

## ESTUDO PARA VERIFICAR O POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DE RAMBUTÃ COMO MATÉRIA-PRIMA PARA ELABORAÇÃO DE FERMENTADO

Márcia Regina Cancio Santiago<sup>1</sup>, Paulo Henrique Bastos Freitas<sup>2</sup>,  
Nicolle Ribeiro Uchôa<sup>3</sup>, Lúcia Schuch Boeira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal do Amazonas – CMC/IFAM  
(E-mail: [marcia.cancio@gmail.com](mailto:marcia.cancio@gmail.com))

<sup>2</sup> Instituto Federal do Amazonas – CMC/IFAM  
(E-mail: [paulo\\_hbf\\_11@yahoo.com.br](mailto:paulo_hbf_11@yahoo.com.br))

<sup>3</sup> Instituto Federal do Amazonas – CMC/IFAM  
(E-mail: [nicolleuchoa@hotmail.com](mailto:nicolleuchoa@hotmail.com))

<sup>4</sup> Instituto Federal do Amazonas – CMC/IFAM  
(E-mail: [lucia.boeira@ifam.edu.br](mailto:lucia.boeira@ifam.edu.br))

### RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de desenvolver um fermentado utilizando como matéria-prima o rambutã, uma alternativa para agregar tecnologia ao fruto e desenvolver um produto inovador. Todos os experimentos foram realizados no Laboratório de Alimentos do Campus Manaus Centro e os frutos foram processados imediatamente após a recepção no laboratório. Os experimentos foram realizados com frutos das safras de 2011, 2012, 2013, 2015, 2016 e 2017. Para estabelecer os processos tecnológicos mais adequados para a elaboração do fermentado foram estudadas as diferentes variáveis que podem interferir diretamente na qualidade do produto final, abrangendo os processos upstream (extração do suco e preparo do mosto), fermentação (levedura e temperatura) e processos downstream (estabilização a frio, sulfitagem, engarrafamento). Os fermentados obtidos foram submetidos a análises físico-químicas e sensorial utilizando o teste de preferência. Através dos experimentos realizados com rambutã proveniente de diferentes safras (2011 a 2017) foi possível estabelecer os processos upstream, fermentação e downstream adequados para a elaboração de fermentado com características sensoriais satisfatórias e com parâmetros físico-químicos de acordo com a legislação vigente.

**Palavras-chave:** rambutã; tecnologia; fermentação; bebida alcoólica

1 Tecnóloga de Alimentos, IFAM-CMC;

2 Tecnólogo de Alimentos, IFAM-CMC;

3 Tecnóloga de Alimentos, IFAM-CMC;

4 Professora de Tecnologia de Alimentos, IFAM-CMC.

## ABSTRACT

This work was carried out with the objective of developing a wine using rambutan as raw material, an alternative to add technology to the fruit and develop an innovative product. All experiments were carried out at the Food Laboratory of the Campus Manaus Center and the fruits were processed immediately after receiving in the laboratory. In order to establish the most appropriate technological processes for the preparation of the wine, the different variables that could directly interfere in the quality of the final product were studied, including upstream processes (juice extraction and preparation of the must), fermentation (yeast and temperature) and downstream processes (cold stabilization, sulphation, bottling). The obtained wines were submitted to physicochemical and sensorial analysis using the preference test. Through the experiments carried out with rambutan from different harvests (2011 to 2017) it was possible to establish upstream, fermentation and downstream processes suitable for the elaboration of wine with satisfactory sensorial characteristics and physicochemical parameters according to the current legislation.

**Keywords:** rambutan; technology; fermentation; alcoholic beverage

## INTRODUÇÃO

A elaboração de bebidas alcoólicas é um dos processos mais antigos que acompanham a civilização, iniciada há milhares de anos com a produção de cerveja e vinho. Atualmente, apesar da tecnologia já estabelecida para a produção dessas bebidas alcoólicas, pesquisas são realizadas continuamente buscando aprimorar a produtividade, o processo de produção e a qualidade do produto final. A produção de bebidas alcoólicas, além de contribuir como fonte de geração de capital e trabalho, também muitas vezes são caracterizadoras e fazem parte da cultura e tradição de suas regiões produtoras (VENTURINI FILHO 2010).

Além da uva, outras frutas têm sido utilizadas para a produção de bebidas alcoólicas fermentadas. Entre as mais difundidas estão a maçã (Sidra) e a pêra (Perry), porém inúmeras pesquisas já foram realizadas com diversos frutos visando a sua utilização como matéria-prima para a produção de fermentados. Estas pesquisas geralmente surgem como alternativa para o aproveitamento do excesso de produção frutícola de certas regiões ou como uma inovação tecnológica (PANTOJA *et al.*, 2001, SANTOS *et al.*, 2005, CHIARELLI *et al.*, 2005, DIAS *et al.*, 2003).

O rambutã (*Nephelium lappaceum* L.) é o fruto de uma árvore tropical de tamanho médio e originária da Malásia, sendo cultivado em diversos países da Ásia e na Austrália. No Brasil, existem plantações nos estados da Bahia, Pará, Amazonas, Rondônia e Acre. O fruto, é uma drupa globosa ou ovóide produzida em cacho,

possui casca de cor vermelha, podendo também apresentar cor amarela ou alaranjada, delgada e coberta por protuberâncias ou espinhos flexíveis, semelhantes aos de urucum, que para rompê-la, uma pequena pressão é o suficiente. O arilo (polpa) é translúcido branco a amarelo-claro, adocicado e suculento, variando em consistência, espessura e na facilidade de soltar-se da semente. Os frutos apresentam peso de 20 a 60 g sendo 30 a 58% de arilo, 40 a 60% de pericarpo e 4 a 9% de semente (SACRAMENTO *et al.*, 2007).

ANDRADE *et al.* (2008), estudaram a caracterização morfológica e química de frutos de rambutã e demonstraram que, dentre as variáveis físicas e químicas avaliadas, a que exerceu maior influência na divergência entre os frutos analisados foi o peso da casca, seguido pelo teor de SST ( $^{\circ}$ Brix). O teor de SST nos frutos analisados variou de 7,93 $^{\circ}$ Brix a 19,50 $^{\circ}$ Brix. A elevada concentração de açúcar no rambutã é uma característica importante para a elaboração de bebida alcoólica, pois minimiza a necessidade de chaptalização durante a preparação do mosto. Além do elevado teor de açúcar, o rambutã é rico em minerais, principalmente cobre e manganês, correspondendo a 20% e 10%, respectivamente, da ingestão diária recomendada (IDR) para adultos, e vitamina C, correspondendo a 66% da IDR (WALL 2006).

De acordo com ONG *et al.* (1998), o rambutã possui, dentre os seus compostos voláteis, a  $\beta$ -damascenona, cetona que confere uma característica frutal-floral responsável pelo aroma de várias frutas dentre elas uvas, maçãs e tomates. LAOHAKUNJIT, *et al.* (2006) demonstraram que os principais contribuintes para o aroma do rambutã da Tailândia foram o isocitonelol (aroma floral, rosa intenso e fraco aroma de fruta), 3-hidroxi-2-butanona, pentanal e 4-tridecil valerato.

Considerando os dados publicados referente ao perfil químico e aromático do rambutã, este trabalho foi realizado com o objetivo de desenvolver um fermentado utilizando como matéria-prima o rambutã, uma alternativa para agregar tecnologia ao fruto e desenvolver um produto inovador.

## MÉTODO OU FORMALISMO

Para a realização dos experimentos, os frutos foram adquiridos em feira e diretamente de propriedades rurais próximas a cidade de Manaus. Todos os experimentos foram realizados no Laboratório de Alimentos do *Campus* Manaus Centro e os frutos foram processados imediatamente após a recepção no laboratório. Os experimentos foram realizados com frutos das safras de 2011, 2012, 2013, 2015, 2016 e 2017.

