

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

CÉLIA CAROLINE FLORINDO DA SILVA

**QUALIDADE DE RAPADURAS ENRIQUECIDAS COM  
FARELO DE ARROZ EXTRUSADO E AMÊNDOAS DE  
BARU/AMENDOIM TORRADOS**

Goiânia  
2012

CÉLIA CAROLINE FLORINDO DA SILVA

**QUALIDADE DE RAPADURAS ENRIQUECIDAS COM  
FARELO DE ARROZ EXTRUSADO E AMÊNDOAS DE  
BARU/AMENDOIM TORRADOS**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, como exigência para a obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**Orientador:** Prof. Dr. Márcio Caliari

**Co-Orientadores:** Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior e Prof<sup>a</sup> Dra. Adelaide Del Pino Beleia

Goiânia  
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

CÉLIA CAROLINE FLORINDO DA SILVA

**QUALIDADE DE RAPADURAS ENRIQUECIDAS COM  
FARELO DE ARROZ EXTRUSADO E AMÊNDOAS DE  
BARU/AMENDOIM TORRADOS**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 06 de julho de 2012, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

---

Profa. Dra. Rosângela Vera  
EA/UFG

---

Profa. Dra. Mayra Conceição Peixoto Martins  
Membro - Pós-doc

---

Prof. Dr. Márcio Caliarí  
Orientador - EA/UFG

## EPÍGRAFE

*“Se você puder chegar através da neve, da tempestade e da chuva, saberá que poderá chegar quando brilhar o sol e tudo estará bem.”*

Malcolm X

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à minha mãe Célia e aos meus irmãos Paula Acotirene e Paulo Cezar Jr., que muito contribuíram para que esta jornada se concretizasse.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por todo apoio, incentivo, compreensão e amor durante este período de muito trabalho, renúncias, choros e comemorações.

Aos meus irmãos, pelo companheirismo, amor, carinho e bagunças de toda hora.

A todos os professores do programa, em especial aos queridos orientador e co-orientador Márcio Caliari e Manoel Soares Soares Júnior, pela ótima orientação, atenção, carinho e paciência.

Às minhas amigas engenheiras de alimentos Diva Garcia Mendonça e Karolline Fernandes Siqueira, e a quase engenheira Letícia Borges, pela amizade, companheirismo e incentivos.

Aos meus queridos familiares pelo apoio, incentivo e farras que tanto me fortaleceram nesta caminhada.

Aos amigos guerreiros do mestrado, em especial ao Fred, Jean, Gil, Talita, Vitória, que além de força me deram estímulo e fizeram o mestrado menos penoso. Afinal, quantas gargalhadas nós demos juntos...

Às goianas companheiras de Londrina Gardênia e Suzane, pelo carinho e companheirismo no laboratório, em casa, nos estudos, nas farras, no frio, nas frias, enfim, na vida londrinense. Aos queridos colegas que me ajudaram muito na minha jornada pela UEL, Cleuza, Neide, Carol, Mari's, Luli, Ana Paula, Thiago's, Vinícios e a todos os outros que fizeram os meses longe de casa mais aconchegante.

A todos os meus amigos, de todas as "eras", velhos e recentes, próximos ou ausentes, mas que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento e para minha alegria diária.

Aos professores Adelaide Beléia, Fábio Yamashita, Sandra e demais professores da Universidade Estadual de Londrina pelo apoio, assim como os demais servidores, em especial Neusa Cassula e Alessandra pela atenção e ajuda de todas as horas.

À toda equipe da Universidade Federal de Goiás, professores e servidores.

À UEL e ao programa PROCADÉ pela oportunidade.

À CAPES pela concessão da bolsa.

## RESUMO

O propósito desta pesquisa foi desenvolver, utilizando-se delineamento de misturas, rapaduras enriquecidas com farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru/amendoim torrados, em diferentes proporções, e caracterizá-las em relação às suas propriedades, químicas, físicas (textura e parâmetros de cor) e sensoriais, comparando-as à rapadura padrão, composta apenas de caldo de cana-de-açúcar concentrado. Com a inserção da mistura de farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru/amendoim torrados nas rapaduras formuladas, observou-se que quanto maior a quantidade de farelo de arroz extrusado e menor de caldo de cana-de-açúcar concentrado houve tendência ao maior teor de cinzas. Os maiores teores de proteínas, lipídios e fibra alimentar total foram verificados quando as formulações apresentavam maiores quantidades de amêndoa de baru/amendoim torrados e farelo de arroz extrusado e menores de caldo de cana-de-açúcar concentrado. Em relação à luminosidade, as rapaduras formuladas com amêndoa de baru torrada e farelo de arroz extrusado, apresentaram a maior tendência de aumento com maiores teores de farelo de arroz extrusado e amêndoa de baru torrada, nas formuladas com amendoim torrado e farelo de arroz extrusado, esta tendência foi verificada com maiores quantidades de farelo de arroz extrusado e menores de amendoim torrado e caldo de cana-de-açúcar concentrado. Já para textura a força máxima de compressão teve maior tendência ao aumento quando os valores de caldo de cana-de-açúcar concentrado e amêndoa de baru torrada foram intermediários e para a formulação com amendoim, quando menor a quantidade de amendoim torrado e caldo de cana-de-açúcar concentrado e maiores de farelo de arroz extrusado. Como a rapadura padrão é considerada um alimento desbalanceado devido ao seu valor calórico ser atribuído, quase que exclusivamente, aos carboidratos, ao seu baixo teor de proteína e ausência de lipídios, é possível concluir que com a adição da mistura de farelo de arroz extrusado e amêndoa de baru torrada, a rapadura passou a ser um alimento mais completo, contemplando outros nutrientes, sendo os lipídios e proteínas provenientes do farelo de arroz extrusado e da amêndoa de baru torrada, assim como as fibras, que contribuem para o melhor funcionamento do organismo humano.

**Palavras-chave:** Rapadura, *Oryza sativa* L., subproduto, *Dipteryx alata* Vog., composição centesimal, propriedades físicas

## ABSTRACT

The purpose of this research was to develop, using a mixture design, rapadura enriched with rice bran extruded and baru almonds/peanuts roasted in different proportions, and characterize them in relation to their properties, chemical, physical (texture and parameters of color), microbiological and sensory, comparing them to standard rapadura, composed only of sugar cane juice. With the insertion of the mixture of rice bran extruded and baru almonds/peanuts roasted in formulated rapadura, it was observed that the greater the amount of rice bran extruded under sugar cane juice concentrated tended to the higher ash concentration. The highest levels of proteins, lipids and total dietary fiber were observed when the formulations had higher amounts of baru almonds/peanuts roasted and rice bran extruded under sugar cane juice concentrated. Regarding the brightness, the rapadura made with baru almond toast and extruded rice bran showed the highest upward trend in higher levels of extruded rice bran and baru almond toast, those made with roasted peanuts and rice bran extruded. This trend was observed in the largest quantities of rice bran and extruded under roasted peanuts and sugar cane juice sugar-concentrated. As for the texture maximum compression force had a greater tendency to increase when the values of sugar cane juice concentrated and baru almond roasted were intermediate and the formulation of peanuts, the smaller the amount of roasted peanuts and sugar cane juice sugar-concentrated and larger extruded rice bran. As the pattern is regarded as a molasses feed unbalanced due to the caloric value to be assigned, almost exclusively to the carbohydrate to the low protein content and the absence of lipids, it can be concluded that with the addition of the mixture of rice bran and extruded baru almonds roasted, the brown sugar has become a more complete food, watching other nutrients, lipids and proteins from rice bran extruded and baru almonds roasted, as well as fibers, which contribute to the better functioning of the organism human.

