



# UTILIZAÇÃO DE UM DELINEAMENTO COMPOSTO CENTRAL ROTACIONAL PARA AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE POLPAS DE AÇAÍ PASTEURIZADAS

R. A. MATTIETTO<sup>1</sup>, V. M. MATTA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Amazônia Oriental

<sup>2</sup> Embrapa Agroindústria de Alimentos

E-mail para contato: rafaella@cpatu.embrapa.br

**RESUMO** – O açaí é um fruto nativo da região Amazônica brasileira, cuja polpa tem sido amplamente comercializada no mundo. Sendo altamente perecível pelas suas características intrínsecas e de pré-processamento, o processo de pasteurização torna-se essencial. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi investigar como o binômio tempo e temperatura influencia nas características microbiológicas da polpa, e, através de um delineamento experimental determinar as melhores condições de processo visando à segurança do produto. Utilizou-se polpa de açaí proveniente de Belém, Pará e um sistema de pasteurização tubular. O planejamento adotado foi do tipo composto central rotacional 2<sup>2</sup> e como respostas foram realizadas análises de bactérias mesófilas e bolores e leveduras. A avaliação estatística do planejamento mostrou que, para bactérias, as variáveis temperatura e tempo, linear e quadrática, foram significativas ( $p \leq 0,05$ ). Porém, quando submetidos à análise de variância, os resultados foram considerados insatisfatórios para geração de um modelo preditivo ( $R^2 = 0,39$ ;  $F_{calculado}/F_{tabelado} < 3$ ; falta de ajuste  $> 0,10$ ). Entretanto, os gráficos de tendência indicaram que a variável tempo exerceu maior influência no processo. Para bolores e leveduras, observou-se destruição em sua totalidade, com contagens finais de  $< 10$  UFC/g (est.). De acordo com o conjunto de resultados obtidos, sugere-se a adoção de um tempo mínimo de 35s e temperatura acima de 75°C para a pasteurização da polpa de açaí.

## 1. INTRODUÇÃO

O açaí é um dos principais frutos da Amazônia, cuja polpa, conhecida simplesmente como açaí, conquistou novos mercados no país e, mais recentemente, no mundo, principalmente em função da sua composição, rica em lipídeos e antocianinas, que lhe conferiu o apelo de produto energético e funcional.

Apesar do crescimento contínuo verificado no consumo de açaí, tanto no mercado nacional quanto internacional, observa-se a necessidade de garantir a qualidade e padronização da sua polpa, tanto pela preservação da sua composição quanto pela segurança biológica da mesma, que é dada pelo tratamento térmico.

A necessidade de otimização de produtos e processos, minimizando custos e tempos operacionais têm levado a uma enorme busca por técnicas sistemáticas de planejamento de experimentos. A metodologia do planejamento composto central rotacional (DCCR) consiste em um grupo de procedimentos, estatísticos e matemáticos, que podem ser usados no estudo das inter-relações entre uma ou mais respostas (variáveis dependentes) com inúmeros fatores (variáveis independentes). É uma técnica estatística baseada no emprego de planejamentos fatoriais, introduzida na década de 50, que, desde então, tem sido usada com grande sucesso na modelagem de diversos processos industriais (Barros Neto *et al.*, 1996).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi investigar como o binômio tempo e temperatura influencia nas características microbiológicas da polpa de açaí, e, através de um delineamento experimental, determinar as melhores condições de processo visando à segurança do produto.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Polpa de açaí

Os frutos de açaí foram adquiridos em feira livre de Belém-Pará e despulpados em extrator mecânico vertical, próprio para o despulpamento do fruto. A adição de água durante o processo foi suficiente para caracterizar o açaí como do tipo médio (sólidos totais de 13%), segundo o Padrão de Identidade e Qualidade do Açaí (Brasil, 2000).

### 2.2. Pasteurização e delineamento experimental

O açaí extraído foi homogeneizado e conduzido a um sistema de pasteurização tubular, de escala laboratorial. O efeito da aplicação de diferentes tempos ( $X_1$ ) e temperaturas ( $X_2$ ) de pasteurização foi estudado através de um planejamento composto central rotacional (DCCR)  $2^2$ , contendo 3 pontos centrais e 4 axiais. As Tabelas 1 e 2 mostram o delineamento adotado.

Tabela 1 - Níveis codificados e reais das variáveis independentes

Variáveis Independentes	Níveis codificados e reais das variáveis independentes				
	$-\infty$	-1	0	+1	$+\infty$
$X_1$ (Temperatura em °C)	72	75	82,5	90	93
$X_2$ Tempo (segundos)	29	35	50	65	72

O valor de  $\infty$  foi calculado em função do número de variáveis independentes ( $n=2$ ) através da Equação 1:

$$\infty = (2^n)^{1/4} = 1,41 \quad (1)$$

As faixas de variação entre o limite inferior e o superior de cada variável independente foram estabelecidas de acordo com os dados mais comumente utilizados nas indústrias de polpa de açaí.



