

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES DA POLPA DO BARU¹

William Oliveira de Araujo², Danilo Martins dos Santos³,
Diego Palmiro Ramirez Ascheri⁴

Resumo: O baru (*Dipteryx alata Vog.*), espécie arbórea do Cerrado Brasileiro, apresenta frutos cuja polpa possui elevado teor de açúcares que podem ser extraídos para diversos fins. O presente trabalho teve por objetivo otimizar o processo de extração de açúcares redutores da polpa utilizando metodologia de superfície de resposta. A polpa do baru foi caracterizada quanto a sua composição química e os açúcares redutores foram extraídos por maceração num sistema de agitação em temperaturas e tempos determinados. Aplicou-se um planejamento fatorial composto central rotacional 2³, variando a quantidade de água de maceração (11,32 a 14,68 mL por 5 g de polpa) a temperatura e o tempo de extração (26,59 a 43,41 °C e 64,77 a 115,23 min, respectivamente). Os resultados da composição química mostraram que a polpa do baru é rica em açúcares contendo glicose, frutose e sacarose em torno de 6, 23 e 31%, respectivamente. Todas as variáveis do processo contribuíram intensivamente na extração dos açúcares e um modelo polinomial de segunda ordem se ajustou adequadamente aos dados experimentais ($R_{aj}^2 = 0,9519$). O ponto ótimo de extração foi possível com parâmetros do processo operando para 5 g de polpa do baru, com 13,51 mL de água de maceração, a 35 °C por 90 min de extração obtendo 26% de açúcares redutores. Com este trabalho foi possível verificar a importância das variáveis estudadas, uma vez que permitiram a extração de uma

¹ Artigo extraído do trabalho de conclusão de curso do primeiro autor.

² Graduado em Química Industrial, Universidade Estadual de Goiás, Campus Henrique Santillo, BR 153, nº 3105, CEP: 75132-400, Anápolis - GO - Brasil. E-mail: william_wwo@hotmail.com. Autor para correspondência.

³ Mestre em Ciências Moleculares, Universidade Estadual de Goiás, Campus Henrique Santillo, Anápolis - GO - Brasil. E-mail: danilomartins_1@hotmail.com.

⁴ Engenheiro de Alimentos, Professor Doutor da Universidade Estadual de Goiás, Campus Henrique Santillo, Anápolis - GO - Brasil. E-mail: ascheridpr@gmail.com.

quantidade de açúcares redutores próxima àquela previamente quantificada por cromatografia líquida de alta eficiência, CLAE.

PALAVRAS-CHAVE: *Dipteryx alata* Vog.; quantificação de açúcares; metodologia de superfície de resposta.

OPTIMIZATION OF EXTRACTION PROCESS OF REDUCING SUGARS OF BARU PULP

Abstract: The baru (*Dipteryx alata* Vog.), Brazilian Cerrado tree specie, presents fruit which pulp has a high sugar content that can be extracted for various purposes. This study aimed to optimize the extraction process of reducing sugars from the pulp using response surface methodology. The baru pulp was characterized in relation to its chemical composition and reducing sugars were extracted by maceration in stirring system in certain temperatures and times. It was applied a rotational factorial central composite design 2^3 , by varying the amount of water maceration (11.32 to 14.68 mL per 5 g pulp), temperature and extraction time (from 26.59 to 43.41 °C and 64.77 to 115.23 min, respectively). The results showed that the baru pulp chemical composition is rich in sugars containing glucose, fructose and sucrose in approximately 6, 23 and 31%, respectively. All process variables contributed intensively in the sugars extraction and a second order polynomial model was adjusted to experimental data ($R_{aj}^2 = 0,9519$). The optimization was possible with the process operating parameters to 5 g of baru pulp with 13.51 mL of water maceration at 35 °C for 90 min extraction to obtaining 26% of reducing sugars. With this study, it was possible to verify the importance of variables, since allowed the extraction of a quantity of reducing sugars near that previously quantified by high performance liquid chromatography, HPLC.

KEY WORDS: *Dipteryx alata* Vog.; quantification of sugars; response surface methodology.

INTRODUÇÃO

O baru (*Dipteryx alata* Vog.) é uma leguminosa arbórea típica do Cerrado

Brasileiro, apresenta uma dispersão irregular de indivíduos, ocorrendo geralmente de forma agregada

(FERNANDES et al., 2010). Ocorre naturalmente em diversas formações florestais e em menor densidade em formações savânicas (CRUZ et al., 2011). É uma das espécies mais promissoras para cultivo, devido a seu uso múltiplo, alta taxa de germinação de sementes e de estabelecimento de mudas (OLIVEIRA et al., 2006). De acordo com Bassini (2008), o baru possui potencial silvicultural além de conviver muito bem em pastagens cultivadas. No estado de Goiás a espécie está protegida do corte pela portaria nº18/2002 da Agência Goiana do Meio Ambiente (SANO et al., 2004; SANTOS et al., 2012).