**Keywords:** Rapadura, *Oryza sativa* L., byproduct, *Dipteryx alata* Vog., chemical composition, physical properties

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

ABT	Amêndoa de baru torrada
AT	Amendoim torrado
CCA	Caldo de cana-de-açúcar concentrado
FAE	Farelo de arroz extrusado
FAIN	Farelo de arroz <i>in natura</i>
FMC	Força máxima de compressão
FAI	Fibra alimentar insolúvel
FAS	Fibra alimentar solúvel
FAT	Fibra alimentar total
g	Gramas
Kcal	Quilocaloria
kg	Quilograma
L*	Luminosidade
mm	Milímetros
N	Newtons
rpm	Rotações por minuto
VET	Valor energético total

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1</b>	Cálculo dos pseudocomponentes.....	34
<b>Equação 2</b>	Pseudocomponentes de farelo de arroz extruzado.....	34
<b>Equação 3</b>	Pseudocomponentes de amêndoa.....	34
<b>Equação 4</b>	Pseudocomponentes de caldo de cana-de-açúcar concentrado.....	35
<b>Equação 5</b>	Modelo linear.....	35
<b>Equação 6</b>	Modelo quadrático.....	35
<b>Equação 7</b>	Modelo cúbico espacial.....	35

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Beneficiamento do arroz em casca com as proporções aproximadas de seus produtos e subprodutos.....	23
<b>Figura 2</b>	Protocolo Experimental .....	28
<b>Figura 3</b>	Saída do farelo <i>in natura</i> do silo de alimentação da extrusora monorosca PQ-30.....	29
<b>Figura 4</b>	Saída do extrusado pela matriz de 4 mm.....	30
<b>Figura 5</b>	Extração do caldo de cana-de-açúcar.....	32
<b>Figura 6</b>	Concentração do caldo de cana-de-açúcar.....	32
<b>Figura 7</b>	Etapas da fabricação da rapadura .....	33
<b>Figura 8</b>	Análise de textura: teste de força máxima de compressão das rapaduras	37
<b>Figura 1.1</b>	Teor de cinzas das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	57
<b>Figura 1.2</b>	Teor de proteínas das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	59
<b>Figura 1.3</b>	Teor de lipídeos das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	61
<b>Figura 1.4</b>	Teor de fibra alimentar total das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	62
<b>Figura 1.5</b>	Luminosidade das rapaduras experimentais em função das proporções de farelo de arroz extrusado, amêndoa de baru torrada e caldo de cana-de-açúcar. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	66
<b>Figura 1.6</b>	Força máxima de compressão (FMC) das rapaduras experimentais em função das proporções de farelo de arroz extrusado, amêndoa de baru torrada e caldo de cana-de-açúcar. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	68
<b>Figura 1.7</b>	Teste de desejabilidade utilizando parâmetros FMC, L*, cinzas, proteínas, lipídios e FT.....	71
<b>Figura 2.1</b>	Teor de cinzas das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	91

<b>Figura 2.2</b>	Teor de proteínas das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	94
<b>Figura 2.3</b>	Teor de lipídios das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	96
<b>Figura 2.4</b>	Teor de fibra alimentar total das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	98
<b>Figura 2.5</b>	Luminosidade das rapaduras experimentais em função das proporções de farelo de arroz extrusado, amendoim torrado e caldo de cana-de-açúcar. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	101
<b>Figura 2.6</b>	Textura das rapaduras experimentais em função das proporções de farelo de arroz extrusado, amendoim torrado e caldo de cana-de-açúcar. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	104
<b>Figura 2.7</b>	Teste de desejabilidade utilizando parâmetros FMC, L*, cinzas, proteínas, lipídios e FT.....	106

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Delineamento de mistura utilizado para a obtenção das formulações de rapaduras enriquecidas.....	30
<b>Tabela 2.</b>	Intervalo de variação dos componentes na formulação das rapaduras enriquecidas.....	31
<b>Tabela 1.1</b>	Delineamento de mistura para estudo do efeito do farelo de arroz extrusado (FAE), Amêndoa de Baru Torrada (ABT) e caldo de cana-de-açúcar (CCA) nas características químicas e físicas de rapaduras experimentais. Valores em concentrações reais (g do componente por 100 g de mistura) e pseudocomponentes.....	49
<b>Tabela 1.2</b>	Intervalo de variação dos componentes na formulação de rapadura.	49
<b>Tabela 1.3</b>	Composição centesimal e valor energético total (VET) médio, seguidos dos desvios-padrão, em base seca, do FAE, ABT e CCA.....	52
<b>Tabela 1.4</b>	Valores da composição centesimal média, seguidos dos desvios-padrão, em base seca, das rapaduras enriquecidas com FAE e ABT, de acordo com o delineamento de misturas.....	55
<b>Tabela 1.5</b>	Modelos de regressão múltipla, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para cinzas, proteínas, lipídios e fibra alimentar total em função dos níveis codificados de farelo de arroz extrusado (FAE), amêndoa de baru torrada (ABT) e caldo de cana-de-açúcar (CCA).....	56
<b>Tabela 1.6</b>	Valores médios instrumentais de cor, seguidos dos desvios-padrão para o parâmetro $L^*$ das formulações de rapaduras enriquecidas com FAE e ABT.....	64
<b>Tabela 1.7</b>	Modelos de regressão múltipla, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para luminosidade ( $L^*$ ) em função dos níveis codificados de farelo de arroz extrusado (FAE), amêndoa de baru torrada (ABT) e caldo de cana-de-açúcar (CCA).....	64
<b>Tabela 1.8</b>	Valores médios, seguidos dos desvios-padrão de força máxima de compressão (FMC) das formulações de rapaduras enriquecidas com FAE e ABT.....	67
<b>Tabela 1.9</b>	Modelos de regressão múltipla, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para força máxima de compressão (FMC) em função dos níveis codificados de farelo de arroz extrusado (FAE), amêndoa de baru torrada (ABT) e caldo de cana-de-açúcar (CCA).....	68
<b>Tabela 2.1</b>	Delineamento de mistura para estudo do efeito do farelo de arroz extrusado (FAE), Amendoim Torrado (AT) e caldo de cana-de-açúcar (CCA) nas características químicas e físicas de rapaduras experimentais. Valores em concentrações reais (g do componente por 100 g de mistura) e pseudocomponentes.....	84

