

**AUTORES**  
AUTHORS

✉ **Alex Ferreira EVANGELISTA<sup>1</sup>**  
**Sheyla dos Santos ALMEIDA<sup>1</sup>**  
**José Carlos Curvelo SANTANA<sup>2</sup>**  
**Roberto Rodrigues de SOUZA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Univ. Federal de Sergipe - Depto. de Engenharia Química  
Cid. Univ. "Prof. José Aloísio de Campos", S/N,  
Rod. Marechal Rondon, Rosa Elze,  
São Cristóvão-SE, Brasil, CEP: 49100-000  
Tel: (79) 212-6687 - Fax: (79) 212-6684,  
e-mail: rrsouza@ufs.br

<sup>2</sup>Univ. Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Química  
Cid. Univ. "Zeferino Vaz", Distrito de Barão Geraldo, S/N,  
Campinas-SP, Brasil, Cx. P.: 6066, CEP: 13083-970

**RESUMO**

A acerola (*Malpighia glabra* L.) é uma fruta que possui alta concentração de vitamina C e de cor característica vermelha. Seus frutos são muito apreciados, principalmente na região Nordeste do Brasil. Neste trabalho, as condições de processamento do vinho acerola foram padronizadas. Um planejamento fatorial do tipo 22 foi feito, para avaliar a influência dos sólidos totais ( $^{\circ}$ Brix) e da massa de polpa sobre as características sensoriais dos vinhos (cor, aroma e sabor). As variações dos sólidos totais utilizadas foram de 22, 24 e 26 $^{\circ}$ Brix e da massa de polpa foram de 1/6, 1/4 e 1/3 (p/v) sobre o volume total do mosto. A levedura *Saccharomyces cerevisiae* foi usada nas fermentações. Os fermentados obtidos apresentaram-se com sabor suave de teor alcoólico 11 $^{\circ}$ GL, com sabor e cor característicos das frutas de acerola. As análises sensoriais revelaram que não houve diferenças significativas entre as amostras de fermentados e a otimização RSM mostrou que os fermentados produzidos com alto  $^{\circ}$ Brix e pouca massa de polpa foram os melhores. Este trabalho dá suporte ao emprego da acerola na obtenção de fermentados de alta qualidade, com aroma agradável e cor vermelha suave.

**ABSTRACT**

The acerola fruit (*Malpighia glabra* L.) possesses extremely high vitamin-C content and is characterized by an attractive red color. The fruit is very much appreciated in the northeast region of Brazil. In the present work, an attempt has been made to standardize the processing conditions for the manufacture of wine from acerola.

A factory planning of type 22 was used to evaluate the effect of soluble solids ( $^{\circ}$ Brix) and the concentration of fruit pulp on sensorial quality attributes (color, flavor and aroma). The soluble solids content was varied from 22, 24 and 26 $^{\circ}$ Brix while the fruit pulp and the total volume of wine varied from 1/6, 1/4 and 1/3 (w/v). *Saccharomyces cerevisiae* yeast was used for fermentation. Acerola wines were found to be suave, sweet and 11 $^{\circ}$ GL of alcohol concentration. Flavor and color of wines were characteristic of acerola fresh fruit. Sensorial analysis revealed that there was not difference among samples wines and optimization showed that wines produced with high  $^{\circ}$ Brix and low fruit mass were the best products. This work supports the usage of acerola for obtaining high quality wines which possess pleasing aroma and shiny red color.

**PALAVRAS-CHAVE**  
KEY WORDS

Fermentado de *Malpighia glabra* L., otimização RSM, análise sensorial. / *Malpighia glabra* L. wine, RSM optimization, sensorial analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

O vinho é uma bebida alcoólica produzida pela fermentação do suco de uva, conhecido há muito tempo e citada até na bíblia diversas vezes, até em um dos milagres de Jesus Cristo. Desde a mais remota antiguidade, o vinho acompanha a História do Mundo. Existindo provas reproduzidas em ânforas, mármore, em papiros e em outros objetos, descrevendo o uso desta bebida pelos persas, egípcios, babilônios e outros povos. Até atribuições gregas ao deus do vinho como sendo Dionísio, enquanto que em Roma este mesmo era chamado de Baco. As primeiras vinhas muito provavelmente surgiram na Ásia Ocidental, porém têm-se indícios de que na mesma época o vinho já tenha sido produzido dos dois lados dos Alpes, há milênios atrás (CASSONE, 1995).