## 2.1. Elaboração do fermentado de rambutã

Para estabelecer os processos tecnológicos mais adequados para a elaboração do fermentado foram estudadas as diferentes variáveis que podem interferir diretamente na qualidade do produto final, abrangendo os processos upstream (extração do suco e preparo do mosto), fermentação (levedura e temperatura) e processos downstream (estabilização a frio, sulfitagem, engarrafamento).

### 2.1.1 Processos upstream

Para a extração do suco, as cascas foram retiradas manualmente e a despolpa foi realizada de forma manual ou com auxílio de uma despolpadeira. Após a obtenção da polpa, o suco foi obtido através da prensagem da polpa em pano limpo e previamente fervido ou através de prensa pneumática ou através de centrífuga.

Para o preparo do mosto, foram estudadas as operações de sulfitagem, correção de pH, filtração, adição de suplemento para levedura e adição de coadjuvante tecnológico. A sulfitagem foi realizada através da adição de metabissulfito de potássio logo após a extração do suco para atingir concentração inferior a 10 ppm de  $\text{SO}_2$  livre. A correção de pH foi realizada com adição de ácido tartárico. A filtração foi realizada a vácuo com a utilização de terras de filtração. Foi utilizado um frasco tipo Kitassato de 1L, onde foi acoplado um funil tipo Buchner. No funil foi colocado um papel filtro (diâmetro de 12,5cm, gramatura de 80g/m<sup>2</sup>) e preparada uma pré-capa com a utilização de 5% de prefibra (Biotecsul) e após o suco adicionado de 10% de terra biofilter 500 (BF500) foi filtrado (Figura 1). A prefibra consiste em uma combinação elaborada para pré-capas constituídas de celulose e farinhas fósseis diatomíticas de diversas granulometrias. O biofilter é uma terra inerte e insolúvel aplicada em filtrações de profundidade, ela forma uma camada comprimida, caracterizada por uma apertada rede de canais microscópicos que impedem a passagem de partículas sólidas e impurezas suspensas nos líquidos.

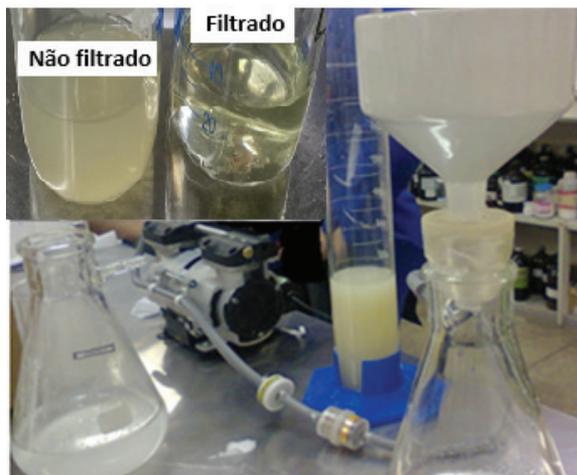


Figura 1. Filtração a vácuo com a utilização de terras de filtração e suco não filtrado e filtrado.

A adição de suplemento para levedura foi realizada através da adição no mosto de Thiazote® (Laffort). O Thiazote® consiste em uma combinação de sais de amônio e de tiamina (vitamina B1) e tem a função de acelerar e viabilizar a fermentação, pois corrige os nutrientes necessários para a proliferação e viabilidade das leveduras, bem como atua na diminuição do teor de ácidos cetônicos (o papel de tiamina) formados durante a fermentação. A concentração de Thiazote® adicionada seguiu a recomendação do fabricante. Foi utilizado o coadjuvante Manotec Arom® (EnartisFerm, Biotecsul) e a concentração utilizado seguiu a recomendação do fabricante (0,40 g/L). O coadjuvante foi utilizado imediatamente antes da inoculação da levedura. De acordo com o fabricante, o Manotec Arom®, graças ao seu conteúdo em manoproteínas e glutatião, desenvolve uma ação protetora dos componentes aromáticos e polifenólicos auxiliando na obtenção de produtos aromaticamente mais intensos, limpos e frescos.

### 2.1.2 Fermentação

As fermentações foram realizadas em garrafas de vidro com capacidade de 740 ml ou garrafões de vidro com capacidade de 4,6 L, munidos de válvula airlock (Figura 2). As fermentações foram conduzidas por diferentes leveduras e em diferentes temperaturas (15°C e 25°C). Foram utilizadas diferentes cepas da levedura *Saccharomyces cerevisiae* caracterizadas por apresentarem habilidades diferentes. As leveduras utilizadas RossoFruto (RF), Biolevito Cerevisiae (SC) e Biolevito Bayanus (SB) foram adquiridas da empresa Biotecsul (Caxias do Sul/RS) e a Blastosel Grand Cru (Blastosel) da empresa Vêneto Mercantil (Flores da Cunha). As recomendações dos fabricantes foram seguidas para a elaboração dos inóculos. A evolução da

fermentação foi acompanhada pela determinação do teor de SST (°Brix) a cada 24 h e o final da fermentação foi determinado quando ocorreu a estabilização do teor de SST em duas medidas consecutivas.



Figura 2. Garrafas de vidro munidas de válvula airlock utilizadas como fermentadores.

### 2.1.3 Processos downstream

Após o término da fermentação e trasfega, o fermentado foi mantido durante no mínimo 15 dias em temperatura entre 0 a 1°C para a estabilização tartárica. Após este período, foi novamente realizada a trasfega com o objetivo de desprezar os cristais formados no fundo dos recipientes. Após a determinação do teor de  $\text{SO}_2$  livre, foi realizado a sulfitação através da adição de metabissulfito de potássio para atingir no máximo 50 ppm de  $\text{SO}_2$  livre. Após, o fermentado foi engarrafado em garrafas de vidro de 740 ml e tampadas com rolha de cortiça.

### 2.2. Análises físico-químicas

Para a caracterização físico-química dos fermentados de rambutã foram realizadas as determinações de densidade, sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez total e volátil, dióxido de enxofre livre e total, açúcar redutor, teor alcoólico, extrato seco, cinzas e índices de cor. Todas as determinações seguiram a metodologia descrita por JACOBSON (2006) e RIZZON (2010). A densidade foi determinada através de densímetro (Incoterm), o teor de SST (°Brix) através de refratômetro portátil, o pH através de pHmetro de bancada (Hanna Instruments), acidez total e volátil através de titulação volumétrica, usando uma solução de hidróxido de sódio 0,1 N e solução alcoólica de fenolftaleína a 1%, o dióxido de enxofre livre e total através de titulação iodométrica baseada no método Ripper, o açúcar através do método Lane-Eynon, o teor alcoólico através de ebulliometria, o extrato seco através da evaporação da amostra em banho-maria e secagem em estufa a  $100 \pm$

5°C até peso constante e as cinzas pela calcinação a uma temperatura de 550°C até a combustão completa.

## 2.4. Análise sensorial

Para a realização da análise sensorial foi utilizado o Teste de Preferência. As amostras de fermentado (30 mL), codificadas com números aleatórios, foram servidas em copos em forma de tulipa (Figura 3). Participaram do teste entre 10 e 30 degustadores não treinados. As amostras foram apresentadas com códigos de três dígitos e o degustador identificava a amostra preferida.



Figura 3. Amostras de fermentado servidas em copos tulipa utilizados na análise sensorial

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento realizado, com frutos da safra de 2011, o suco foi obtido manualmente e a fermentação foi conduzida a 25°C com três leveduras diferentes (SB, SC e RF). Para cada uma das leveduras empregadas, quatro repetições do processo fermentativo foram realizadas. As médias obtidas para o teor de SST durante a fermentação pelas três leveduras utilizadas estão demonstradas na Figura 4.