<b>Tabela 2.2</b>	Intervalo de variação dos componentes na formulação de rapadura...	84
<b>Tabela 2.3</b>	Composição centesimal e valor energético total (VET) médio, seguidos dos desvios-padrão, em base seca, do FAE, AT e CCA....	87
<b>Tabela 2.4</b>	Valores da composição centesimal média, seguidos dos desvios-padrão, em base seca, das rapaduras enriquecidas com FAE e AT, de acordo com o delineamento de misturas.....	89
<b>Tabela 2.5</b>	Modelos de regressão múltipla, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para cinzas, proteínas, lipídios e fibra alimentar total em função dos níveis codificados de farelo de arroz extrusado (FAE), amendoim torrado (AT) e caldo de cana-de-açúcar (CCA).....	90
<b>Tabela 2.6</b>	Valores médios instrumentais de cor, seguidos dos desvios-padrão para o parâmetros $L^*$ das formulações de rapaduras enriquecidas com FAE e AT.....	99
<b>Tabela 2.7</b>	Modelos de regressão múltipla, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para luminosidade ( $L^*$ ) em função dos níveis codificados de farelo de arroz extrusado (FAE), amêndoa de baru torrada (ABT) e caldo de cana-de-açúcar (CCA).....	100
<b>Tabela 2.8</b>	Valores médios, seguidos dos desvios-padrão de força máxima de compressão (FMC) das formulações de rapaduras enriquecidas com FAE e AT.....	102
<b>Tabela 2.9</b>	Modelos de regressão múltipla, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para força máxima de compressão (FMC) em função dos níveis codificados de farelo de arroz extrusado (FAE), amendoim torrado (AT) e caldo de cana-de-açúcar (CCA).....	103

## SUMÁRIO

	<b>PARTE I</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
2.1	CANA-DE-AÇÚCAR.....	18
2.2	RAPADURA.....	18
2.3	BARU.....	20
2.4	AMENDOIM.....	21
2.5	FARELO DE ARROZ.....	22
2.6	EXTRUSÃO.....	24
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	26
3.1	OBJETIVO GERAL.....	26
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	27
4.1	MATERIAL.....	27
4.2	PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	27
4.3	MÉTODOS.....	29
<b>4.3.1</b>	<b>Extrusão do farelo de arroz <i>in natura</i></b> .....	29
<b>4.3.2</b>	<b>Torra do amendoim e trituração do amendoim e da amêndoa de baru torrada</b> .....	30
<b>4.3.3</b>	<b>Produção da rapadura</b> .....	30
<b>4.3.4</b>	<b>Análises químicas dos farelos de arroz extrusado, amendoim, baru e rapadura</b> .....	36
4.3.4.1	Composição centesimal.....	36
<b>4.3.5</b>	<b>Análises Físicas</b> .....	37
4.3.5.1	Análise de granulométrica.....	37
4.3.5.2	Textura das rapaduras.....	37
4.3.5.3	Parâmetros instrumentais de cor.....	38
4.3.5.4	Determinação das rapaduras formuladas com maior desejabilidade de acordo com os parâmetros químicos e físicos.....	38
<b>4.3.6</b>	<b>Análises microbiológicas</b> .....	38
<b>4.3.7</b>	<b>Análise sensorial</b> .....	38
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	40
	<b>PARTE II</b>	
<b>5</b>	<b>ARTIGOS</b> .....	44
5.1	PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE RAPADURAS ENRIQUECIDAS COM FARELO DE ARROZ EXTRUSADO E AMÊNDOAS DE BARU TORRADAS.....	45
<b>5.1.1</b>	<b>Introdução</b> .....	46
<b>5.1.2</b>	<b>Material e Métodos</b> .....	48
5.1.2.1	Extrusão do farelo de arroz <i>in natura</i> .....	48

5.1.2.2	Trituração da amêndoa de baru.....	48
5.1.2.3	Produção da rapadura.....	49
5.1.2.4	Caracterização química e física das rapaduras enriquecidas com FAE e ABT....	50
<b>5.1.3</b>	<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>51</b>
5.1.3.1	Caracterização química do FAE, ABT e do CCA.....	51
5.1.3.2	Composição química das formulações de rapaduras.....	54
5.1.3.3	Coordenadas de cor das formulações de rapaduras.....	63
5.1.3.4	Textura das formulações de rapaduras experimentais.....	67
5.1.3.5	Teste de desejabilidade.....	70
5.1.3.6	Análise Sensorial.....	71
<b>5.1.4</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>73</b>
<b>5.1.5</b>	<b>Agradecimentos.....</b>	<b>73</b>
<b>5.1.6</b>	<b>Referências.....</b>	<b>74</b>
5.2	PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE RAPADURAS ENRIQUECIDAS COM FARELO DE ARROZ EXTRUSADO E AMENDOIM TORRADO.....	79
<b>5.2.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>81</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Material e Métodos.....</b>	<b>82</b>
5.2.2.1	Extrusão do farelo de arroz <i>in natura</i> .....	83
5.2.2.2	Torra trituração e do amendoim.....	83
5.2.2.3	Produção da rapadura.....	83
5.2.2.4	Caracterização química e física das rapaduras enriquecidas com FAE e AT.....	85
<b>5.2.3</b>	<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>86</b>
5.2.3.1	Caracterização química do FAE, AT e do CCA.....	86
5.2.3.2	Composição química das formulações de rapaduras.....	88
5.2.3.3	Coordenadas de cor das formulações de rapaduras.....	99
5.2.3.4	Textura das formulações de rapaduras experimentais.....	102
5.2.3.5	Teste de desejabilidade.....	105
5.2.3.6	Análise Sensorial.....	106
<b>5.2.4</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>107</b>
<b>5.2.5</b>	<b>Agradecimentos.....</b>	<b>107</b>
<b>5.2.6</b>	<b>Referências.....</b>	<b>108</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>113</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>114</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>118</b>
	....	





## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*) do mundo, sendo a maior parte da produção destinada à produção de álcool e açúcar (MACEDO, 2008). Porém, uma parte dos pequenos produtores de cana-de-açúcar a utiliza para a fabricação de produtos artesanais, tais como a rapadura, o melado e a cachaça (SEBRAE, 2005).

A rapadura, muitas vezes, é fabricada para o consumo próprio ou para a comercialização na comunidade, sendo sua produção, geralmente, de característica tradicional e rudimentar (SEBRAE, 2005). A grande vantagem da rapadura em relação ao açúcar refinado, que é obtido por um processo industrial e de alta tecnologia, é seu valor nutricional muito superior, além de ser obtida por processo que não inclui o uso de produtos químicos.

Devido a esse alto valor calórico, a rapadura produzida por pequenos produtores de uma região poderia ser inserida na merenda escolar, tornando-se um reforço na alimentação de crianças e jovens, suprimindo carência de alguns nutrientes (SEBRAE, 2004). Além de promover o desenvolvimento socioeconômico dos pequenos produtores, visto que seria uma nova fonte de renda para estes.

A utilização do farelo de arroz (*Oriza sativa L.*) no enriquecimento da rapadura seria uma opção para a utilização do resíduo de beneficiamento do arroz, além de agregar valor nutricional à rapadura (AHMED et al., 2007).

A inclusão de amêndoa de baru (*Dipteryx alata Vog.*) na rapadura, além de inserir características nutricionais desejáveis, irá promover a utilização do fruto nativo e, conseqüentemente, ajudar na sustentabilidade do cerrado. Assim como a inclusão do amendoim (*Arachis hypogaea L.*), que irá contribuir nutricionalmente, principalmente em relação a lipídios e proteínas, no equilíbrio nutricional da rapadura.

Logo, a realização deste trabalho se justifica pelo aproveitamento de um resíduo industrial, farelo de arroz, da amêndoa de baru (fruto do cerrado) e do amendoim, visando o desenvolvimento de uma pequena comunidade produtora de rapadura, com a inserção de seu produto na merenda escolar. Este estudo tem como objetivo desenvolver formulações de rapadura enriquecida com farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru/amendoim torrados, para a utilização na merenda escolar.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CANA-DE AÇÚCAR

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma planta que apresenta elevada importância econômica. Seu produto (caldo) e subproduto (bagaço) são utilizados como matéria-prima para produção de cachaça, rapadura, açúcar, etanol, energia elétrica, ração animal e adubo (MACEDO, 2008).

