLTA, E. **Conteúdo de nutrientes por ocasião da colheita em diversas frutas da região Nordeste**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1983, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF/EMPASC, 1984. v. 1.

SILVA, L. R. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de genótipos de umbu-cajazeiras (*Spondias sp*) oriundos da microrregião de Iguatu, CE**. 2008. 135f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba-Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2008.

SILVA, P.H.A.; NÓBREGA, I.C.C. Physical-chemical characterization of commercial brands of brazilian sugar cane spirit. **MBAA Technical Quarterly**, v.38, n.3, p.163-166, 2001.

SOUZA, F. X. de; ARAÚJO, C. A. T., **Avaliação dos métodos de propagação de algumas *Spondias* agroindustriais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1999, 8p. (Comunicado técnico, 31).

SOUSA, L. G.; LLISTÓ, A. M. S. M. Alguns componentes do coeficiente não álcool da aguardente de cana: determinação por cromatografia de fase gasosa. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, n. 3, p. 109, 1978.

SCHOTTLER, P.; HAMATSCHEK, J. Application of decanters for the production of tropical fruit juices. **Fruit Processing**, v. 4, n. 1, p.198-301, 1994.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1993. 338 p .

STUPIELLO, J.P.; HORII, J. Condução da fermentação alcoólica. **Saccharum**, v.4, n. 17, p. 43-46, 1981.

SUN, J, CHU, YF, WU, X, LIU, RH. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **J Agric Food Chem**, v.50, p.7449–7454, 2002.

SUOMALAINEN, H.; LEHTONEN, M. The production of aroma compounds by yeast. **Journal of the Institute of Brewing**, London, n. 85, p. 149–156, 1979.

TORRES NETO, A.B.; SILVA, M.E.; SILVA, W.B.; SWARNAKAR, R.; SILVA, F.L.H. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale* L.). **Quim. Nova**, Vol. 29, N. 3, p. 489-492, 2006

VALENTE, A.L.P.; COLLINS, C.H.; MANFREDI, J.E. Conceitos básicos de cromatografia líquida de alta eficiência. **Química Nova**, São Paulo, p.103-109, jul. 1983.

VALSECHI, O. **Aguardente de cana-de-açúcar**. 4.ed. São Paulo: Livrocere, 1960. 120p.

VARGAS, E.A.; GLORIA, M.B. Qualidade da aguardente de cana produzida, comercializada e/ou engarrafada no Estado de Minas Gerais. **Ciências Tecnologia de Alimentos**, v. 15, n. 1, p. 43-46, 1995.

VILELA, F. J.; CARDOSO, M. G.; MASSON, J.; ANJOS, J. P. Determinação das Composições Físico-Químicas de Cachaças do Sul de Minas Gerais e de suas Misturas. **Ciências Agrotecnicas**, Lavras, v.31, n. 4, p.5, 2007.

YOKOYA, F. **Fabricação de aguardente de cana** (série fermentações industriais, nº 2). Campinas, SP: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia “André Tosello”, 1995, 93p.

WAGGONER, D. J.; BARTNIKAS, T. B.; GITLIN, J. D. The role of copper in neurodegenerative disease. **Neurobiology of Disease**, Washington, v. 6, p. 221-230, Apr. 1999.

WATSON, K. Temperature Relations In: **The Yeasts**:, v.2, c.3, p.41-71. Edited by

WINDHOLZ, M. **The Merck index**. Rahway: Merck, 1606 p, 1976.