O fruto do baru vem sendo bastante explorado por pesquisadores, principalmente no que diz respeito à amêndoa, que representa, aproximadamente, 5% do fruto (MOSQUETTA et al., 2011). Entretanto, trabalhos já determinaram a composição centesimal da polpa e da casca deste fruto, avaliando suas possibilidades tecnológicas, bem como suas potencialidades como ingrediente na indústria alimentícia (AZEREDO; FARIA, 2004; GUIMARAES et al., 2012).

Togashi e Scarbieri (1994) destacaram a presença de um elevado teor de açúcares na polpa do baru e,

recentemente, Ascheri et al. (2009), em polpa dos frutos do baru maduros, acusaram a presença de monossacarídeos de 22,84% e ainda foi detectada uma expressiva quantidade de dissacarídeos, na ordem de 30,27%, o que explica a razão de uma polpa adocicada.

Desta forma, considerando o baru como uma espécie nativa usada pela população regional como fonte de renda familiar no Estado de Goiás e o alto teor de açúcar na polpa, identificou-se a necessidade de desenvolver o presente trabalho, de maneira a demonstrar uma alternativa de aproveitamento da polpa para o consumo humano, de modo a proporcionar maior valor agregado aos frutos do baru. Extrato de açúcares da polpa desse fruto poderá utilizar-se no processamento de bebidas fermentadas.

Neste contexto, o presente trabalho visou à otimização do processo de extração de açúcares redutores (AR) da polpa do baru em função de fatores: quantidade de água de diluição da polpa, temperatura e tempo de extração.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos do baru (*Dipteryx alata* Vog.) foram colhidos dos arredores do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás

– Brasil, no mês de setembro de 2009, coletados do chão quando se iniciou sua queda natural, o que indicou o ponto ideal de colheita dos frutos.

Os frutos foram selecionados em função do tamanho e ausência de danos. Após a seleção, os frutos foram lavados em água corrente para retirada de palha, poeira e outros detritos. Seguidamente, os frutos foram imersos em solução de hipoclorito de sódio (200 mg L^{-1}) por 10 min e seco sob condições ambientes.

Após a sanitização, a polpa foi extraída do pericarpo com auxílio de facas de aço inoxidável, seguida de secagem em estufa com circulação e remoção de ar, marca Marconi, modelo MA 035, a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ até massa constante. A polpa seca foi triturada em moinho de facas, marca Tecnal, modelo TE-625, obtendo-se a polpa em pó.

Com o intuito de diminuir as partículas mais grossas e, ainda, concentrar os açúcares, a polpa em pó foi passada em peneira de malha com furos de $75 \text{ }\mu\text{m}$ de diâmetro, armazenada em potes herméticos até seu posterior uso.

O processo de extração foi conduzido em erlenmeyers de 250 mL e banho-maria com agitação pendular tipo Dubnoff, marca Tecnal, modelo TE-053. As condições do processo foram

estabelecidas num Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) e os resultados foram avaliados através da aplicação de Metodologia de Superfície de Resposta (MSR).

Seguiu-se as seguintes etapas para a otimização do processo de extração dos açúcares redutores (AR):

a) Foi feito um levantamento bibliográfico com a finalidade de selecionar as variáveis que mais influenciam no processo de extração de AR (BOAS et al., 2001; PAGANINI et al., 2005).

b) A quantidade de polpa foi de 5 g por tratamento, estabelecida previamente por meio de ensaios preliminares.

c) O método de planejamento experimental DCCR (BOX, 1954; COCHRAN; COX, 1957) foi escolhido para três variáveis. Ele consistiu em um planejamento fatorial 2^3 com oito ensaios ($2 \times 2 \times 2$), mais seis pontos axiais e cinco pontos centrais (PC), totalizando dezenove experimentos, para avaliar a influência dos fatores, no programa computacional *Statistica* 8.0 (STATSOFT, 2007), no qual as variáveis independentes foram: Quantidade de água destilada (QA), Temperatura (T) e Tempo de extração (Te), com agitação constante a 75 rpm. Na Tabela 1 detalham-se os valores dos níveis

codificados e reais escolhidos para o planejamento experimental DCCR.

Tabela 1 – Níveis reais e codificados das variáveis independentes estudadas no processo de extração dos açúcares redutores.

Variáveis	Nível				
	-α	-1	0	+1	+α
X ₁	11,32	12	13	14	14,68
X ₂	26,59	30	35	40	43,41
X ₃	64,77	75	90	105	115,23

X₁ = Quantidade de água (mL por 5 g de polpa); X₂ = Temperatura de extração (°C); X₃ = Tempo de extração (min); α = 1,682.