Apesar da grande controvérsia do uso da palavra vinho para designar bebida fermentada de outras frutas, a legislação brasileira possui padrões de identidade e qualidade para "vinho de frutas", o qual apresenta a seguinte designação: "Vinho de frutas é a bebida com graduação alcoólica de 10 a 13°GL a 20°C, obtida pela fermentação alcoólica do mosto de frutas", com a exigência, no rótulo, da inscrição do nome da fruta que deu origem ao vinho em caracteres gráficos de igual dimensão e cor da palavra vinho (GARRUTTI, 2001).

A qualidade do vinho depende muito de um processo de controle de qualidade muito rígido, que deve ser empregado desde a escolha dos frutos até o tempo de envelhecimento. Os vinhos podem ser classificados: quanto ao °Brix final, em licoroso, macio, doce, suave e seco; quanto à coloração, em branco, rosê e tinto; quanto ao tempo de maturação, em verde e envelhecido; quanto à época de tomar, em especiais, para aperitivos e para sobremesas; e outras classificações, como o modo de produção, a região onde primeiramente foi produzido, etc.

A comercialização do vinho segue, freqüentemente, caminhos longos e tradicionais até chegar à mesa do consumidor; entretanto este passou por tratamentos de estabilização e acondicionamento que, não raro, o transformam num produto de qualidade, mas muitas vezes, num produto original e personalizado. Para isto, os vinhos devem apresentar em cada ano características constantes, devem estar perfeitamente estabilizados e submetidos a uma severa regulamentação que assegura a proteção do produto contra fraudes, dando assim uma garantia ao consumidor (DELANOE et al., 1989).

Embora os vinhos mais apreciados sejam feitos a partir da uva, pode-se utilizar várias outras frutas como matéria prima para a obtenção do vinho, tais como laranja, abacaxi, morango, acerola, caju e até frutos exóticos como o cupuaçu (FREITAS et al., 2001). Geralmente os vinhos feitos a partir destas frutas ganham o sabor e aromas característicos das mesmas, que podem através dos devidos cuidados ser mantidos por um longo tempo.

Com um fantástico teor de vitamina C (ácido ascórbico), variando de 1.500 a 4.600mg por 100g de suco, possui de 50 a 100 vezes mais essa vitamina do que igual quantidade de suco de limão ou de laranja. Dentre as frutas comercialmente conhecidas e cultivadas, é a mais rica em

vitamina C. Destaca-se também por grande quantidade de vitamina A, ferro, cálcio, além de açúcares e outras vitaminas que fazem parte do complexo B. O consumo diário de 2 a 4 acerolas é suficiente para atender às necessidades normais do organismo humano. A acerola tem uma importância social e econômica bastante significativa, pois oferece às populações mais carentes uma fonte acessível e de baixo custo, de vitamina C.

A utilização da acerola, pelas indústrias alimentícia e farmacêutica, vem aumentando progressivamente os plantios para fins comerciais. A fruta está sendo utilizada na elaboração industrial de vários produtos, como suco natural, suco concentrado, suco liofilizado, néctar, compota, purê, balas, recheios, comprimidos e cápsulas para uso farmacêutico, além da produção de ácido ascórbico puro. É usada ainda no enriquecimento de sucos e néctares de outras frutas, como abacaxi, mamão, pitanga, maracujá, pêra, maçã, etc.; na preservação de sucos refrigerado e enlatamento de conservas. Juntamente com o ácido cítrico, é utilizada para preservar e evitar o escurecimento que se verifica nos processos de congelamento e secagem de produtos industrializados à base de frutas, em face da forte ação antioxidante da vitamina C (DINIZI et al., 2003).

A comercialização dos frutos da acerola, como foi citado, não foge à venda destes 'in natura', na forma de polpa, de suco, de doce ou como suplemento no enriquecimento protéico de alimentos, todos estes subprodutos são elaborados quase sempre de forma artesanal, o que os torna pouco valorosos. Assim, a produção de vinho de acerola viria a gerar um produto derivado desta cultura, de fácil industrialização e aceitação comercial, sendo uma alternativa aos produtores para consumir parte da produção e agregar valor à cultura e desta forma, gerar: micro e pequenas empresas e conseqüentemente: emprego e melhoria na qualidade de vida dos moradores das regiões produtoras de acerola.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Preparo do mosto

Os frutos da acerola em estágio de maturação foram selecionados, limpos com água clorada e macerados em processador, obtendo-se assim a polpa que foi armazenada em refrigerador. Para o preparo do mosto, utilizou-se 1 kg de polpa para cada 3, 4 ou 6 L de mosto, 1,0 g/L de  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  e 0,1 g/L de  $\text{MgSO}_4$ . Adicionou-se sacarose até que obtivesse 24 °Brix no mosto, em torno de 200 g/L. Posteriormente corrigiu-se o pH do meio à 4,5 com  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (AQUARONE et al., 2001).