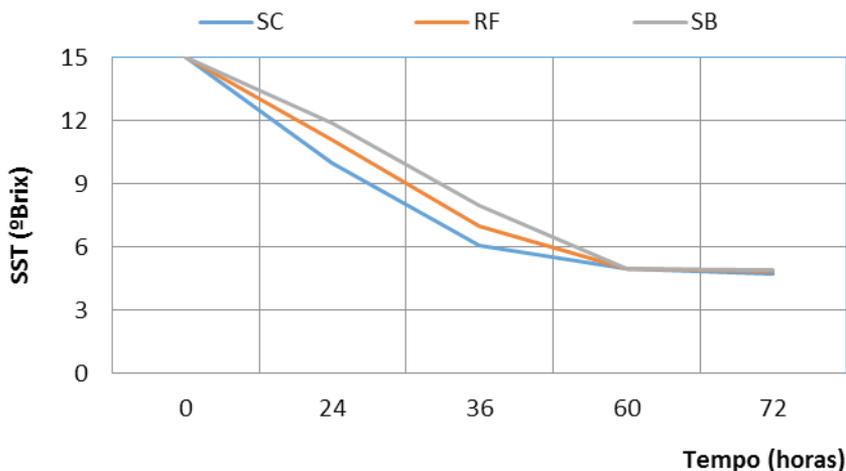


Figura 4 – Evolução da fermentação conduzida a 25°C pelas leveduras SC, RF e SB.

Conforme resultados apresentados na Figura 4, pode-se observar que apesar de uma pequena diferença na redução do teor de SST durante a fermentação quando comparada as três leveduras empregadas, não houve diferença no tempo de fermentação e todas as leveduras finalizaram a fermentação em 72 horas.

Os fermentados obtidos foram submetidos a análise sensorial através da utilização de teste de preferência e os resultados adquiridos demonstraram que 79% dos degustadores preferiram o fermentado elaborado com a utilização da levedura RF e 21% preferiram o fermentado elaborado com a levedura SB (Figura 5).

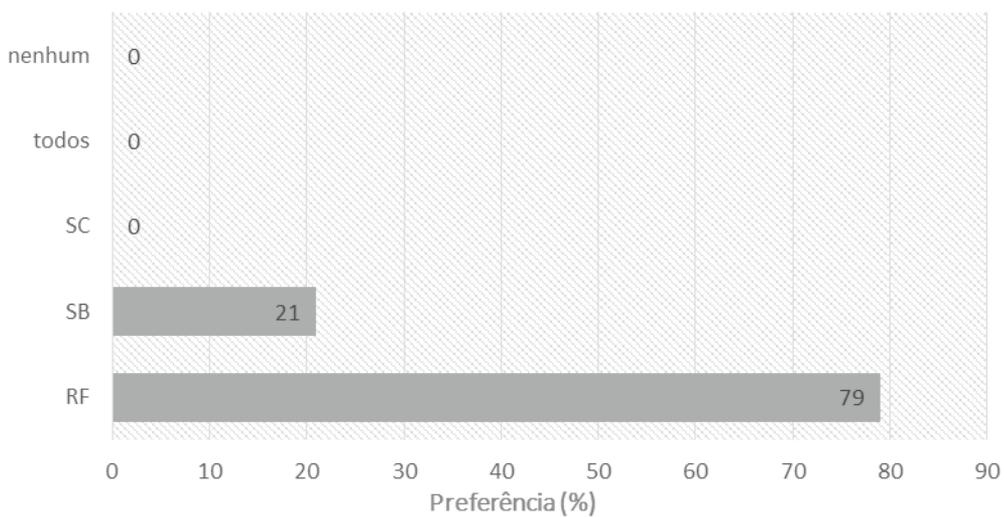


Figura 5 – Percentual de preferência obtido através de análise sensorial dos fermentados obtidos com a utilização das leveduras SC, RF e SB.

No experimento 2, os frutos foram provenientes da safra de 2012. As fermentações foram conduzidas com as três leveduras empregadas no experimento 1 (RF, SB e SC), porém foi realizada a chaptalização no mosto e as fermentações foram conduzidas em diferentes temperaturas (18°C e 30°C). A evolução das fermentações realizadas com as diferentes leveduras e em diferentes temperaturas estão demonstradas na Figura 6.

Como esperado, as fermentações conduzidas a 30°C foram mais rápidas do que as conduzidas a 18°C (Figura 6). A cinética das fermentações realizadas com as três leveduras utilizadas foi semelhante quando considerada cada uma das temperaturas utilizadas.

No entanto, o final das fermentações conduzidas a 30°C ocorreu em 6 dias, já para as fermentações conduzidas a 18°C foi necessário 11 dias para atingir a estabilização do teor de SST.

A temperatura é um dos fatores que influenciam a cinética do processo fermentativo e qualidade do produto. A fermentação alcoólica é exotérmica, sendo necessário resfriar o mosto em fermentação para evitar temperaturas elevadas (> 30°C) prejudiciais às leveduras e à qualidade do vinho. Apesar das leveduras apresentarem a tendência de menor sensibilidade aos efeitos tóxicos do álcool em baixas temperaturas, temperaturas variando de 20 a 30°C favorecem a taxa de crescimento e a velocidade da fermentação.

Também a temperatura da fermentação interfere na natureza e quantidade de compostos secundários formados pelas leveduras e, assim, no perfil aromático e gustativo do produto. Na elaboração de vinhos, os mostos brancos são fermentados entre 12°C e 18°C e os mostos tintos entre 25°C e 30°C. Os vinhos brancos fermentados em temperaturas elevadas podem perder suas características varietais e adquirir sabor e aroma desagradáveis. Os ésteres de caráter frutado são formados em maior quantidade em vinhos que fermentam em temperaturas mais baixas. Para os vinhos tintos, a temperatura de fermentação mais elevada está relacionada com a extração de polifenóis, já que a temperatura e o álcool são os principais fatores que influenciam na extração desses compostos das cascas e sementes (VENTURINI FILHO 2010).