O Brasil é o maior produtor mundial, com 719.157.000 toneladas, a frente da Índia, com 277.750.000 toneladas (FAO, 2010). A lavoura de cana-de-açúcar continua crescendo no Brasil, principalmente nos Estados de Minas Gerais (83.100 ha), Mato Grosso do Sul (84.700 ha), Goiás (79.110 ha) e Mato Grosso (13.040 ha). Sendo a área de cultivo destinada a atividade sucroalcooleira de 8.368,4 mil hectares, onde São Paulo é o maior produtor, com 52,2% (4.370 mil hectares), seguido por Minas Gerais com 8,87% (742,65 mil hectares), Goiás com 8,1% (678,42 mil hectares), Paraná com 7,3% (611,44 mil hectares) Mato Grosso do Sul com 5,70% (480,86 mil hectares), Alagoas com 5,45% (463,65 mil hectares), e Pernambuco com 3,89% (326,11 mil hectares). A produtividade média brasileira (safra 2011/2012) está estimada em 68.289 kg.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2011).

A cana-de-açúcar contém, principalmente, três tipos de açúcares: a sacarose, que está em maior quantidade e está diretamente relacionada com o ponto de maturação da cana, a glicose e a frutose (LAVANHOLI, 2008).

Os principais produtos artesanais provenientes da cana-de-açúcar são a cachaça, a rapadura, o açúcar mascavo e o melado que, geralmente, são obtidos em pequenas propriedades rurais com baixo nível tecnológico. No entanto, a rapadura e o melado possuem valor nutritivo considerável e são acessíveis à população de baixa renda (SEBRAE, 2005).

### 2.2 RAPADURA

A rapadura é consumida em mais de 30 países, sendo que a Índia é a responsável por 67% de toda a produção mundial, e a Colômbia, o maior consumidor mundial, com cerca de 32 quilos por habitante, por ano. O Brasil é o sétimo produtor mundial de rapadura, com 80 mil toneladas por ano e consumo de 1,4 quilos por habitante, por ano (SAKAI, 2007). No Brasil, destacam-se na produção da rapadura os estados do Ceará, de Pernambuco e da Paraíba e os estados do Piauí, de Alagoas e da Bahia possuem produção significativa (NASCIMENTO, 2007).

O consumo de rapadura cumpre duas funções principais: a primeira é que ela serve como um alimento cujas características nutricionais especiais permitem considerá-la como um bem básico na dieta da população, cujo consumo supre em parte os requerimentos nutricionais das pessoas em relação a carboidratos, minerais e vitaminas. A segunda função é a de que age como um ingrediente adoçante em outros alimentos (ROA, 2006).

É um alimento desbalanceado, contendo baixos teores de proteína e altos teores de açúcar, sendo que este último depende da época do ano e da variedade de cana-de-açúcar utilizada (THIAGO; VIEIRA, 2002).

A rapadura é o produto sólido obtido pela concentração do caldo de cana-de-açúcar, podendo ser adicionado de outros ingredientes desde que não descaracterize o produto. Quando adicionada de outros ingredientes, estes devem constar da designação do produto (BRASIL, 1978). Atingindo seu ponto final em torno de 92 °Brix, é um produto integral, sem refino, com sabor e odor agradável e característico e com elevado valor nutricional, sendo sua composição rica em vitaminas A, B, C, D e E, sais minerais como ferro, cálcio, fósforo, potássio e magnésio e alto valor energético (CENTEC, 2004; SEBRAE, 2005). A rapadura contém, em média, 14% de açúcares redutores (glicose e frutose), que são mais assimiláveis pelo organismo humano do que a sacarose (SEBRAE, 2005).

Em função dessas qualidades nutricionais, a rapadura tem sido introduzida na alimentação da população mais carente, por meio da sua adição na cesta básica e na merenda escolar, principalmente na região nordeste do país (SEBRAE, 2004).

Durante muito tempo a rapadura se constituiu na alimentação básica para trabalhadores da zona rural, porém, verifica-se sua substituição pelo consumo do açúcar tipo cristal, devido à facilidade no deslocamento dos produtos industrializados. Nos dias atuais observa-se uma procura acentuada pelos produtos derivados da cana-de-açúcar, por serem considerados naturais (CENTEC, 2004).

A globalização do comércio tem influenciado substancialmente na mudança de padrões de consumo de alimentos nos países industrializados (ROA, 2006). Recentemente a população tem buscado modificar seus hábitos alimentares, optando por produtos mais naturais, que tenham sofrido pouco ou nenhum processo industrial e, principalmente, sem a adição de aditivos químicos durante seu processo de fabricação (GENEROSO et al., 2009; VERRUMA-BERNARDI et al., 2007).

Com a crescente demanda por produtos naturais e artesanais criam-se oportunidades de negócios para a agroindústria de pequeno porte que, para se inserir neste mercado devem adequar-se às exigências do consumidor moderno, priorizando a higiene, a praticidade, a

diversidade e a apresentação (SEBRAE, 2005), além do conhecimento das técnicas de produção e da estrutura de custos relacionados (SEBRAE, 2004).

A comercialização da rapadura é dificultada, principalmente, pela falta de padronização, sendo comercializada, sobretudo, no mercado informal por atravessadores, dificultando, assim, a estruturação e organização dos canais de comercialização direta ou com o setor varejista (SAKAI, 2007).

É importante destacar o papel social que o setor rapadureiro desempenha, evitando o êxodo rural, pois gera empregos a baixo custo, possibilitando a fixação do homem no campo e evitando o agravamento de problemas sociais nos centros urbanos (COUTINHO, NEVES, NEVES, 2007).

### 2.3 BARU

A adição de outras matérias-primas na rapadura pode melhorar e equilibrar sua composição, tornando-a mais apropriada para consumo. Uma alternativa de matéria-prima rica em lipídios e proteínas é o baru (*Dipteryx alata* Vog.).

O barueiro é uma fabácea arbórea (Papilionoideae), que ocorre geralmente nas áreas férteis do cerrado, no Brasil Central, e quando adulta, apresenta intensa frutificação (SANO et al., 2006). Destaca-se pela amplitude de ocorrência e pela sua integração, ou convivência pacífica, com o modelo de exploração praticado pelas populações rurais, no cerrado goiano, notadamente em áreas mais tradicionalistas, voltadas para a pecuária, em que as plantas são preservadas na abertura de pastos (CORRÊA et al., 2000).

Estudos realizados em três regiões do Estado de Goiás, no ano de 2005, reportaram a valores médios de proteínas 30,9 g (100g<sup>-1</sup>), lipídeos 41,2 g (100g<sup>-1</sup>), cinzas 3,0 g (100g<sup>-1</sup>), fibra alimentar total 14,0 g (100g<sup>-1</sup>) (CZEDER, 2009). Foi verificada, no óleo das amêndoas de baru, a presença de ácidos graxos insaturados oleico, linoléico e palmítico e insaturados, como palmítico, esteárico, lignocérico e behênico (VERA et al., 2009).