Tabela 2 - Quadro de ensaios do planejamento composto central rotacional

X <sub>1</sub> (Temperatura em °C)		X <sub>2</sub> (Tempo em segundos)	
(-1)	75	(-1)	35
(+1)	90	(-1)	35
(-1)	75	(+1)	65
(+1)	90	(+1)	65
(0)	82,5	(0)	50
(0)	82,5	(0)	50
(0)	82,5	(0)	50
(-1,41)	72	(0)	50
(+1,41)	93	(0)	50
(0)	82,5	(-1,41)	29
(0)	82,5	(+1,41)	72

Como respostas a este planejamento, as variáveis dependentes foram as contagens de bactérias mesófilas ( $Y_1$ ) e de bolores e leveduras ( $Y_2$ ), sendo as análises realizadas de acordo com métodos oficiais da APHA (Vanderzant e Splittstoesser, 1992).

Os resultados foram analisados por meio do software *Statistica*® 5.0., sendo utilizada uma análise de variância (ANOVA) para estimar os parâmetros estatísticos e avaliar a predição ou não do modelo matemático.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da avaliação estatística para a variável bactérias mesófilas ( $Y_1$ ) estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Efeitos e interações calculadas para a variável bactérias mesófilas ( $Y_1$ )

	Efeito	Erro Puro	t(2)	p
Média	203,358	42,557	4,778	0,041
Temperatura (Linear)	-545,526	26,060	-20,932	0,002
Temperatura (Quadrática)	193,003	31,018	6,222	0,024
Tempo (Linear)	-829,493	26,060	-31,829	0,001
Tempo (Quadrático)	625,511	31,018	20,165	0,002
Temperatura x tempo	-1,25	36,855	-0,033	0,976

Os valores destacados são significativos a um intervalo de confiança de 95%. A partir das variáveis significativas, efetuou-se uma análise de variância (ANOVA) que é apresentada na Tabela 4.

O valor obtido para o  $R^2$  foi de 0,3915, indicando assim que apenas 39% da variabilidade na resposta podem ser explicadas pelo modelo. Este valor é considerado insatisfatório para obtenção de um modelo válido e útil para fins preditivos.

Tabela 4 - Análise de variância para a variável bactérias mesófilas ( $Y_1$ )

Fonte	SQ	GL	MQ	F calculado	F tabelado*
Regressão	10095128,74	4	2523782	0,9650	4,53
Resíduos	15690575,81	6	2615096		
Falta de Ajuste	15679709,14	4	3919927	721,45	19,25
Erro Puro	10866,66	2	5433,33		
Total	25785704,55	10			

\* Valores tabelados (Box *et al.*, 1978): F regressão (4;6;95); F falta de ajuste (4;2;95).

Além disso, segundo Box *et al.* (1978) para que uma regressão seja não apenas significativa, mas também útil para fins preditivos, a relação de  $F_{calculado}/F_{tabelado}$  deve ser superior a três. No caso deste estudo, a relação para a regressão apresentou um valor de 0,2130, ficando bem abaixo da relação esperada.

Ratificando a falta de ajuste do modelo, o valor de  $F_{calculado}$  para a falta de ajuste foi bem superior (721,49) que o  $F_{tabelado}$  (19,25) para o mesmo, fornecendo uma alta relação, o que igualmente não é ideal para a validação do modelo. Para que um modelo seja considerado bem ajustado o mesmo deve apresentar uma relação menor que 0,10.

Apesar dos resultados obtidos não proporcionarem a geração de um modelo matemático, um gráfico de contorno foi gerado e indica a tendência do processo (Figura 1).

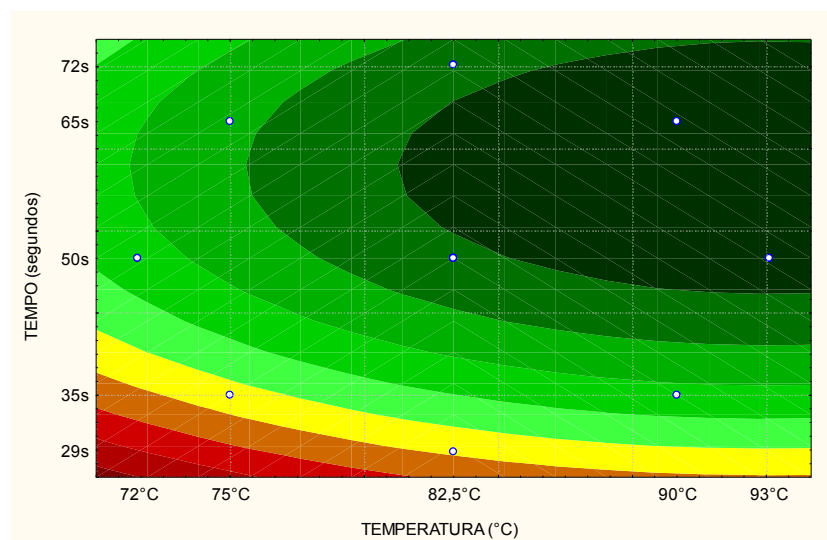


Figura 1 – Gráfico de contorno para avaliação das bactérias mesófilas em função do tempo e da temperatura de pasteurização

Observa-se que quando são aplicadas temperaturas mais baixas (zona em vermelho e laranja), mantendo-se a pasteurização em tempos menores (29 a 35 segundos), tem-se uma menor destruição dos microrganismos em questão. O oposto é observado na zona em verde e

nota-se que um pouco acima dos pontos centrais do planejamento (82,5°C e 50 segundos), tanto para temperatura quanto para o tempo, há uma maior destruição desses microrganismos.