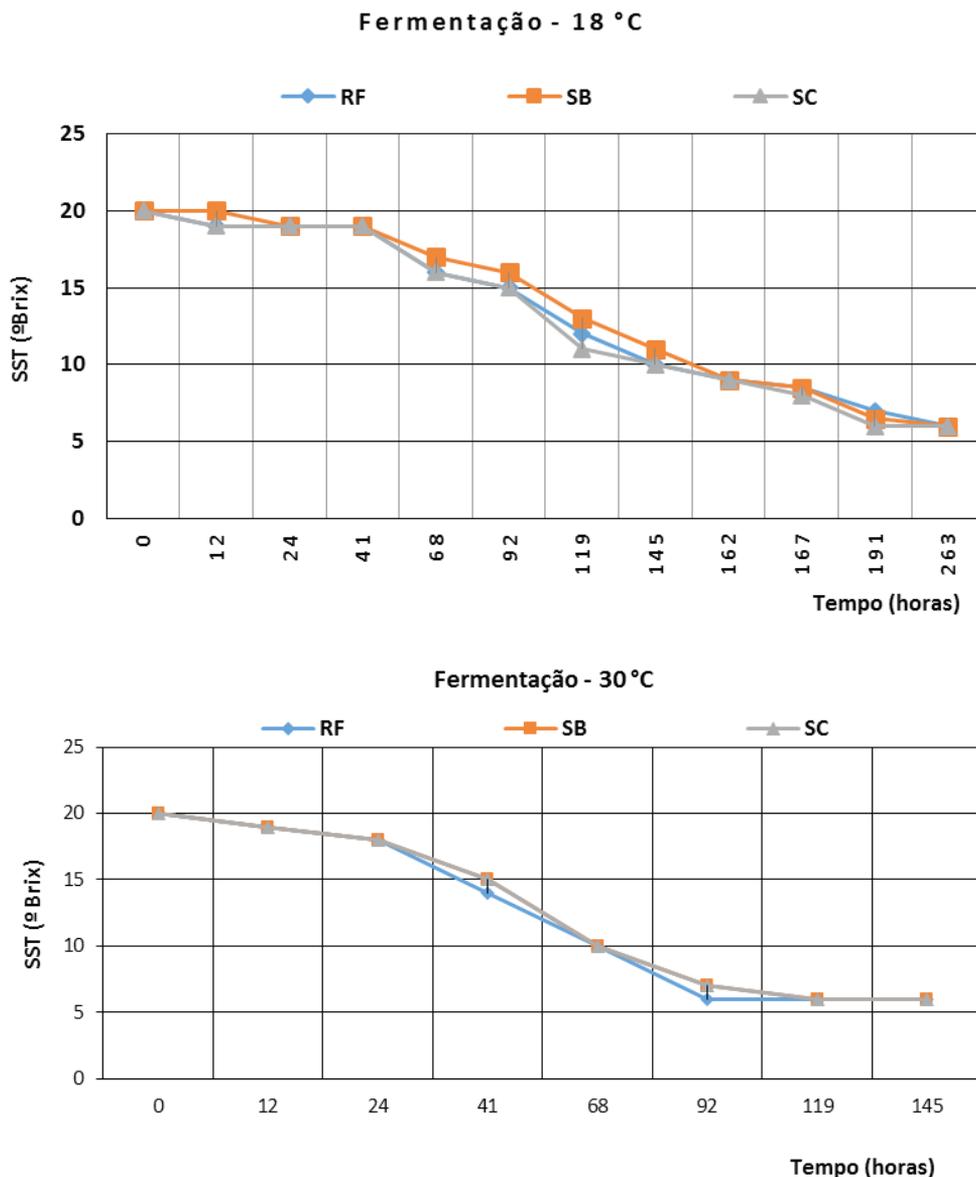


Figura 6 – Evolução da fermentação conduzida pelas leveduras RF, SB e SC em temperatura de 18°C e 30°C.

Os diferentes fermentados foram submetidos a análise sensorial com a utilização de teste de preferência. Os fermentados elaborados em temperatura de 18°C foram preferidos em relação aos produzidos em temperatura de 30°C, concordando com os resultados obtidos para vinhos brancos, ou seja, fermentações conduzidas em temperaturas mais baixas favorecem o perfil aromático e gustativo do fermentado de rambutã.

Para os fermentados preferidos e fermentados a 18°C, a preferência dos degustadores em relação as diferentes leveduras utilizadas SB, RF e SC foi de 45%, 34% e 21%, respectivamente.

No experimento 3, os frutos foram provenientes da safra de 2013 e foi estudada a influência da clarificação e sulfitagem do mosto na qualidade do fermentado elaborado com as leveduras RF e SB. Foram realizados cinco lotes em diferentes condições, conforme especificado na Tabela 1.

Tabela 1. Identificação dos cinco lotes realizados para verificar a influência do preparo do mosto e levedura na qualidade do fermentado de rambutã.

Lote	Condições empregadas
1	Filtração, sulfitagem e levedura RF
2	Mosto não filtrado, sulfitagem e levedura RF
3	Filtração, sulfitagem e levedura SB
4	Mosto não filtrado, sulfitagem e levedura SB
5	Filtração e levedura RF

A evolução das fermentações realizadas com e sem filtração e sulfitagem do mosto e conduzidas a temperatura de 18°C pelas leveduras RF e SB estão demonstradas na Figura 7.

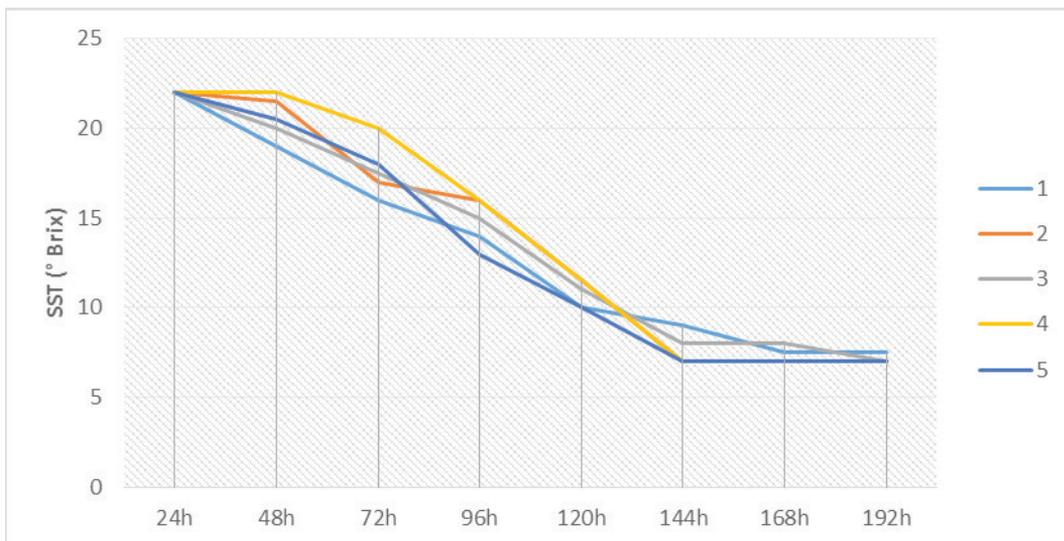


Figura 7 – Evolução das fermentações conduzidas pelas leveduras RF e SB em temperatura de 18 °C com ou sem filtração e sulfitagem do mosto.

Conforme observado na Figura 7, os mostos sem filtração e com sulfitagem fermentados pelas duas leveduras utilizadas (lotes 2 e 4) atingiram o menor valor

de SST em 144 h. Este mesmo perfil foi observado na fermentação do mosto filtrado mas sem sulfitação (lote 5). A filtração e sulfitação do mosto tornou a fermentação mais lenta. Para a fermentação conduzida pela levedura SB (lote 3) foi necessário 192 h para atingir o mesmo valor de SST dos lotes 2,4 e 5, valor que não foi atingido neste tempo pela levedura RF (lote 1). Os fermentados foram submetidos a análise sensorial e os resultados obtidos estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2. Descrição para os atributos sabor e aroma dos fermentados de rambutã obtidos com os cinco lotes utilizados

Atributo	Descrição
<b>Sabor</b>	Lote 1 – agradável e doce Lote 3 – agradável e seco Lotes 2, 4 e 5 - desagradável
<b>Aroma</b>	Lotes 1 e 3 – frutado e floral Lotes 2,4 e 5 - desagradável

Os resultados apresentados na Tabela 2, demonstraram que tanto a filtração como a sulfitação do mosto são variáveis que contribuem para a qualidade gustativa e aromática do fermentado de rambutã. Os fermentados elaborados com os cinco lotes estão apresentados na Figura 8 e pode-se observar que nos lotes 2,4 e 5 a tonalidade dos fermentados foi mais intensa.



Figura 8. Fermentados de rambutã elaborados com os cinco lotes empregados no experimento 3.

No experimento 4, os frutos foram provenientes da safra de 2015 e foi estudada a influência da adição de nutriente (Thiazote) no mosto, fermentação conduzida em temperaturas diferentes (15°C e 25°C) e conduzidas pelas leveduras RF e Blastosel. A evolução das fermentações dos cinco lotes realizados está demonstrada na Figura 9.

Para ambas as leveduras, as fermentações conduzidas a 25°C apresentaram um maior declínio no teor de SST (°Brix) no decorrer da fermentação quando comparadas as fermentações conduzidas a 15°C. No entanto, a levedura Blastosel apresentou uma maior redução no teor de SST durante a fermentação quando comparada a levedura RF para ambas as temperaturas empregadas (Figura 9). A fermentação pela levedura RF a 15°C sem Thiazote foi a que apresentou o menor declínio no teor de SST durante a fermentação e não atingiu o valor observado para as outras fermentações realizadas, demonstrando a importância da adição de nutrientes no mosto para fermentações em temperaturas mais baixas.