O valor de α foi calculado em função do número de variáveis independentes, sendo definido conforme (BARROS NETO et al., 2010):

$$\alpha = (2^k)^{1/4} = (2^3)^{1/4} = 1,682 \quad (1)$$

O modelo polinomial de segunda ordem adotado em função da variável dependente, segundo Khuri e Cornell (1987), foi:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \sum_{i<j}^k b_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (2)$$

em que: Y é a função resposta, X é a variável estudada, b representa os coeficientes do modelo e ε é o erro experimental.

d) A resposta adquirida (variável dependente) do experimento realizado foi a

quantidade de Açúcares Redutores, denotado anteriormente como AR, obtida por análise titulométrica usando o método de Lane-Eynon (MATISSEK et al., 1998).

e) Foi realizada Análise de Resíduos a 95% de limite de confiança ($p < 0,05$), que consistiu: no teste de significância do ajuste do modelo, baseados na Análise de Variância (ANOVA), comparando-se a proporção da variação explicada, isto é, pela análise do coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2) e pelo método de seleção para frente (*forward selection*) até que o valor das somas dos quadrados do erro (SQE) não variasse ou até completar os coeficientes do modelo proposto.

f) Os coeficientes do modelo foram estimados pelo método dos mínimos quadrados, sendo sua significância avaliada pelo teste t e valor da

probabilidade (valor- p), adotando-se um valor de $p \leq 0,05$ para todos os ensaios;

g) Curvas de contorno e superfícies de respostas foram desenhadas por meio do modelo matemático proposto nos níveis reais das variáveis independentes, mantendo-se a resposta em função do eixo Z, com eixos X e Y representando as variáveis independentes ao mesmo tempo em que se mantêm as demais variáveis constantes no ponto central.

h) Uma vez obtido um modelo polinomial ajustado à resposta, sua otimização foi feita pela técnica proposta por Derringer e Suich (1980). Esta se baseia na definição de uma função de desejabilidade (D) restrita no intervalo de [0,1], para a qual se adotou como limites inferior, médio e superior nos valores de 0, 0,5 e 1,0, respectivamente. Se a resposta for aquela que se quer, $D = 1$ e se a resposta estiver fora da região aceitável, $D = 0$. Assim, as variáveis independentes são escolhidas de modo a maximizar a desejabilidade global.

Após a obtenção da solução do extrato de açúcares redutores da polpa do baru, essa foi filtrada sob vácuo, tendo seu volume padronizado para 100 mL e em seguida se fez a determinação dos mesmos. Sendo que, as determinações se deram no

mesmo dia da extração, para evitar perdas devido à degradação da amostra.

A determinação dos açúcares redutores foi realizada em quadruplicata, de forma aleatória, pelo método de Lane e Eynon, que utiliza o licor ou solução de Fehling, conforme descrito anteriormente: foram transferidos para um erlenmeyer de 250 mL, com auxílio de pipeta, 10 mL da solução A, 10 mL da solução B de Fehling e adicionados 40 mL de água destilada, aquecendo-se até a ebulição. A amostra contendo os açúcares redutores foi utilizada como agente titulante, sendo que essa foi adicionada gota a gota sobre a solução de Fehling, em ebulição, agitando-se sempre até que a solução passou da cor azul a incolor. No fundo do erlenmeyer ficou um resíduo avermelhado, quando foram adicionadas 2 a 3 gotas de azul de metileno e concluída a titulação com a mudança de coloração.

A solução de Fehling foi padronizada anteriormente utilizando-se uma solução de glicose a 1%, em água, sendo feitas quatro repetições. A partir disso, calculou-se o fator de conversão para ser usado como parâmetro nas análises das amostras em questão.

$$\text{Glicose (\%)} = \frac{100 \times A \times a}{P \times V} \quad (3)$$

em que: A é o volume da solução da amostra gasta na titulação em mL; a é o valor do título do Fehling (g de glicose por 10 mL da solução de Fehling); P é a massa da amostra (g); V é o volume da amostra gasto na titulação.

Os teores de água, cinzas, lipídios, fibras e proteínas foram determinadas utilizando-se os métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Os açúcares redutores, glicose e frutose, e a sacarose foram determinadas segundo Macrae (1998), por separação cromatográfica da amostra em coluna de fase reversa e consequente determinação da concentração dos açúcares por cromatografia líquida de alta eficiência

(CLAE), utilizando método de padronização externa. As seguintes condições cromatográficas foram utilizadas: coluna amino 30 cm x 4,6 mm (*High Performance Carbohydrate*), fase móvel Acetonitrila 75% em água com fluxo de 1,4 mL min⁻¹ e detector índice de refração com temperatura interna de 45 °C. Os resultados foram expressos em g por 100 g de matéria seca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição química da polpa do baru

Os componentes e respectivos valores médios da composição química da polpa do baru estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados referentes à composição química da polpa do baru*.