É uma planta que apresenta várias possibilidades de utilização, sendo que dos frutos se consome a polpa na forma de farinhas e doces, e as sementes (amêndoas), que possuem sabor agradável e menos acentuado que o do amendoim. Após torradas, podem ser empregadas na confecção de diversas preparações culinárias (paçoquinha, pé de moleque, biscoitos, bolos, rapadurinha, licores, amêndoa torrada e salgada); tem boa aceitação quando substitui a castanha de caju, amendoim ou nozes, além da extração de óleo de excelente qualidade (VERA; SOUZA, 2009; MOTTA, 1999).

As amêndoas de baru apresentam alto teor de proteína bruta (26,3%) e lipídios (33,3%). O óleo extraído é composto, em sua maioria (75,6%), por ácidos graxos insaturados (VERA; SOUZA, 2009). Na semente *in natura*, encontram-se fatores antinutricionais (antitripsina), que afetam indiretamente a absorção dos aminoácidos essenciais e são facilmente destruídos pelo calor. Dessa forma, recomenda-se o consumo das amêndoas torradas, que apresentam sabor semelhante ao amendoim (VERA; SOUZA, 2009; TOGASHI; SCARBIERI, 1994).

#### 2.4 AMENDOIM

Outra alternativa para enriquecer a rapadura em lipídios e proteínas é o amendoim (*Arachis hypogaea* L.).

O amendoim é um produto cultivado em todo o Brasil, cujo valor de mercado, interno e externo, rende bons lucros ao produtor. A produção em 2005 alcançou 300 mil toneladas. No cerrado, o amendoim é cultivado em rotação com outras culturas. Neste contexto, parte da produção é exportada ou destinada à indústria de alimentos – mais de 50 mil toneladas em 2005 (BARRETO et al., 2006).

O amendoim é uma leguminosa de origem sul-americana. Rico em óleo, proteínas e vitaminas, era uma importante fonte de energia e aminoácidos utilizada intensamente na alimentação dos indígenas antes da colonização. No século XVIII foi introduzido na Europa, no XIX difundiu-se do Brasil para a África e do Peru para as Filipinas, China, Japão e Índia. É um produto conhecido e apreciado em praticamente todos os países pelo seu incomparável sabor e versatilidade de uso em pratos salgados, doces e indústria (SUASSUNA; SANTOS; GONDIM, 2006).

Em 2005, a exportação do amendoim em casca movimentou U\$ 753 milhões, um mercado no qual os principais importadores são os países da Europa e o Japão. Cerca de 10% da produção mundial de óleo comestível foi composta pelo óleo de amendoim, que foi o quinto mais consumido com uma produção superior a quatro milhões de toneladas (SUASSUNA; SANTOS; GONDIM, 2006).

No Brasil o amendoim é cultivado de forma mais significativa em dez Estados. O maior produtor é São Paulo com 80% da produção nacional, seguido por Bahia 3,6% e Mato Grosso 2,8%. A área total cultivada com amendoim na safra 2011/12 deve ficar em 100,8 mil hectares, com 73,8 mil hectares (73,2%) cultivados em São Paulo. A produção nacional de amendoim esperada para esta safra deve alcançar 2.94,5 mil toneladas, 30% superior ao colhido na safra anterior (CONAB, 2012).

Os grãos de amendoim possuem sabor agradável e são ricos em óleo (aproximadamente 50%) e proteína (22 a 30%). Além disso, contêm carboidratos, sais minerais e vitamina E e vitaminas do complexo B, além de ser um alimento altamente energético (585 calorias/100g). É um produto que pode ser consumido *in natura*, como aperitivos salgados, torrados e preparados de diversas formas, e, na indústria de doces, como grãos inteiros com diversas coberturas ou grãos moídos na forma de paçocas ou substituindo a castanha de caju em cobertura de sorvetes. Além do consumo *in natura*, os grãos também podem ser utilizados para a extração do óleo, empregados diretamente na alimentação humana, na indústria de conservas (enlatados), em produtos medicinais, na indústria de tintas e tem potencial na produção de biodiesel (GODOY; MARCOS FILHO; CÂMARA, 1982).

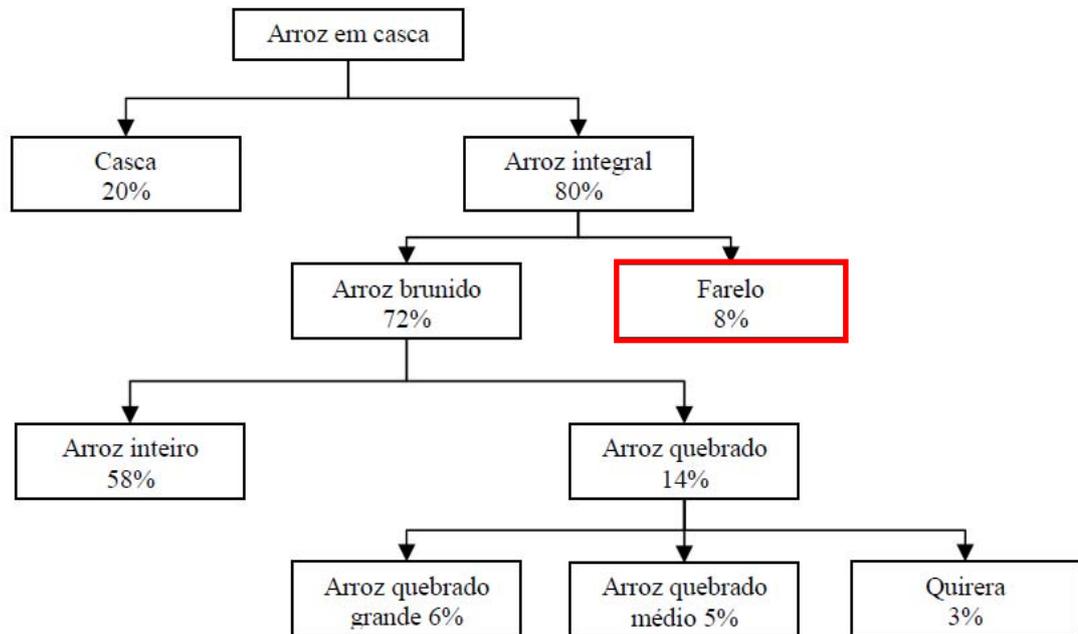
É uma oleaginosa de grande valor nutricional, sendo seus grãos largamente utilizados em escala industrial e na fabricação de produtos para consumo *in natura* e em preparações caseiras (NOBREGA; SUASSUNA, 2004).

## 2.5 FARELO DE ARROZ

Outra alternativa para enriquecimento da rapadura é a inclusão em sua formulação de uma matéria-prima fonte de proteínas e rica em fibras.

O farelo de arroz (*Oriza sativa* L.) é obtido durante o beneficiamento do arroz que consiste na retirada da casca do grão para torná-lo apto para o consumo. É um produto rico em fibras, nutrientes, minerais e vitaminas, sendo um alimento muito barato e abundante no Brasil (EMBRAPA, 2006). Representa cerca de 8% do peso total do grão (Figura 1) (PARRADO et al., 2006).

As principais potencialidades de aproveitamento do farelo de arroz são: extração do óleo comestível, aditivo em rações animais, adubo, extrato protéico, fonte de fibras e adsorventes (VIEIRA; CARVALHO, 1999). Na indústria alimentícia, pelo seu alto poder de absorção de óleo, o farelo de arroz apresenta grande potencial como emulsificante em produtos que contêm alto teor de gordura, como também em substituição a gomas comerciais e amidos modificados usados como estabilizantes e emulsificantes em molhos prontos, líquidos ou não (HAMMOND, 1994).