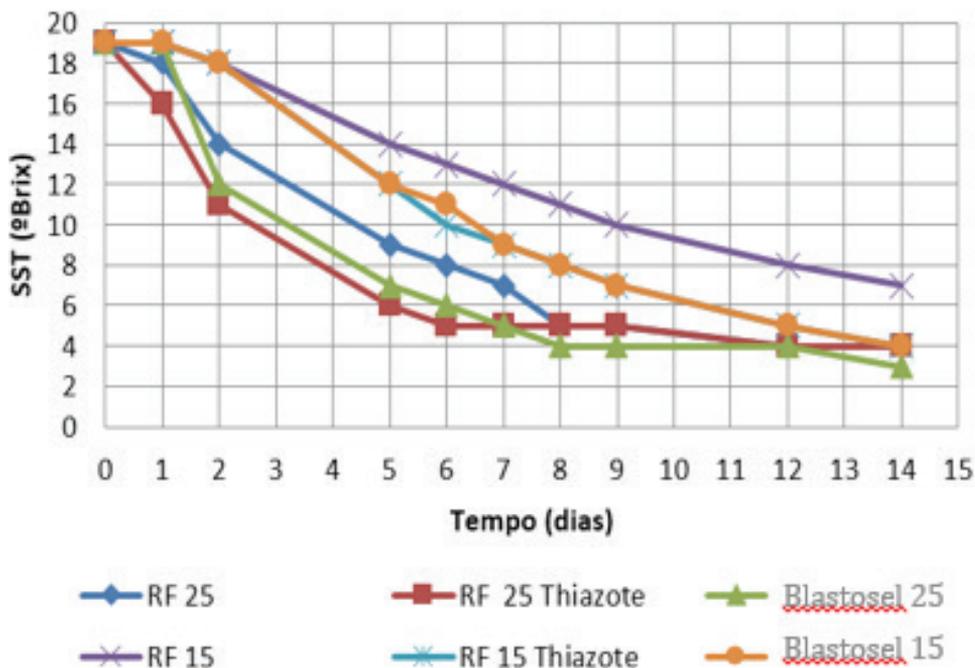


Figura 9. Evolução das fermentações realizadas a 15°C e 25°C pelas leveduras RF (com ou sem nutriente) e Blastosel.

Os fermentados obtidos (Figura 10) foram submetidos a análise sensorial utilizando o teste de preferência para os atributos aroma, sabor e cor e o fermentado elaborado com a levedura RF com adição de Thiazote no mosto e fermentado a 15°C foi o preferido por todos os degustadores.

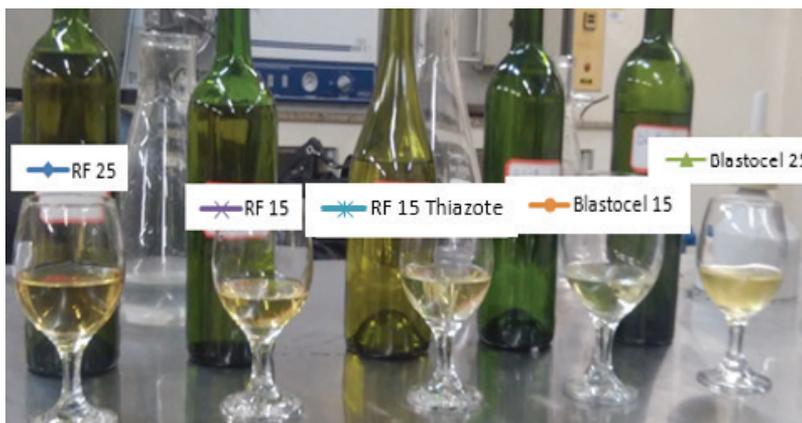


Figura 10. Fermentados de rambutã elaborados com os cinco lotes realizados no experimento 4.

No experimento 5, os frutos foram provenientes da safra de 2016 e foram obtidos de duas propriedades rurais (PR1 e PR2) e de uma feira local. Na PR1, localizada em Manaus, foram coletados frutos supermaduros com elevado teor de SST (21°Brix) e não foi necessário realizar a chaptalização. A despulpa foi manual e a prensagem com utilização de panos previamente esterilizados. O suco proveniente foi filtrado em terra e denominado mosto flor. A polpa retida nos panos durante a prensagem ainda apresentou um elevado teor de SST. Esta polpa foi adicionada de água, triturada em um liquidificador e filtrada em uma peneira cônica, sendo o suco obtido denominado de mosto bagaço. O pH dos sucos obtidos também foi elevado e foi corrigido com adição de ácido tartárico para pH 3,31 no mosto flor e pH 3,41 no mosto bagaço. Nos dois mostos foi adicionado o nutriente Thiazote®. A evolução das fermentações para os dois mostos, flor e bagaço, estão demonstradas na Figura 11.

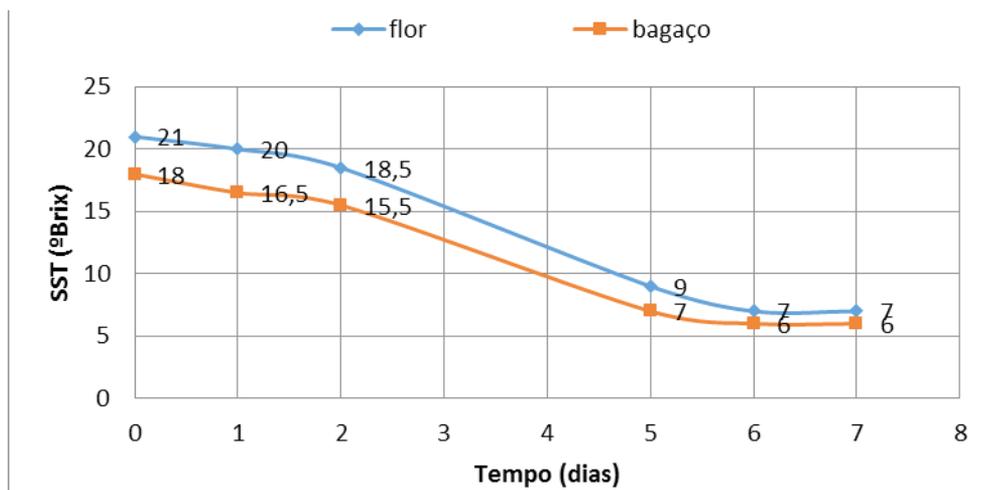


Figura 11. Evolução das fermentações do mosto flor e bagaço realizadas a 15°C pela levedura RF.

A evolução das fermentações do mosto flor e bagaço apresentaram um perfil semelhante e em seis dias foi finalizada a fermentação (Figura 11). As fermentações realizadas a 15°C pela levedura RF foram muito rápidas e semelhantes as fermentações realizadas a 25°C com a mesma levedura no experimento 5 (Figura 9). Uma das possíveis explicações, para a velocidade da fermentação a 15°C ter sido bastante rápida, pode estar relacionada com a composição química do mosto elaborado com frutos em estágio de maturação avançado e a presença de alguma substância que tenha favorecido a fermentação. Os fermentados elaborados a partir do mosto flor e bagaço estão demonstrados na Figura 12.



Figura 12. Fermentados obtidos do mosto bagaço (esquerda) e flor (direita) no experimento 5.

Os fermentados obtidos (Figura 12) foram submetidos a análise sensorial e foi unânime a preferência pelo fermentado obtido como o mosto flor, o qual apresentou um aroma floral e frutado e sabor agradável, sendo que vários degustadores não treinados descreveram o fermentado do mosto flor como muito similar a um vinho branco. Para o preparo do mosto bagaço, a polpa que muitas vezes apresenta uma película da semente aderida de cor escura foi triturada no liquidificador, o que provavelmente ocasionou a coloração mais intensa no fermentado (Figura 12) e aroma e sabor desagradáveis.

O rambutã coletado na PR2, localizada no município de Rio Preto da Eva, estava maduro e o suco apresentou um teor de SST de 19°Brix. O processo de elaboração do fermentado consistiu em despolpa manual, prensagem em panos, filtração do suco em terra, acidificação, sulfitagem, inoculação da levedura RF, divisão do mosto em dois lotes, sendo um fermentado a 15° C e o outro a 25°C, estabilização a frio, sulfitagem e engarrafamento. A evolução das fermentações nas duas temperaturas utilizadas está demonstrada na Figura 13.