Componentes	Média (g por 100 g em base seca)
Água	20,00 ± 0,09
Proteínas	5,60 ± 0,30
Lipídios	3,10 ± 0,03
Fibra bruta	4,61 ± 0,40
Cinzas	3,50 ± 0,03
Carboidratos ¹	63,19 ± 0,05
Glicose	5,90 ± 0,65
Frutose	22,50 ± 0,22
Sacarose	30,91 ± 0,50

* média de três determinações; ¹ Calculado por diferença [100-(Água + Proteína + Lipídios + Fibra bruta + Cinzas)].

O teor de água inicial da polpa do baru foi de 20%, bem próximos dos encontrados por Botezelli et al. (2006) e Rocha e Santiago (2009) que acharam teores de água entre 20 e 27%.

Os teores de proteínas (5,6%) e lipídios (3,1%) da polpa do baru são consistentes com os valores encontrados por Alves et al. (2010) de 4,17% para proteínas e 3,73% para os lipídios, entretanto o teor de cinzas (3,5%) foi elevado se comparado com o referido por Arakaki (2010) que foi igual a 1,34%.

Apesar de na literatura não conter informações suficientes sobre a quantidade certa do teor de açúcares na polpa do baru, Vallilo et al. (1990) destaca a presença de 30,80% de glicose e sacarose, e segundo Togashi e Scarbieri (1994) os teores de açúcares totais é igual a 20,40%. Sendo que, estas diferenças são justificadas por Candil (2004) que afirma que fatores do ambiente (regiões de cultivo, solo e clima) e fatores genéticos têm influência sobre as propriedades nutricionais dos mesmos.

A polpa do baru do presente estudo apresenta considerável quantidade de sacarose (30,91%), frutose (22,50%) e relativa quantidade de glicose (5,90%), o que a torna adocicada. Entretanto, quando estes foram comparados com polpas de

outros frutos, como por exemplo, abacaxi, tamarindo e mangaba, observou-se que os teores de frutose e glicose são menores e de sacarose é maior (ALMEIDA et al., 2009). Mas, assim mesmo a polpa do baru é usada para a confecção de bebidas alcoólicas fermentadas, licores, sendo este último já encontrado disponível comercialmente, podendo ser utilizada também em geleias, doces, bolos e diversos outros fins (NEPOMUCENO, 2006).

Efeitos dos parâmetros do processo de extração de açúcares redutores

Pela ANOVA da Tabela 3 constatou-se que a variação devido aos parâmetros da regressão de ambos os modelos polinomiais foram estatisticamente significativas no nível de confiança de 95% ($p < 0,05$), mostrando um valor de coeficiente de determinação ajustado de 0,8228 e 0,9519, respectivamente, explicando, assim, para o modelo polinomial sem interação mais de 82% da variação total da variável resposta em torno da média e menos que 18% foram atribuídos aos resíduos. Já, para o modelo polinomial com interação a variação total em torno da média foi maior de 95%, enquanto que devido aos resíduos foi

menor que 5%. Embora ambos os modelos polinomiais apresentem valor considerável de R_{aj}^2 , o modelo sem interação evidenciou falta de ajuste (valor- $p < 0,05$), enquanto

que o com interação não evidenciou a falta de ajuste, tendo em vista que essa variação não foi significativa (valor- $p > 0,05$).

Tabela 3 – Análise de variância para o modelo de regressão polinomial de segunda ordem sem e com interação ajustado aos dados experimentais de AR extraído da polpa do baru, em função da quantidade de água, tempo e temperatura de extração.

Fator	Sem interação		Com interação	
	F	Valor-p	F	Valor-p
X ₁	116,24**	<0,01	116,24**	<0,01
X ₂	123,79**	<0,01	123,79**	<0,01
X ₃	14,66*	0,019	14,66*	0,019
X ₁ ²	575,96**	<0,01	575,96**	<0,01
X ₂ ²	17,04*	0,015	17,04*	0,015
X ₃ ²	210,87**	<0,01	210,87**	<0,01
X ₁ X ₂	-	-	33,84**	0,004
X ₁ X ₃	-	-	30,03**	0,005
X ₂ X ₃	-	-	30,83**	0,005
Falta de ajuste	14,36*	0,011	4,04 ^{n.s.}	0,100
R_{aj}^2	0,8228		0,9519	

* Significativo 95% de limite de confiança ($p < 0,05$); ** Significativo 99% de limite de confiança ($p < 0,01$).^{n.s.} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Barros Neto et al. (2010), para que uma regressão seja não apenas estatisticamente significativa, mas também válida para fins preditivos, o valor da razão média quadrática da regressão/média quadrática dos resíduos, ou seja, de $F_{calculado}$, deve ser no mínimo 4 a 5 vezes o valor de $F_{tabelado}$, e o coeficiente de determinação deve ser maior ou igual a 60%. Tendo em consideração o referido, o modelo polinomial completo de segunda

ordem se mostrou adequado para fins preditivos uma vez que o coeficiente de correlação ajustado foi de 0,9519 e a razão $F_{calculado} / F_{tabelado}$ ($36,038 / 3,388$) ≈ 11 .