**Figura 1.** Beneficiamento do arroz em casca com as proporções aproximadas de seus produtos e subprodutos.

Fonte: Castro et al. (1999).

Outra vantagem do farelo de arroz é a ausência de efeitos indesejáveis em indivíduos intolerantes ou alérgicos ao glúten. A sua utilização tem também apresentado bons resultados como condicionador de massas em produtos de panificação, melhorando a retenção de gás, as propriedades de mistura e retardando a queda de massa após a fermentação (HAMMOND, 1994).

Componentes alimentares bioativos em farelo de arroz podem incluir  $\gamma$ -orizanol, tocoferóis, tocotrienóis, polifenóis, fitosteróis e carotenóides. O farelo de arroz também contém aminoácidos essenciais (triptofano, histidina, metionina, cisteína e arginina) e micronutrientes (magnésio, cálcio, fósforo, manganês e vitaminas do complexo B), todos que podem trabalhar juntos para a promoção da saúde (RYAN, 2011).

As fibras também são componentes importantes do farelo de arroz por possuírem boa capacidade de absorção de água e óleo, podendo ser utilizadas no desenvolvimento de uma enorme variedade de produtos industrializados. Como exemplo podem ser citados os laxativos e as barras de cereais (MARSHALL, 1993).

O farelo pode substituir parcialmente outras farinhas no preparo de pães, bolos, tortas, biscoitos e outras preparações na indústria alimentícia (ALENCAR; ALVARENGA, 1991). O

farelo de arroz contém alto teor de fibra, cerca até 25%. A fibra alimentar inclui a celulose, hemicelulose e pentosanas, sendo todas insolúveis; este farelo, também contém até 2% de fibra solúvel. As fibras alimentares ajudam na modulação dos níveis de açúcares no sangue de diabéticos, diminuição do colesterol e prevenção de câncer de cólon (AHMED, 2007).

## 2.6 Extrusão

Um dos problemas do farelo de arroz é a sua facilidade de oxidação. O farelo de arroz possui enzimas que hidrolisam o óleo aumentando o conteúdo de ácidos graxos livres, mono e diacilglicerídeos que promovem a formação de odor e sabor de ranço (GLUSHENKOVA et al., 1998). Nos EUA a extrusão termoplástica, com temperaturas de 125-135 °C por um a três segundos e umidade do produto entre 11-15% é utilizada como método tradicional para a estabilização do farelo de arroz (SAUNDERS, 1990).

A extrusão tem como princípio básico a conversão de um material sólido em massa fluída pela combinação de umidade, calor, compressão e tensão de cisalhamento, e forçar sua passagem através de uma matriz para formar um produto com características físicas e geométricas pré-determinadas (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005).

A extrusão é um processo que combina diversas operações unitárias como a mistura, a cocção, o amassamento, cisalhamento, formação e o molde. A operação dá-se, basicamente, pela alimentação do canhão de extrusão com a matéria-prima, transporte do canhão por meio da rosca, restrição do volume e aumento da resistência ao movimento do alimento na parte posterior do canhão. Então, o canhão e os espaços entre os passos da rosca ficam cheios e são comprimidos, o alimento passa para a seção do canhão com menor passo e é forçado através de uma ou mais aberturas restritas na saída do canhão, emergindo da abertura sob pressão e expandindo-se (FELLOWS, 2006). Tem como princípio básico a conversão de um material sólido em massa fluída pela combinação de umidade, calor, compressão e tensão de cisalhamento, e forçar sua passagem através de uma matriz para formar um produto com características físicas e geométricas pré-determinadas (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005).

A técnica de extrusão possibilita a obtenção de um efeito nutricional vantajoso e útil no alimento, uma vez que viabiliza a utilização de várias misturas de diferentes matérias-primas ricas em proteínas e amidos, podendo incorporar na composição, minerais e vitaminas termoresistentes (SOUZA; MENEZES, 2008).

Durante a extrusão, as proteínas nativas passam por uma total desagregação que propicia a desnaturação, dissociação e formação de filamentos que se alinham no sentido do

fluxo até a expulsão da máquina. Nas transformações químicas da desnaturação, as forças de estabilização das estruturas terciárias e quaternárias das proteínas são enfraquecidas pela combinação da temperatura alta e da compressão dentro do extrusor. Com essa desnaturação surgem proteínas com diferentes pesos moleculares, bem como aminoácidos até então indisponíveis (ASCHERI et al. , 2006).

Na última etapa do processamento de cereais e massas, na preparação de snacks, amidos modificados, sopas desidratadas e proteínas vegetais texturizadas, por exemplo, é utilizado o processo de extrusão (RIBAS et al., 2000).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos do caldo de cana-de-açúcar concentrado, do farelo de arroz extrusado e de amêndoas de baru/amendoim torrados sobre as características químicas, físicas, nutricionais, microbiológicas e sensoriais de diferentes formulações de rapadura, visando sua utilização na merenda escolar.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o farelo de arroz *in natura* e extrusado, a amêndoa de baru torrada, o amendoim torrado e o caldo de cana-de-açúcar quimicamente;
- Elaborar formulações de rapaduras enriquecidas com diferentes quantidades de caldo concentrado de cana-de-açúcar, farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru/amendoim torrados;
- Avaliar a composição química das rapaduras formuladas com farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru/amendoim torrados;
- Avaliar as características físicas (cor e textura) das rapaduras formuladas com farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru/amendoim torrados;
- Avaliar microbiologicamente as rapaduras formuladas com farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru/amendoim torrados;
- Analisar a aceitação sensorial das rapaduras formuladas com farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru/amendoim torrados.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 MATERIAL**

O farelo de arroz foi doado pela empresa Cristal Alimentos Ltda, localizada em Aparecida de Goiânia, Goiás e era oriundo da mistura das cultivares de arroz Puitá e IRGA 417. Foi acondicionado em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade (PEBD) e armazenado sob refrigeração até sua extrusão, que foi realizada no dia seguinte.