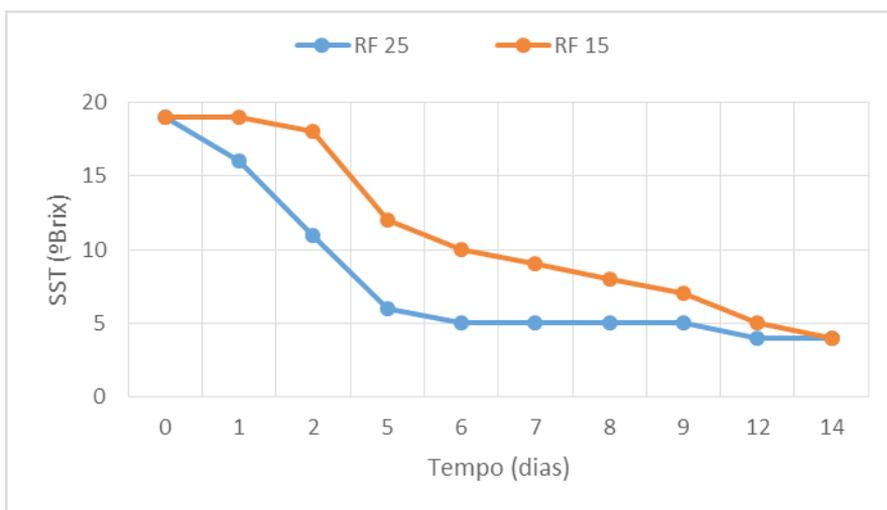


Figura 13. Evolução das fermentações pela levedura RF conduzidas a 15°C e 25°C.

A temperatura é um dos fatores ambientais mais importantes que influenciam tanto a cinética do processo quanto a qualidade final do vinho. Na vinificação a temperatura da fermentação varia de 12°C a 30°C. Essa faixa de temperatura é altamente dependente do tipo de vinho que é produzido como também das preferências culturais e regionais (BARROS 2013). Apesar das leveduras apresentarem a tendência de menor sensibilidade aos efeitos tóxicos do álcool em temperaturas baixas, as temperaturas mais elevadas favorecem a taxa de crescimento e velocidade da fermentação. Na Figura 13, pode ser observado que quando a fermentação foi conduzida a 25°C a redução no teor de SST (°Brix) foi muito mais rápida do que quando conduzida a 15°C, confirmando os resultados obtidos nos experimentos anteriores.

Após a fermentação, os fermentados foram submetidos a estabilização tartárica, também conhecida como estabilização a frio. Os vinhos quando resfriados sofrem um processo físico de formação de sais de potássio ou cálcio, a partir da reação desses cátions com o ácido tartárico. A estabilização efetuada através do uso de frio artificial provoca a precipitação dos sais sob a forma de cristais. Embora não causem nenhum problema à saúde, estes sais prejudicam o aspecto visual dos vinhos ao se formarem posteriormente na garrafa (VENTURINI FILHO 2010). Na Figura 14 está demonstrado os cristais formados no fermentado de rambutã após a estabilização a frio.



Figura 14. Cristais formados no fundo da garrafa após a estabilização a frio do fermentado de rambutã.

Os fermentados obtidos a partir da fermentação conduzida a 15°C e 25°C, após o envase, foram submetidos a análise sensorial utilizando o teste de preferência. Todos os degustadores preferiram o fermentado em que a fermentação foi conduzida a 15°C, tanto para as características gustativas como aromáticas. Além de interferir na cinética da fermentação, as temperaturas baixas também interferem na natureza e quantidade de composto secundários formados. Os vinhos brancos fermentados em temperaturas muito elevadas podem perder suas características varietais e adquirir sabor e aroma indesejáveis. Os ésteres de caráter frutado (ésteres de cadeia curta) são formados em maior quantidade em vinhos que fermentam a temperaturas baixas (VENTURINI FILHO 2010).

No experimento 6, os frutos foram provenientes da safra de 2017 e oriundos de produtores rurais e feiras. Neste experimento, foi estudado a influência da obtenção do suco, sulfitagem do mosto e adição do coadjuvante Manotec Arom<sup>®</sup>. Foram realizados cinco testes (Tabela 3) e todas as fermentações foram conduzidas a 15°C pela levedura RF. A evolução das fermentações realizadas nos cinco testes está demonstrada na Figura 15.

Tabela 3. Especificações das operações utilizadas nos cinco testes realizados no experimento 6.

	<b>Obtenção do suco</b>	<b>Preparo do mosto</b>	<b>Fermentação</b>	<b>Estabilização</b>
<b>Teste 1</b>	Despolpa mecânica Centrifugação Filtração	Acidificação Chaptalização	Adição nutriente	Frio Sulfitagem
<b>Teste 2</b>	Despolpa manual Centrifugação Filtração	Acidificação Chaptalização	Adição nutriente	Frio Sulfitagem
<b>Teste 3</b>	Despolpa manual Prensagem em pano Sulfitagem Filtração	Acidificação Chaptalização	Adição nutriente Manotec arom	Frio Filtração Sulfitagem

<b>Teste 4</b>	Despolpa manual Prensagem em pano Sulfitagem Filtração	Acidificação Chaptalização	Adição nutriente	Frio Filtração Sulfitagem
<b>Teste 5</b>	Despolpa mecânica Prensagem em pano Sulfitagem Filtração	Acidificação Chaptalização	Adição nutriente	Frio Filtração Sulfitagem

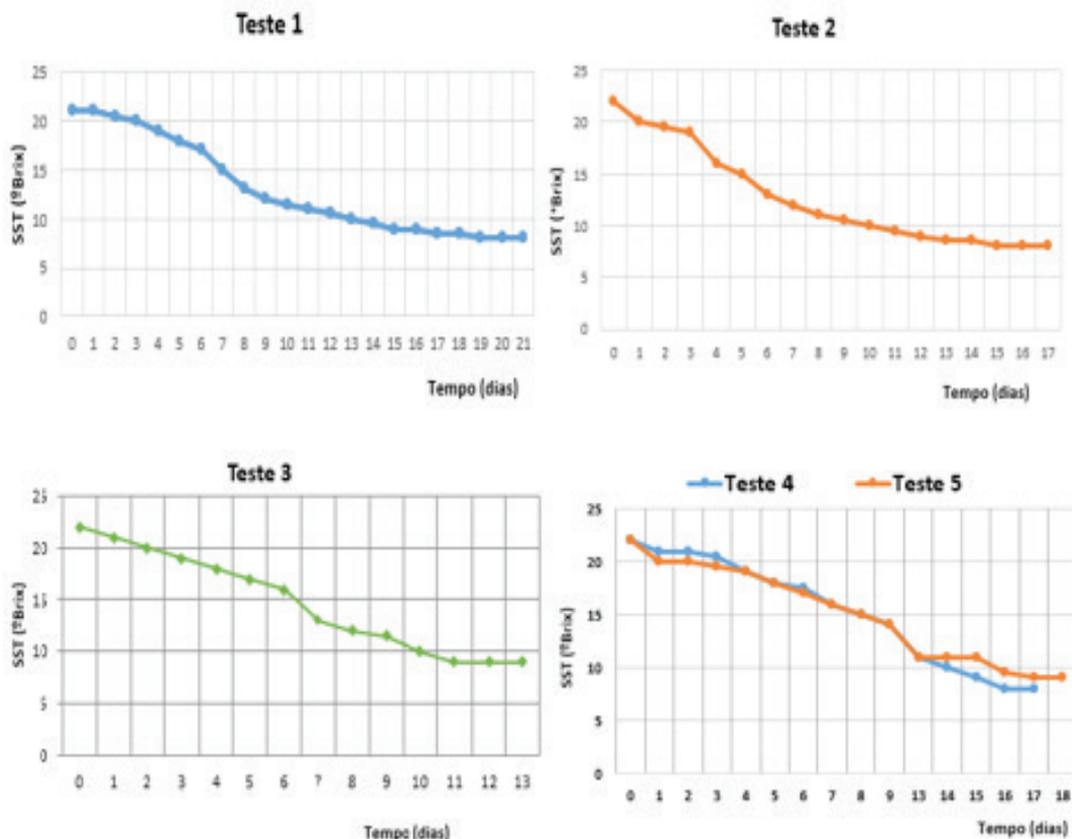


Figura 15. Evolução das fermentações pela levedura RF conduzidas a 15°C nos cinco testes realizados no experimento 6.