Segundo Calado e Montgomery (2003) o diagrama de pareto (Figura 1) apresenta de forma rápida e clara os efeitos que são estatisticamente importantes. Os efeitos cujos retângulos estiverem à direita da linha divisória ($p = 0,05$) devem ser considerados no modelo matemático. Os

valores ao lado do retângulo representam na janela dos efeitos principais. os valores da estatística de teste *t*, obtidos

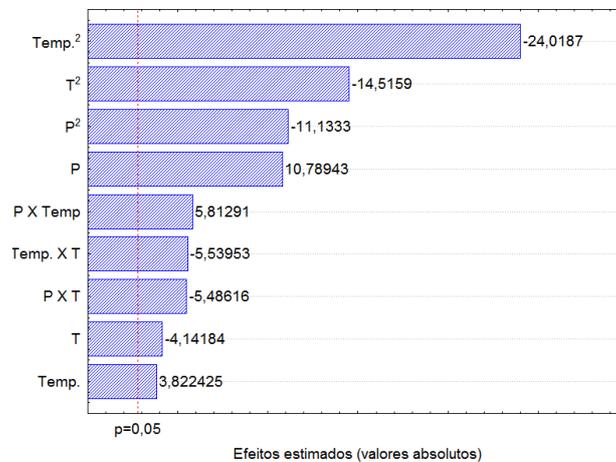


Figura 1 – Estimativa dos efeitos lineares e quadráticos das variáveis do modelo polinomial de segunda ordem ajustado à variação de açúcares redutores extraídos da polpa do baru em função da quantidade de água (P), tempo (T) e temperatura de extração (Temp.).

Na Figura 1, observa-se que todas as variáveis contribuíram significativamente ($p < 0,05$), sendo considerados como coeficientes do modelo selecionado. As variáveis que mais contribuíram para a extração dos açúcares redutores da polpa do baru foram o tempo e a temperatura quadráticas, com sinal negativo, indicando que durante o processo poderá ter-se um máximo de extração dos açúcares redutores em função dessas variáveis.

Portanto o modelo matemático pode ser descrito pela seguinte equação:

$$AR (\%) = - 284,0 + 23,1X_1 - 0,9 X_1^2 + 4,5X_2 - 0,1 X_2^2 + 1,7X_3 - 0,01 X_3^2 + 0,1X_1X_2 - 0,04X_1X_3 - 0,01X_2X_3 \quad (4)$$

A Figura 2 ilustra as superfícies de respostas e de contornos das superfícies dos efeitos das variáveis independentes estudadas sobre o percentual de açúcares redutores extraídos. Sendo que, para a obtenção das superfícies se fez necessário a escolha de dois fatores em estudo, ao passo que o terceiro foi mantido constante em seus níveis experimentais.