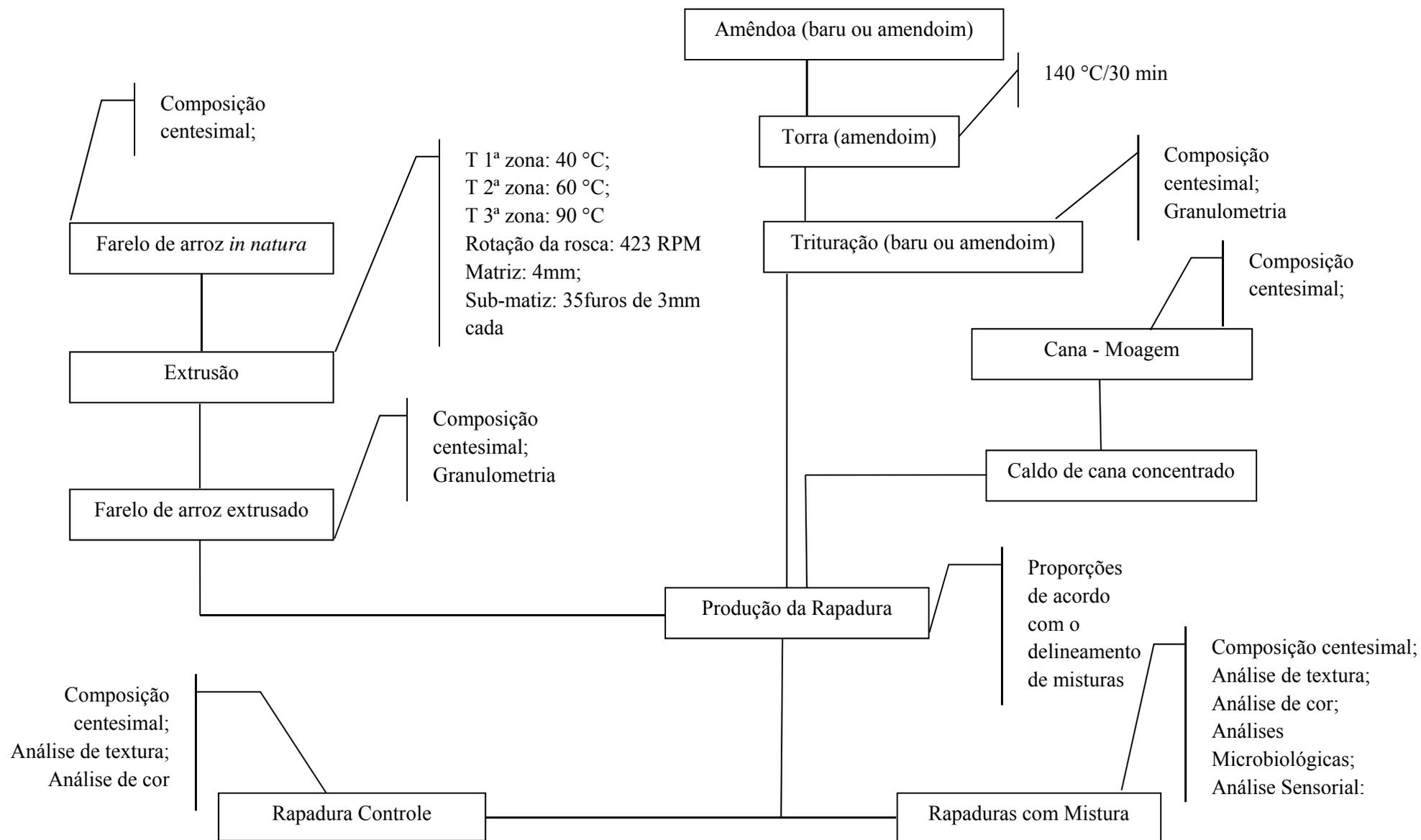
O amendoim e a amêndoa de baru foram adquiridos no comércio varejista de Goiânia - GO.

O caldo de cana-de-açúcar, variedade RB safra 2011, para a fabricação da rapadura foi doado pela Fazenda Santa Rita, localizada no município de Vianópolis – GO.

### **4.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL**

As análises físicas e químicas foram realizadas no laboratório de Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina-PR no período de maio a novembro de 2011. As análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de Controle Higiênico Sanitário de alimentos da Faculdade de Nutrição (FANUT) da Universidade Federal de Goiás (UFG) e a análise sensorial na Escola SENAI Vila Canaã, Goiânia – GO.

O Protocolo da pesquisa pode ser observado na Figura 2.



**Figura 2:** Protocolo Experimental

## 4.3 MÉTODOS

### 4.3.1 Extrusão do farelo de arroz *in natura*

O farelo de arroz foi extrusado em extrusora termoplástica monorosca de laboratório (Inbramq, PQ30, Ribeirão Preto, Brasil). Provido de rosca cônica, paralela e sistema com três zonas de aquecimento, que foram aquecidas por resistências elétricas independentes. A temperatura foi controlada por termopares e sistema de refrigeração com água fria controlada por válvulas solenóides. Um silo, com sistema de dosagem por gravidade (Figura 3) fez a alimentação do extrusor.



Fonte: Célia Caroline, 2011.

**Figura 3:** Saída do farelo *in natura* do silo de alimentação da extrusora monorosca PQ-30.

Os parâmetros utilizados para a extrusão foram: umidade do farelo *in natura* de 8,12%, temperaturas na primeira, segunda e terceira zonas em 40 °C, 60°C e 90 °C, respectivamente, abertura da matriz circular de 4 mm de diâmetro e sub-matriz com 35 furos de 3 mm de diâmetro cada, rosca de três entradas, camisa lisa no pé e elicoidal na ponta e rosca com rotação de 423rpm. Ao final da extrusão o farelo extrusado estava com umidade de 4,92% (Figura 4).

Após a extrusão o farelo foi seco em estufa de circulação de ar (Marconi, MA 035) até atingir umidade abaixo de 2%.



Fonte: Célia Caroline, 2011.

**Figura 4:** Saída do extrusado pela matriz de 4 mm.

#### 4.3.2 Torra do amendoim e trituração do amendoim e da amêndoa de baru torrada

O amendoim (Marca Sinhá, Lote 12 P127) foi torrado a 140°C por trinta minutos em estufa de circulação de ar (FERNANDES, 2007). A amêndoa de baru foi obtida já torrada. As cascas foram retiradas manualmente. Posteriormente foram triturados em processador doméstico marca FAET Multipractie e feita a análise de granulometria, de acordo com Carvalho et al., 2010.

#### 4.3.3 Produção da rapadura

As rapaduras foram formuladas com diferentes proporções de caldo concentrado, farelo de arroz extrusado e seco e amêndoas de baru/amendoim torrados, segundo delineamento de misturas (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1.** Delineamento de mistura utilizado para a obtenção das formulações de rapaduras enriquecidas.

Formulação	Farelo de arroz extrusado % - A	Amêndoa de Baru torrada /Amendoim % - B	Caldo Concentrado de Cana % - C
1V	10,00	5,00	85,00
2V	20,00	5,00	75,00
3V	10,00	10,00	80,00
4V	15,00	10,00	75,00
5 C (2*)	13,75	7,50	78,75

Onde "V", são os pontos nos vértices e "C" o ponto central. \* número de repetições no ponto.

**Tabela 2.** Intervalo de variação dos componentes na formulação das rapaduras enriquecidas.

Componente	Mínimo (%)	Máximo (%)
Farelo de arroz extrusado % - A	10,00	20,00
Amêndoas de baru/amendoim torrados % - B	5,00	10,00
Caldo concentrado de cana % - C	75,00	85,00

A produção de rapadura foi realizada de forma artesanal na Fazenda Santa Rita, localizada no município de Vianópolis-GO. O produtor é técnico do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) e auxiliou no processo para que este fosse o mais próximo da realidade dos produtores de rapadura do estado de Goiás.