### 2.2 Pés-de-cubas

Separaram-se volumes do mosto em recipientes diferentes, graduando-os a partir da dorna principal, como sendo, 10,0 L, 1,0 L, 100 mL e 10 mL. Aplicaram-se choques térmicos para esterilizar os meios fermentativos nos pés-de-cubas e na dorna principal.

### 2.3 Inoculação da levedura

Inicialmente a *Saccharomyces cerevisiae* foi inoculada

no pé-de-cuba de menor volume a uma concentração de 70 a 80 g/L, onde passou de 20 - 24 h de adaptação ao meio, sendo depois transferida para o pé-de-cuba seguinte. Após 72 h o meio fermentativo do último pé-de-cuba foi inoculado na dorna principal, na qual passaram-se os dias finais de sua fermentação (AQUARONE et al, 2001; GAVA, 1986).

## 2.4 Clarificação

Utilizou-se entre 1 a 2 mL de uma solução de argila de betonita a 1 %, por litro de fermentado. Após decantação dos flóculos fez-se a separação do vinho dos sólidos, usando-se o processo de trasfegação, com posterior filtração.

## 2.5 Envasamento

O vinho foi envasado em garrafas de vidro âmbar, de 1,0 L, as quais foram lacradas com rolhas de cortiça e armazenada a 5 °C. O vinho já envasado foi levado para a autoclave a 115 °C e 1,5 kg/cm<sup>2</sup> por 15 min e depois resfriado em água corrente e armazenado em geladeira a 5°C durante seis meses para posterior avaliação da sua qualidade (GAVA, 1986).

## 2.6 Caracterização do vinho

Foram determinadas para isto: a acidez total pela titulação solução de NaOH 0,1 M e acidez volátil pelo método Casenave-Ferré, açúcares redutores pelo método de Fehling, porcentagem alcoólica por destilação com posterior medição da densidade com alcoômetro, cinzas por calcinação à 550 600 °C, densidade medição da massa de um determinado volume em balança analítica, extrato seco por secagem à estufa a 100 -105 °C e pH pelo método potenciométrico utilizando eletrodo de prata/ cloreto de prata (ASCAR, 1985; DELANOE et al., 1989; GARRUTTI, 2001).

## 2.7 Avaliação da Qualidade

Foram feitas análises sensoriais para avaliar a aparência, o sabor e o aroma dos vinho de acerola. Para tanto, foi feita uma pesquisa experimental de base quantitativa, utilizando como instrumento de investigação questionário estruturado e estandarizado, com amostra ao acaso, contendo os itens citados acima com variações dentro da escala Hedônica (1 a 9). Os resultados obtidos com a aplicação dos questionários foram tabulados, tendo em vista a frequência das respostas (TEIXEIRA et al., 1987).

## 2.8 Planejamento dos experimentos

Para avaliar os efeitos dos fatores sólidos totais (°Brix) e massa da polpa de acerola (M = relação entre massa de polpa e volume total do mosto) sobre a aceitação dos vinhos com relação a aparência, sabor e aroma, um planejamento experimental do tipo 2<sup>2</sup> com "design" quadrático para reduzir o número de experimentos e melhor avaliar os resultados pela metodologia de análise de superfícies de resposta (RSM). A Tabela 2 mostra a matriz de planejamento usada para a

realização dos ensaios. Os modelos empíricos foram avaliados pela metodologia da análise de variância (ANOVA), como descrito em BARROS NETO et al. (2001). A codificação das variáveis foi feita da seguinte forma: O fator °Brix foi codificado como sendo x1 e a massa de polpa (M) como x2, variando entre -1, 0 e 1, como mostram as equações seguintes:

$$1. x1 = (\text{°Brix} - 24)/2 \quad 2. x2 = (M - 1/4)/(1/12)$$

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

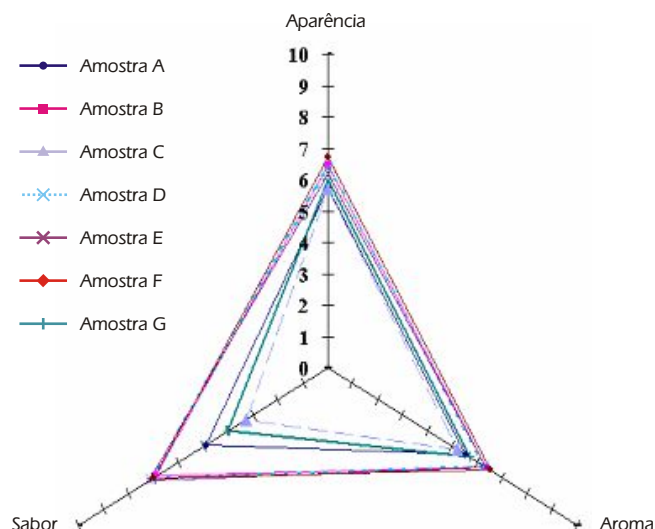
Os fermentados obtidos tinham aparência bastante límpida, de coloração levemente vermelha, aroma característico dos frutos da acerola sabor leve, adocicado. A Tabela 1 apresenta os dados obtidos após análises de amostras dos fermentados utilizados nas análises sensoriais.

Observa-se que a acidez total apresenta-se dentro dos teores exigidos pela legislação brasileira (abaixo de 130 meq/L) e que praticamente as amostras de vinho não apresentaram a acidez indesejável que é a volátil, já que esta indica a presença de ácido acético e seus derivados, os quais desnaturam o vinho, modificando o aroma (acre) e o sabor do mesmo (azedo).

O teor de açúcares redutores ficou na faixa dos vinhos suaves (5 - 20 g/L), o que indica uma certa instabilidade, pois leveduras e/ou bactérias podem provocar perturbações em suas propriedades físico-químicas.

A quantidade de extrato seco apresentou valores médios, característicos de vinhos secos a suaves. Isto ocorreu porque durante a polpação as cascas tenham sido usadas para que boa parte do bagaço triturado que ficaram dessem características do aroma e sabor da fruta ao fermentado, o que acrescentou o buquê ao mesmo. Este fato foi responsável pela densidade do fermentado estar próxima da água.

Figura 1 Representação das qualidades sensoriais em escala Hedônica.

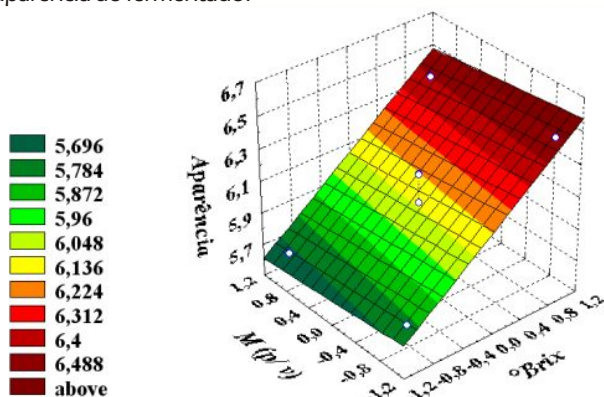


**Tabela 1** Análise físico-químicas dos fermentados de acerola.

Características	Valor médio	Desvio (±)
Açúcares redutores (g/L)	6,670	0,780
Acidez total (meq/L)	5,798	0,780
Acidez volátil (meq/L)	0,139	0,121
Densidade (g/cm3)	0,985	0,008
pH	3,0	0,5
Extrato seco (%)	4,123	0,126
Teor alcoólico a 20°C (°GL)	11,0	0,5

O teor alcoólico apresentou-se dentro da faixa estipulada pelas normas nacionais (9-15°GL), e o pH ficou nas proximidades desejadas 3,1 a 3,9 para que sejam evitadas contaminações por microrganismos, alterações na cor, sabor e no potencial de oxi-redução, o que indica que todas as qualidades do fermentado estão dentro das normas nacionais (CASSONE, 1995; DELANOE et al., GARRUTTI, 2001).