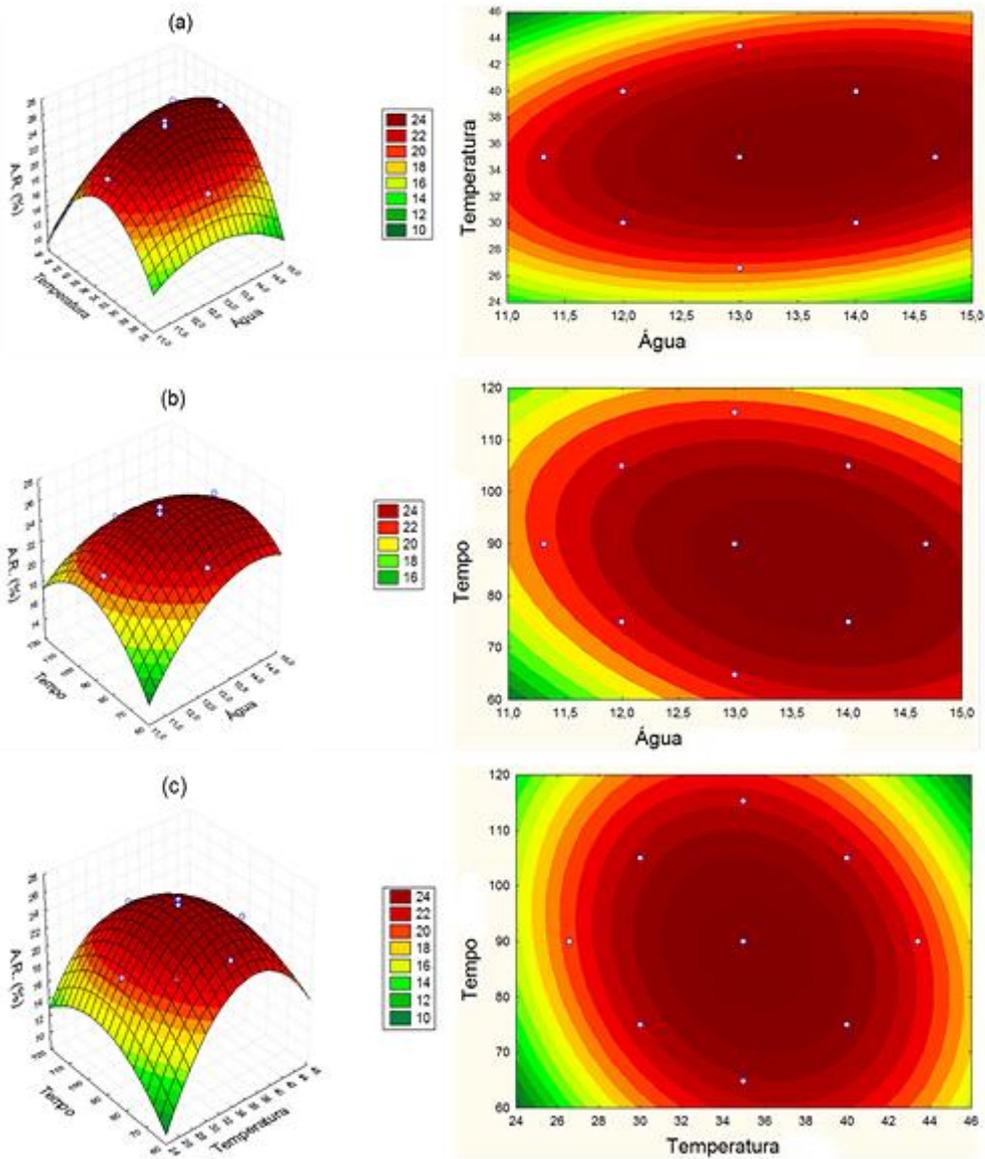


Figura 2 – Perfil de A.R. (%) em função de: (a) temperatura de extração (°C) x quantidade de água/polpa (mL/5g), (b) tempo de extração (min.) x quantidade de água/polpa (mL/5g) e, (c) tempo (min.) x temperatura de extração (°C).

Ao se observar as Figuras 2a, 2b e 2c, pode se perceber, de maneira geral, que os pontos centrais, do planejamento experimental, foram os que obtiveram uma maior extração dos açúcares redutores, ou seja, identificando o ponto ótimo da extração dos mesmos.

Aplicando a função desejabilidade foi estabelecido um ponto ótimo para o processo de extração de açúcares redutores da polpa do baru (Figura 3). Para a extração de 26% de açúcares redutores é necessário utilizar uma quantidade de água de 13,51 mL por 5 g de polpa do baru e o

tempo e temperatura de extração devem ser de 90 min e 35 °C, respectivamente.