Como pode ser observado na Figura 15, o tempo total de fermentação no teste 1 foi de 19 dias e a fermentação foi muito lenta no final, sendo necessário 6 dias para ocorrer a redução de 10 °Brix para 8 °Brix, no teste 2 foi de 16 dias e a fermentação também foi muito lenta no final, sendo necessário 6 dias para ocorrer a redução de 10 °Brix para 8 °Brix. No teste 3, a fermentação foi mais rápida (13 dias) quando comparada com o experimento 1 (19 dias) e experimento 2 (16 dias). No teste 4, o tempo total de fermentação foi de 17 dias e em apenas dois dias ocorreu a

redução de 10 °Brix para 8 °Brix. No teste 5, o tempo total de fermentação foi de 17 dias. Porém neste teste, pode-se observar que houve uma estabilização do teor de SST em 11 °Brix nos dias 13 a 15 (Figura 15). Para continuar a redução do teor de SST e atingir 9 °Brix foi necessário preparar um novo inóculo com 0,40g/L de levedura e adicionar novamente no mosto em fermentação.

Nos testes 3 e 4, o final da fermentação foi mais rápido quando comparado com os testes 1, 2 e 5 (Figura 15). Nos testes 3 e 4 (Tabela 3), para o preparo do mosto a despulpa foi realizada manualmente e o suco foi obtido através de prensagem com a utilização de panos. Nos testes 1, 2 e 5, ou a despulpa foi realizada com despulpadeira ou foi utilizada a centrífuga para a obtenção do suco. No experimento 1, a despulpa foi realizada com o auxílio de uma despulpadeira. A despulpadeira utilizada não foi eficiente para a separação da polpa, algumas sementes foram trituradas com a polpa e o suco obtido com a utilização de centrífuga ficou bastante viscoso e esbranquiçado. No experimento 2, a despulpa foi realizada manualmente com auxílio de colheres inoxidáveis e após a polpa foi centrifugada para a extração do suco. No experimento 5, a despulpa foi realizada com uma despulpadeira, porém foi utilizada uma peneira com orifícios maiores quando comparada a peneira utilizada na despulpadeira empregada no experimento 1.

Considerando os resultados obtidos nos cinco testes realizados, pode-se observar que nos experimentos em que foi utilizada a despulpadeira e/ou centrífuga o final da fermentação foi mais lento (Testes 1, 2 e 5). Provavelmente, o fato da despulpadeira ter triturado também a semente e a centrífuga ter triturado a parte que envolve a semente influenciou a composição química do mosto e pode ter contribuído com alguma substância que pode ter influenciado o processo fermentativo tornando a fermentação no final muito mais lenta. A despulpa manual e prensagem em panos para a retirada do suco pode ser utilizada para experimentos em escala de laboratório, porém inviável em escala piloto ou industrial. Futuros testes serão realizados para a escolha dos equipamentos adequados, tanto para a despulpa como prensagem para a obtenção do mosto.

Os fermentados obtidos nos cinco testes foram submetidos a análises físico-químicas e os resultados obtidos estão demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4. Composição físico-química dos fermentados elaborados nos cinco testes realizados no experimento 6.

	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5
<b>Densidade a 20°C</b>	1,005	0,994	1,000	0,995	1,009
<b>pH</b>	3,9	3,89	3,69	3,33	3,61
<b>SO<sub>2</sub> Livre (mg/L)</b>	41	139,2	48	51,2	28,8
<b>SO<sub>2</sub> Total (mg/L)</b>	166,2	147,2	192	67,2	54,4
<b>Acidez Total (meq/L)</b>	66	32	88	94	82

<b>Acidez Volátil (meq/L)</b>	7	25	6,5	4	3
<b>Açúcar Redutor (g/L)</b>	4,2	6,8	4,3	2,5	8,4
<b>Teor Alcoólico (°GL)</b>	11	12	11,4	11,1	10,7
<b>Extrato Seco (g/L)</b>	17,696	19,084	32,04	25,768	26,674
<b>Ext. Seco Reduzido (g/L)</b>	14,496	14	28,65	18,618	25,174
<b>Cinzas (g/L)</b>	6,8	2,12	1,75	1,66	1,98

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas dos fermentados elaborados nos cinco testes estão apresentados na Tabela 4. Com exceção do fermentado elaborado no teste 2, todos os outros se enquadraram nos padrões de identidade e qualidade estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da Instrução Normativa N° 34, de 20 de novembro de 2012, para fermentado de fruta (BRASIL, 2012).

Para o fermentado elaborado no teste 2, a acidez volátil (25 mEq/L) foi superior ao limite máximo estabelecido pela legislação (20 meq/L). O principal componente da acidez volátil dos vinhos é o ácido acético, que tipicamente ocorre em vinhos em concentrações que variam de 0,2 a 0,6 g / L, porém pode apresentar valores mais elevados sob certas condições. O limiar de aroma para o ácido acético depende da variedade e do estilo do vinho (MOURA *et al.* 2010). A acidez volátil dos vinhos deve ser sempre baixa. Em quantidades excessivas, os ácidos voláteis são vistos como uma característica de deterioração conferindo ao vinho um sabor e aroma desagradável de vinagre (BOULTON 1996).

As determinações típicas de acidez em vinhos são o pH e acidez titulável total (TA). Embora pH e TA estejam relacionados, o pH é uma medida da probabilidade e velocidade de ocorrência de reações dependentes do pH e a TA é a melhor estimativa e mais aplicada à percepção sensorial da acidez de um vinho. Apesar da acidez afetar o pH, não é diretamente preditiva do pH (ou vice-versa). Esta correlação não direta é parcialmente devida ao tamponamento do pH causado por uma série de compostos nos vinhos, como açúcares, ácidos e compostos fenólicos (BOULTON 1980).

A legislação (BRASIL, 2012) estabelece um valor mínimo (50 mEq/L) e máximo (130 mEq/L) para a acidez total em fermentados de frutas. Somente o fermentado elaborado no teste 2 apresentou acidez abaixo do mínimo estabelecido.

O pH dos fermentados variou de 3,3 a 3,9, estando de acordo com o pH entre 3 e 4 recomendado para vinhos. No entanto, alguns autores recomendam valores de pH entre 3,1 e 3,4 como adequado para a maioria dos vinhos brancos. No fermentado de rambutã elaborado no teste 4 (Tabela 4) foi obtido o menor pH e maior teor de acidez total. Segundo RIZZON *et al.* (2011) um pH baixo e acidez mais elevada são parâmetros que proporcionam frescor e o aparecimento de descritores frutados e florais em vinho branco.

O dióxido de enxofre tem sido usado há muito tempo na vinificação para proteger o vinho da oxidação e deterioração microbiana. Em soluções aquosas, os íons de dióxido de enxofre molecular ( $\text{SO}_2$ ), bissulfito ( $\text{HSO}_3^-$ ) e sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) existem em equilíbrio. A soma das concentrações de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HSO}_3^-$  e  $\text{SO}_3^{2-}$  é chamada de  $\text{SO}_2$  livre e é a forma ativa que protege o vinho. No pH do vinho, geralmente na faixa de 3 a 4, o  $\text{HSO}_3^-$  é a forma mais abundante, representando cerca de 94%-99% da forma livre total. O  $\text{SO}_2$  livre diminui ao longo do tempo à medida que o  $\text{HSO}_3^-$  se liga aos compostos carbonílicos (por exemplo, acetaldeído e ácidos cetônicos) e compostos fenólicos (por exemplo, antocianinas e taninos) para formar o  $\text{SO}_2$  ligado.