A Figura 1 igualmente indica que a variável tempo exerceu maior influência no processo, uma vez que em valores acima de 35 segundos sai-se da faixa de baixa destruição (zona vermelha e laranja), independentemente da temperatura utilizada.

O gráfico de Pareto (Figura 2) ratifica a influência positiva (efeito negativo observado no planejamento) da temperatura e do tempo na resposta, ou seja, há destruição significativa ( $p \leq 0,05$ ) na contagem de bactérias mesófilas com o aumento de temperatura e aumento do tempo, sendo, porém, esta última a variável de maior efeito.

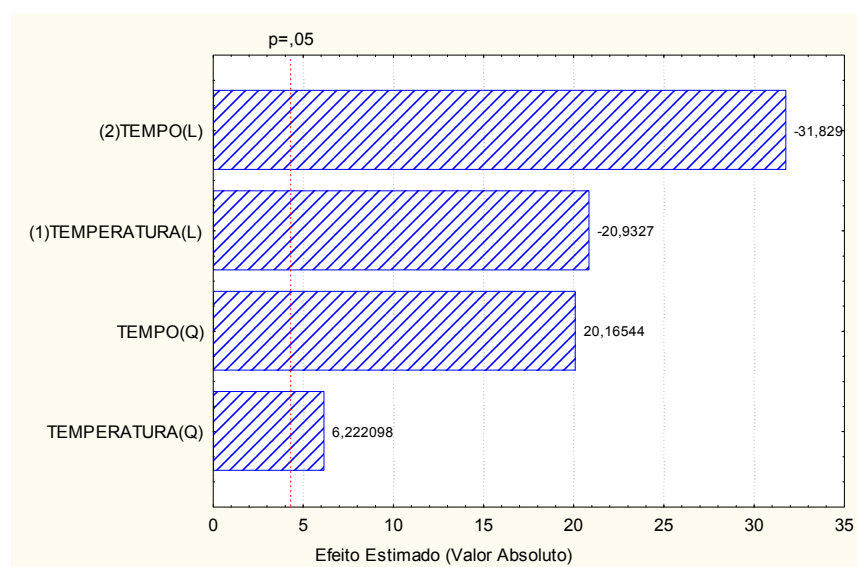


Figura 2 – Gráfico de Pareto sobre o efeito do tempo e da temperatura de pasteurização na contagem de bactérias mesófilas

Para a variável bolores e leveduras ( $Y_2$ ) observou-se destruição desses microrganismos em sua totalidade, com contagens finais de  $<10$  UFC/g (est.) para todos os ensaios realizados. Dessa forma, não foi possível a avaliação estatística do planejamento, uma vez que não houve variações nos resultados desta variável dependente.

Dessa forma, de acordo com o conjunto de resultados obtidos, sugere-se a adoção de um tempo mínimo de 35s e temperatura acima de 75°C para a pasteurização da polpa de açaí, estando a faixa ótima entre 82,5 a 93°C por 50 a 72 segundos. Vale ressaltar que os valores mencionados são baseados nas características microbiológicas do produto final, porém além da segurança do produto, os binômios a serem escolhidos podem vir a considerar também as características sensoriais (cor, sabor) e funcionais (menores perdas em antocianinas e compostos fenólicos, por exemplo).

#### **4. CONCLUSÕES**

Embora os resultados para a variável dependente bactérias mesófilas tenham mostrado que as respostas experimentais, após tratamento por análise de regressão múltipla, foram significativas ( $p \leq 0.05$ ), o teste F aplicado mostrou que o modelo não pode ser considerado preditivo.

Para a variável dependente bolores e leveduras não se detectou variação nas respostas, inviabilizando assim o estudo estatístico do planejamento. Entretanto, observou-se que todos os ensaios foram efetivos na destruição destes microrganismos.

Em função dos resultados obtidos e do gráfico de tendência gerado, considerando-se apenas o aspecto microbiológico, sugere-se a adoção de um tempo mínimo de 35 segundos e temperatura acima de 75°C para a pasteurização da polpa de açaí. A faixa ótima sugerida neste estudo ficou entre 82,5 a 93°C por 50 a 72 segundos.

#### **5. REFERÊNCIAS**

- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. *Planejamento e otimização de experimentos*. Campinas: Editora Unicamp, 1996.
- BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G.; HUNTER, J.S. *Statistics for experimenters. An introduction to design, data analysis and model building*. Nova York: Editora Wiley, 1978.
- BRASIL. Instrução Normativa n.01, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. Diário Oficial da União de 10/01/2000. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 12/03/2012.
- VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. 1992. *Compendium of Methods for the microbiological examination of food*. Washington: American Public Health Association (APHA), 1992.