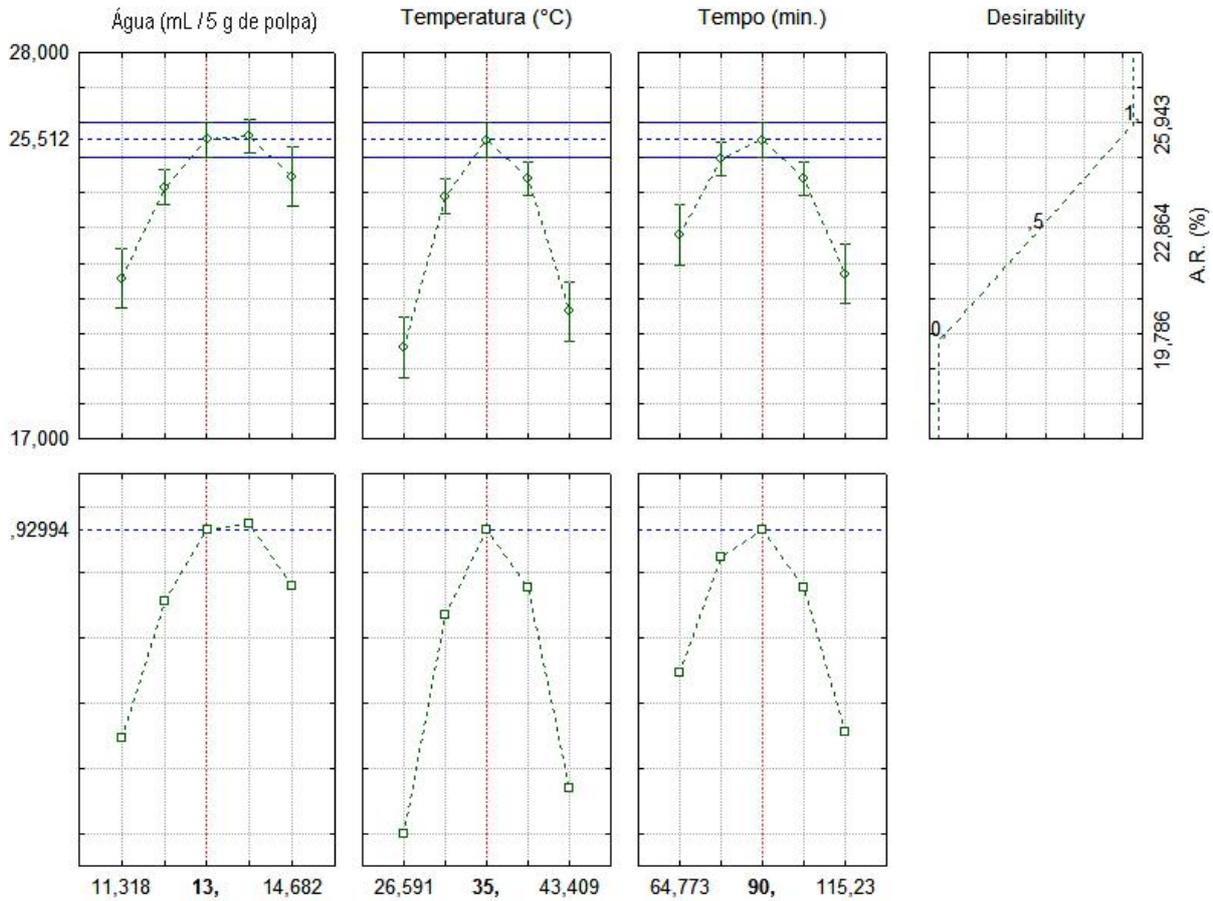


Figura 3 – Perfil da otimização da extração dos açúcares redutores, A.R. (%), em função da quantidade de água/polpa do baru, tempo e temperatura de extração.

CONCLUSÕES

Os resultados da composição química mostraram que a polpa do baru é rica em açúcares, contendo glicose, frutose e sacarose em torno de 6, 23 e 31%, respectivamente.

Verificou-se que para extração dos açúcares redutores o modelo quadrático se ajustou adequadamente aos dados

experimentais ($R_{aj}^2 = 0,9519$), sendo que todas as variáveis do processo contribuíram intensivamente na extração dos açúcares.

O ponto ótimo para o processo de extração de açúcares redutores da polpa do baru obteve-se um valor de 26%, sendo que para a obtenção desse teor de açúcares é necessário, para 5 g de polpa, utilizar

13,51 mL de água de maceração, a 35 °C por 90 min de extração. Confirmando a importância das variáveis estudadas, uma vez que permitiram a extração de uma quantidade de açúcares redutores próxima àquela previamente quantificada por cromatografia líquida de alta eficiência, CLAE.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. M. B.; PAULA, R. C. M.; JÚNIOR, J. B. A. S.; SOUSA, P. H. M.; LOPES, M. F. G.; LEMOS, T. L. G. Estudo da composição de açúcares em frutas tropicais do Nordeste Brasileiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (SBQ), 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza-CE, 2009.
- ALVES, A. M.; MENDONÇA, A. L.; CALIARI, M.; CARDOSO-SANTIAGO, R. A. Avaliação química e física de componentes do baru (*Dipteryx alata Vog.*) para estudo da vida de prateleira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 266 - 273, 2010.
- ARAKAKI, A. H. **Desenvolvimento de bioprocessos para produção de biomassa rica em cobre e zinco por fermentação submersa utilizando leveduras isoladas do baru (*Dipteryx alata Vog.*) e testados em resíduos da agroindústria brasileira.** 2010. 155 f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- ASCHERI, D. P. R.; SOUZA, P. L. M.; RIBEIRO, A. E. C.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Propriedades funcionais de farinhas de baru e arroz e mistas pré-gelatinizadas de baru e arroz obtidas por extrusão termoplástica. **Anais...** CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS, 7., 2009, Bogotá. Integrando la ingeniería de alimentos con el bienestar. [S.l.: s.n.], 2009.
- AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F. Fundamentos de cinética de degradação e estimativa de vida de prateleira. **In:** EMBRAPA. Fundamentos de estabilidade de alimentos. Fortaleza: Editora Técnica Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo, 2004. p. 77 - 95.
- BARROS NETO, B., SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos - aplicações na ciência e na indústria.** 4. Ed. São Paulo: BOOKMAN, 2010. 414 p.