Em qualquer ponto no tempo, o  $\text{SO}_2$  total no vinho é a soma das concentrações de  $\text{SO}_2$  livre e ligado (JACOBSON 2006). De acordo com a legislação brasileira (Brasil, 2012), a concentração máxima permitida de  $\text{SO}_2$  total é de 350 mg / L. Todos os fermentados de rambutã apresentaram um valor de  $\text{SO}_2$  total abaixo do máximo permitido.

O teor de álcool dos fermentados variou de 10,7% a 12% e estão de acordo com a legislação que estabelece concentrações de 4% a 14%. A densidade do vinho está relacionada principalmente ao seu teor alcoólico e de açúcares residuais. Os menores valores de densidade foram obtidos para os fermentados elaborados nos testes 2 e 4. No teste 5, foi obtida a maior densidade e, conseqüentemente, o maior valor para açúcar redutor e menor teor de álcool no fermentado. De acordo com a legislação (BRASIL, 2012), os fermentados de frutas são classificados em secos (< 3 g/L) e suaves ( $\geq$  3 g/L) devido o teor de açúcar. Somente o fermentado elaborado no teste 4 pode ser denominado seco.

O extrato seco representa a soma das substâncias que, em determinadas condições físicas, não se volatilizam. O extrato seco é composto de açúcares, ácidos fixos e sais (RIBÉREAU-GAYON 2003) e é um dos parâmetros relacionados ao "corpo" dos vinhos. Os valores deste parâmetro nos fermentados variou de 17,696 g/L a 32,04 g/L. Considerando o extrato seco reduzido, todos os fermentados obedeceram o limite mínimo estabelecido pela legislação de 12 g/L (BRASIL, 2012).

O teor de cinzas corresponde aos produtos resultantes da incineração do vinho, onde a matéria orgânica total queima, deixando apenas os íons inorgânicos na forma de carbonatos e outros sais anidros. Segundo CRESPIY (2006), o teor médio de cinzas para a maioria dos vinhos é de 1 a 3 g / L. RIZZON *et al.* (2009), relataram valores de cinzas variando de 1,97 - 2,20 g/L em vinhos *Chardonnay* da Serra Gaúcha. Os mesmos autores (2011) relataram valores de cinzas variando de 1,96 a 2,30 g/L em vinhos *Riesling* Itálico da Serra Gaúcha. Os fermentados apresentaram valores de cinzas entre as variações encontradas para vinhos. A exceção foi o fermentado elaborado no teste 1, que apresentou um valor muito mais elevado, o que provavelmente deve estar relacionado a utilização da despoldadeira que triturou também as sementes e deve ter interferido no conteúdo de minerais do

fermentado.

A cor pode dar muitas informações quanto à qualidade, estado e idade de um vinho. Os vinhos brancos não são, evidentemente, incolores, mas sim amarelados com diferentes tonalidade e reflexos esverdeados, palha, ouro-velho e outros. O vinho branco fica mais escuro à medida que envelhece e oxida.



Figura 16. Fermentados de rambutã elaborados com os cinco lotes realizados no experimento 6.

Conforme observado na Figura 16, dos fermentados elaborados nos cinco testes, o fermentado elaborado no teste 4 foi o único que apresentou uma coloração amarelo palha e também foi o preferido pelos degustadores na análise sensorial em relação aos atributos aroma e sabor. Os demais fermentados, apresentaram atributos sensoriais desagradáveis e tonalidade mais escura, característica de vinhos brancos oxidados, o que provavelmente deve estar relacionado com o processo de obtenção do suco utilizado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as condições experimentais empregadas, conclui-se que o rambutã pode ser utilizado como matéria-prima para a elaboração de fermentado.

Através dos experimentos realizados com rambutã proveniente de diferentes safras (2011 a 2017) foi possível estabelecer os processos upstream, fermentação e downstream adequados para a elaboração de fermentado com características sensoriais satisfatórias e com parâmetros físico-químicos de acordo com a legislação vigente.

## AGRADECIMENTO

Ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento de Pesquisa Científica Aplicada à Inovação Tecnológica (PADCIT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. A., LEMOS, E. G. M., MARTINS, A. B. G., PAULA, R. C., J., J. L. P. (2008). Caracterização morfológica e química de frutos de rambutan. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, 30 (4): 958-963.

BARROS, A.P.A. (2013). Influência da cepa de levedura na composição fenólica e aromática de vinhos da cv. Syrah no vale do submédio São Francisco. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BOULTON, R.B. (1980). The Relationships between Total Acidity, Titratable Acidity and pH in Wine. **American Journal of Enology and Viticulture** 31:76-80.

BOULTON, R.B. (1996). **Principles and practices of winemaking**. Chapman & Hall: New York.

BRASIL. (2012). **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** (2012, Novembro 29). Instrução Normativa Nº 34, de 29 de novembro de 2012. Estabelece a complementação dos padrões de identidade e qualidade para fermentado de fruta. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*.

CHIARELLI, R.H., NOGUEIRA, A.M., VENTURINE FILHO, W.G. Fermentados de jaboticaba: processos de produção, características físico-químicas e rendimento. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v.8, n.4, 2005.

CRESPY, A. (2006). Éléments minéraux et qualité des moûts et des vins. **Revue des Oenologues**, 121, 46-48.

DIAS, D.R.; SCHAWN, R.F.; LIMA, L.C.O. (2003). Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 23 (3): 342-350.

JACOBSON, J.L. (2006). **Introduction to Wine Laboratory Practices and**

**Procedures.** Springer Science Business Media, Inc., New York.

LAOHAKUNJIT, N. KERDCHOECHUEN, O. MATTA , F.B. HOLMES ,W. E. (2006). *Postharvest Survey of Volatile Compounds in Five Tropical Fruits Using Headspace-solid Phase Microextraction (HS-SPME)*. Directory of the Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station. Mississippi.

MOURA, A.V.; SCHULLER, D.; FAIA, A.M.; SILVA, R.D.; CHAVES, S.R.; SOUSA, M.J.; REAL, M.C. (2010). The impact of acetate metabolism on yeast fermentative performance and wine quality: reduction of volatile acidity of grape musts and wines. **Appl Microbiol Biotechnol.**, DOI 10.1007/s00253-010-2898-3

ONG, P., ACREE, T., LAVIN, E. (1998). *Characterization of Volatiles in Rambutan Fruit (Nephelium lappaceum L.)*. Department of Food Science and Technology, Cornell University, New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, New York, 1998.

PANTOJA, L., MAEDA, R.N., ANDRADE, J.S., PEREIRA JUNIOR, N., CARVALHO, S.M.S., ASTOLF FILHO, S. Processo fermentativo para produção de bebida alcoólica de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, v.3, n.19, 2001.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A. (2003). **Tratado de enología: microbiología del vino, vinificaciones**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, v.1., 2003.

RIZZON, L.A. (2010). **Metodologia para análise de vinho**. Embrapa Informação tecnológica, Brasília, 120 p.

RIZZON, L.A., MIELE, A., SCOPEL, G. (2009). Características analíticas de vinhos Chardonnay da Serra Gaúcha. **Ciência Rural**, Santa Maria, Online. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/2009nahead/a312cr1794.pdf>

RIZZON, L.A., MIELE, A., SCOPEL, G. (2011). Características analíticas de vinhos Riesling itálico da Serra Gaúcha. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, 17 (2-4): 273-276.

SACRAMENTO, C.K., GATTWARD, J.N., BARRETTO, W.S., RIBEIRO, S.J.O., AHNERT, D. (2013). Avaliação da diversidade fenotípica em rambuteira (*Nephelium lappaceum*) **com base na qualidade dos frutos**. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, 35 (1): 032-038.