**Figura 2** Superfície de resposta para a otimização da aparência do fermentado.



**Tabela 3** Análises das variâncias dos modelos empíricos.

Parâmetros	Aparência	Aroma	Sabor	Tabelado
Teste F1	34,210	34,175	36,037	6,94
Teste F2	0,524	0,206	1,372	19,00
R2	0,9454	0,9447	0,9475	1,00

Uma observação detalhada na Tabela 2 mostra que a maioria dos fermentados apresentou valores sensoriais médios satisfatórios (próximos dos 6 pontos). A Figure 1 apresenta o gráfico representativo dos valores da escala Hedônica. Esta tabela mostra que praticamente não há diferença entre a aparência dos fermentados produzidos por uma diluição maior ou menor da polpa de acerola, o que indica que a massa da polpa não interfere na aparência do produto final (nas condições estudadas). Porém, houve uma pequena diferença entre as amostras de fermentados mais diluídos e mais concentrados com relação ao aroma e principalmente no quando se refere ao sabor, provavelmente devido à influência mútua da massa de polpa e do °Brix do mosto original. Entretanto, o teste T Student não mostrou diferenças significativas entre as amostras para ambas as qualidades sensoriais, já que os valores do teste T calculados ficaram entre 0,02 e 0,36, sendo muito menores que o T tabelado (2,86) (BARROS NETO et al., 2001 e TEIXEIRA et al., 1987).

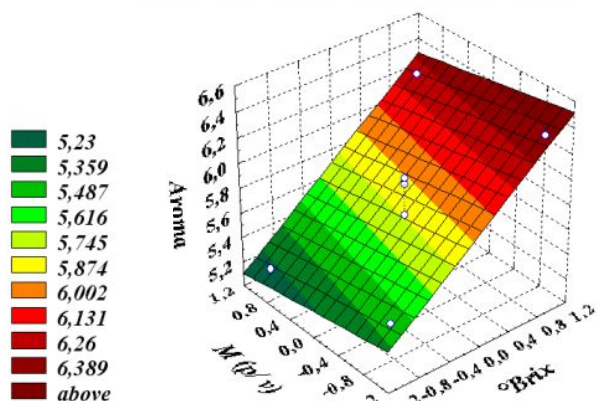
A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos pela análise de variância (ANOVA) dos modelos ótimos, na qual encontram-se os parâmetros estatísticos: correlação múltipla (R2) e testes F, que são usados para avaliar a significância e o ajuste de dados aos modelos. De acordo com BARROS NETO et al. (2001) o valor de R2 deve estar próximo da unidade, enquanto que o teste F1Calc/F1Tab (que avalia a significância estatística do modelo) e o teste F2tab/F2calc (que avalia o ajuste dos dados ao modelo) devem ser maiores que 4. Observando os dados apresentados na Tabela 3, pode-se afirmar que ambos os modelos estão ajustados e são significativamente estatísticos.

A seguir, os modelos empíricos que mais se ajustaram

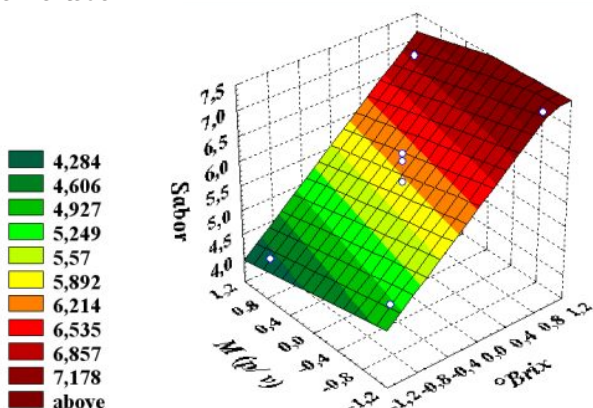
**Tabela 2** Matriz de planejamento para a obtenção dos fermentados de acerola.

Ensaio	Fatores		Variáveis codificadas		Respostas		
	°Brix	M	x1	x2	Aparência	Aroma	Sabor
1	22	1/6	-1	-1	5,74	5,428	4,86
2	26	1/6	1	-1	6,46	6,34	7,261
3	22	1/3	-1	1	5,653	5,16	4,027
4	26	1/3	1	1	6,38	6,22	6,913
5	24	1/4	0	0	6,2	5,907	6,324
6	24	1/4	0	0	6,189	5,95	6,176
7	24	1/4	0	0	6,02	5,66	5,759

**Figure 3** Superfície de resposta para a otimização do aroma do fermentado.



**Figura 4** Superfície de resposta para a otimização do sabor do fermentado.



estão apresentados:

**3.** Aparência =  $6.097 + 0.3618 \text{ }^\circ\text{Brix} - 0.0417 \text{ M}$

**4.** Aroma =  $5.8093 + 0.4930 \text{ }^\circ\text{Brix} - 0.0970 \text{ M}$

**5.** Sabor =  $5.9029 + 1.3218 \text{ }^\circ\text{Brix} - 0.2953 \text{ M}$

Observando as equações 3, 4 e 5, percebe-se que a dependência de ambas as respostas foi linear com os fatores e que a influência do  $^\circ\text{Brix}$  sobre as qualidades sensoriais do fermentado foi muito maior que a da massa de polpa de acerola. As Figuras 2, 3 e 4 apresentam as superfícies de respostas geradas após a otimização do processo de produção do fermentado de acerola, nas condições estudadas neste trabalho. Uma análise geral mostra que à medida que se aumenta o  $^\circ\text{Brix}$  inicial do mosto, obtém-se uma melhor aceitação dos fermentados em todas as qualidade sensoriais. O que também é percebido ao observar a pequena inclinação da superfície com relação ao eixo da massa de polpa de acerola, condizendo com o apresentado no modelo.

### 3. CONCLUSÃO

Os fermentados obtidos tiveram cor, aroma e sabor característicos dos frutos da acerola, foram suaves, de graduação alcoólica média de  $11 \text{ }^\circ\text{GL}$  e com todas as características físico-químicas dentro das normas brasileiras.

A análise sensorial demonstrou que não houve diferenças significativas entre as amostras de fermentados para ambas as qualidades sensoriais, sendo que a média ficou próxima de 6 pontos na escala Hedônica. Os modelos que mais se ajustaram à descrição da dependência das qualidades sensoriais com o  $^\circ\text{Brix}$  e a massa de polpa de acerola foram lineares e apresentaram uma influência maior do  $^\circ\text{Brix}$  sobre a resposta. Assim, os fermentados produzidos com alto  $^\circ\text{Brix}$  e pouca massa de polpa foram os melhores. Este trabalho dá suporte ao emprego da acerola na obtenção de fermentados de alta qualidade, com aroma agradável e cor levemente avermelhada, podendo assim ser comercializado, agregando valor à cultura da acerola.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCAR, J. M. Alimentos: Aspectos bromatológicos e legais. Análise percentual. São Leopoldo RS, Unisinos editora, v.01, 1985, p. 257 - 263.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHIMIDELL, W.; LIMA, U. A. Biotecnologia na produção de alimentos. Vol. 4. Série Biotecnologia industrial. 1ª ed. Edgard Blüch Ltd, São Paulo-SP, 2001, p 21 - 68.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S. e BRUNS, R. E. Como Fazer Experimentos: Pesquisa e Desenvolvimento na Ciência e na Indústria. Vol. 1, 1ª edição, Coleção Livros - Textos, EDUNICAMP, Campinas SP, 2001, p 406.

CASSONE, L. Conheça o mundo do vinho e do queijo. São Paulo: Editora Gaia, 1995, p.13 - 97.

DELANOE, D.; MAILLARD, C. & MAISONDIEU, D. O vinho da análise à elaboração. Coleção EUROAGRO. Portugal: Europa-América Ltda, 1989, p. 230.

DINIZI, E. FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Atividade de água e condutividade elétrica de polpas de acerola concentradas. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial, n.1, p.9-17, 2003.

FERRÃO, J.E.M. Fruticultura tropical: espécies com frutos comestíveis. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, v.1, 1999, p.75 -84.

FREITAS, R. F.; SCHWAN, R. F.; DIAS, D. R. & OLIVEIRA, R. L. Elaboração e caracterização de vinho de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* - Will ex Spreng:Schum). Anais do XXI Congresso Brasileiro de Microbiologia. Foz do Iguaçu-PR, p.396, 2001.

GARRUTTI, D. S. Composição de voláteis e qualidade de aroma do vinho de caju. Tese de Doutorado. Campinas: FEA - UNICAMP, 2001, p.220.

GAVA, A. J. Princípios de tecnologia de alimentos. 7ª

ed. São Paulo: Editora Nobel, 1986, p.25.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; & BARBETTA, P. A. Análise Sensorial de Alimentos. Série Didática. Florianópolis: Editora UFSC, 1987, p 18 - 102.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão da bolsa e ao FINEP / Fundo Verde-Amarelo pelo suporte financeiro.