- BASSINI, F. **Caracterização de populações de barueiros (*Dipteryx alata* Vog. – FABACEAE) em ambientes naturais e explorados**. 2008. 142 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.
- BOAS, B. M. V.; LICCIARDI, R.; MORAIS, A. R. de; CARVALHO, V. D. de. Seleção de extratores e tempo de extração para determinação de açúcares em café torrado. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1169 - 1173, 2001.
- BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. de. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (BARU). **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 9 - 18, 2006.
- BOX, G. E. P. The exploitation and exploitation of response surfaces: some general conditions and examples. **Biometrics**, Texas, v. 10, n. 1, p.16 - 60, 1954.
- CALADO, V.; MONTGOMERY, D. **Planejamento de Experimentos usando o**
- Statística**. Rio de Janeiro: E-papers, 2003. 260 p.
- CANDIL, R. F. M. **Cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.): uma forma alimentar e de renda à comunidade do assentamento Andalúcia – Nioaque/MS**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Local) – Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2004.
- COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2.ed. London, John Wiley, 1957.
- CRUZ K. S. da; SILVA, M. A. da; FREITAS, O. de; NEVES, V. A. Partial characterization of proteins from baru (*Dipteryx alata* Vog) seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 11, p. 2006 - 2012, 2011.
- DERRINGER G. C.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several responses variables. **Journal of Quality Technology**, v. 12, n. 4, p. 214 - 219, 1980.
- FERNANDES, D. C. et al. Nutritional composition and protein value of the baru (*Dipteryx alata* Vog.) almond from the Brazilian Savanna. **Journal of the Science**

of **Food and Agriculture**, v. 90, n. 10, p. 1650 - 1655, 2010.

GUIMARAES, R. C. A.; FAVARO, S. P.; SOUZA, A. D. V.; SOARES, C. M.; NUNES, Â. A.; OLIVEIRA, L. C. S.; HONER, M. R. Thermal properties of defatted meal, concentrate, and protein isolate of baru nuts (*Dipteryx alata* Vog.). **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 1, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1^a ed. Digital. ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coord.). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

KHURI, A. Z.; CORNELL, J. A. **Response Surface Design and Analysis**. New York: Marcel Dekker, 1987. 405 p.

MACRAE, R. **Food Science and technology: a serie of monographs: HPLC in food analysis**. 2 ed., New York: Academic Press, 1998. 77p.

MATISSEK, R.; SCHENEPEL, F. M.; STEINER, G. **Análisis de los Alimentos: Fundamentos, métodos y aplicaciones**. Zaragoza: Acribia, 1998.

MOSQUETTA, R.; RIBEIRO, G. C.; MUNOZ, R. A. A.; COELHO, N. M. M.; Coelho, L. M. Uso de amêndoas de baru (*Dipteryx alata*) para remoção de Ni(II) em etanol combustível. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 6, 2011.

NEPOMUCENO, D. L. M. G. **O extrativismo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) em Pirenópolis (Go) e sua sustentabilidade**. 2006. 117p. (Mestrado em Ecologia e produção sustentável) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia. 2006.

OLIVEIRA, A. N.; SILVA, A. C. da; ROSADO, S. C. da S.; RODRIGUES, É. A. C. Variações genéticas para características do sistema radicular de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p.905 - 909, 2006.

PAGANINI, C.; NOGUEIRA, A.; SILVA, N. C.; WOSIACKI, G. Aproveitamento de bagaço de maçã para a produção de álcool e obtenção de fibras alimentares. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 6, nov./dez., p. 1231-1238, 2005.

ROCHA, L. S.; SANTIAGO, R. A. C. Implicações nutricionais e sensoriais da polpa e casca de baru (*Dipteryx alata* Vog.) na elaboração de pães. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas - SP, v. 29, n. 4, 2009.

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. de. **Baru: biologia e uso**. Planaltina: EMBRAPA, 2004. (Documento 116).

SANTOS, G. G.; SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; MARTINS, D. M. O.; ALMEIDA, R. A. Aceitabilidade e qualidade físico-química de paçocas elaboradas com amêndoa de baru. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 159 - 165, 2012.

STATSOFT. Inc. *Statistica for Windows (data analysis software system)*, version 8. Statsoft, Tulsa, Oklahoma (USA), 2007.

TOGASHI, M.; SCARBIERI, V. C. Caracterização química parcial do fruto do baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 85 - 95, 1994.

VALLILO, M. I.; TAVARES, M.; AUED, S. Composição química da polpa e da semente do fruto do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.) – caracterização do óleo da semente. **Revista do Instituto Florestal**, v. 2, p. 115 - 125, 1990.