A cana-de-açúcar foi colhida, sem o uso de fogo e transportada para o engenho onde foi prensada na moenda e o caldo e o bagaço foram separados (Figura 5). O período entre a colheita e a moagem foi inferior à 48 horas, evitando o aumento da acidez, o que poderia comprometer a qualidade final da rapadura. Após avaliação refratométrica, verificou-se que o caldo possuía 17 °Brix. O caldo foi transferido do tanque de armazenamento, onde passou por uma decantação prévia, ficando retido por pelo menos 15 minutos para a separação de impurezas do caldo, para o tacho de cobre por tubulação com ação da gravidade, passando antes por uma peneira fina, para a retirada de impurezas grosseiras. Em seguida foi aquecido até a fervura e neste processo, as impurezas que emergiram foram sendo retiradas com o auxílio de uma concha. Durante o aquecimento, o caldo passou por um processo contínuo de perda de água (concentração), tornando-se mais espesso e amarelado (Figura 6), etapa em que deve ser mexido constantemente. O final do cozimento foi verificado quando o caldo concentrado chegou a aproximadamente 120 °C, formando o chamado ponto de bala, que quando colocado em um recipiente com água fria, formou uma massa com consistência de bala.



Fonte: Célia Caroline, 2011.

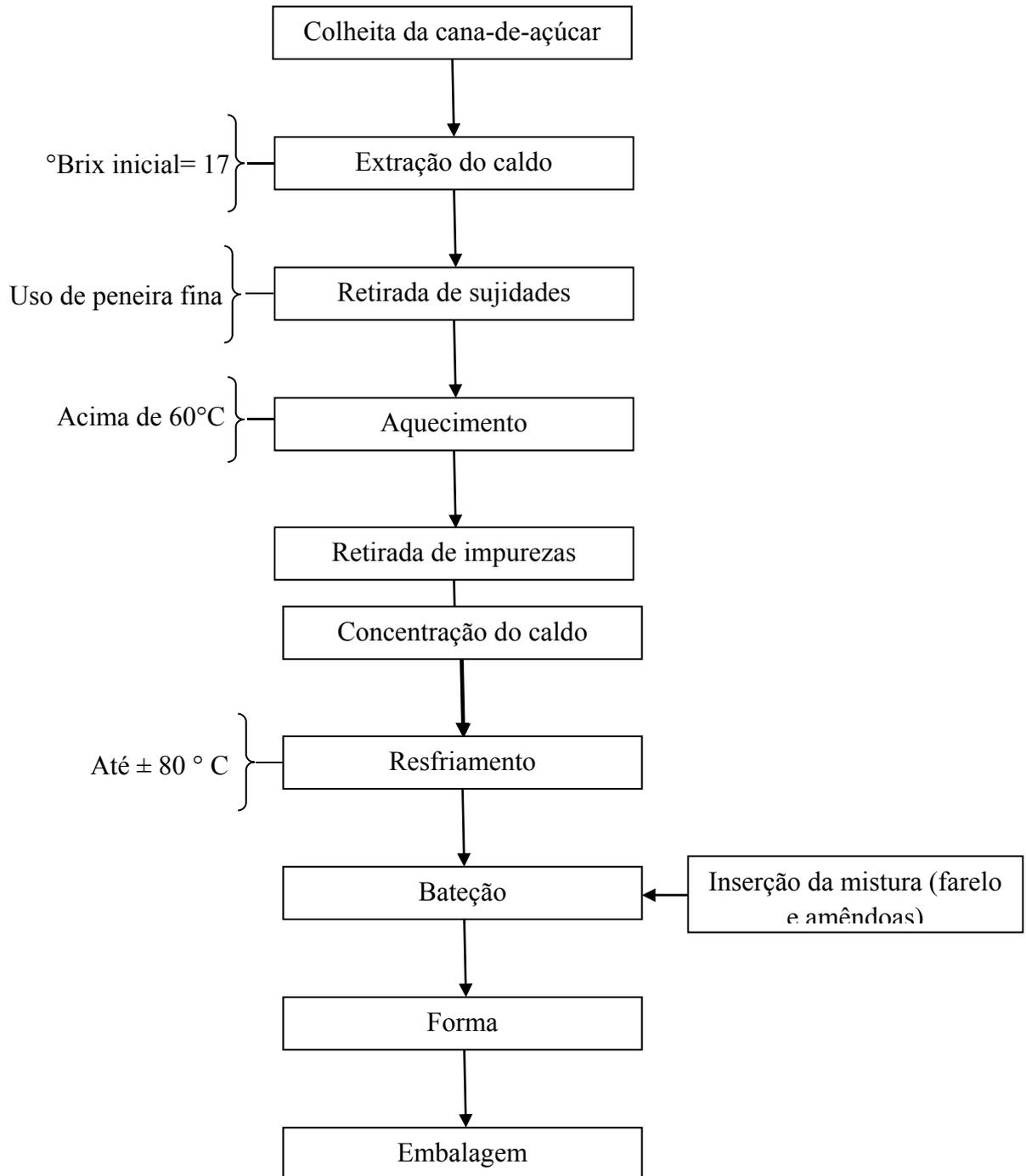
**Figura 5:** Extração do caldo de cana-de-açúcar.



Fonte: Célia Caroline, 2011.

**Figura 6:** Concentração do caldo de cana-de-açúcar.

O caldo concentrado foi colocado em outro recipiente para resfriar, quando atingiu a temperatura de 80 °C, foi batido, etapa em que se incorporou ar mudando a textura da “massa” que perdeu a capacidade de aderência. A mistura de farelo extrusado e amêndoas (amendoim ou baru), foi acrescentada de acordo com as proporções pré-estabelecidas no delineamento de misturas (Tabela 1), misturada e distribuídas em formas de 25 g. Após o resfriamento foram desenformadas, embaladas e identificadas. As etapas do processo utilizado na produção de rapadura estão apresentadas na Figura 7.



**Figura 7:** Etapas da fabricação da rapadura.

Na prática, os problemas de otimização de misturas normalmente requerem a presença de todos os seus componentes, para que se obtenha o produto com características aceitáveis. Considerando a impossibilidade de obter rapaduras enriquecidas com formulações em que qualquer dos componentes (farelo de arroz extrusado, amêndoas de baru /amendoim torrados e caldo cana-de-açúcar concentrado) esteja presente perfazendo a totalidade (100%) da mistura, houve a necessidade de

restringir as proporções destes componentes dentro de faixas estabelecidas em ensaios prévios.

Quando estas limitações experimentais ocorrem, torna-se necessário ajustar o planejamento de misturas para as condições em que se possa realizar as medidas, reduzindo a escala original, mas garantindo que a correta distribuição dos experimentos seja obedecida. Isto pode ser feito utilizando-se os chamados pseudocomponentes, que são combinações dos componentes originais, utilizados para redefinir as coordenadas de misturas em relação ao espaço experimental a ser efetivamente estudado (BARROS NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2003) (Equação 1).

$$X_i = \frac{c_i - a_i}{1 - \sum_{i=1}^q a_i} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:  $0 \leq a_i \leq c_i$ ;  
 $\sum_{i=1}^q a_i < 1$

$i = 1, 2, 3, \dots, q$ ;

$x_i$  = teor do componente, em termos de pseudocomponente;

$c_i$  = proporção real do componente;

$a_i$  = limite inferior da concentração do componente.

Desta forma, os componentes estudados puderam ser expressos em termos de pseudocomponentes segundo a equação 2 para farelo de arroz extrusado, equação 3 para as amêndoas (baru ou amendoim) e equação 4 para o caldo de cana-de-açúcar concentrado.

$$\text{-----} \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{-----} \quad (\text{Equação 3})$$

$$X_{\text{caldo concentrado}} = \frac{C_{\text{caldo concentrado}} - 0,75}{0,1} \quad (\text{Equação 4})$$

A representação do sistema de misturas apresentado foi construída utilizando-se diagramas triangulares. Após a execução do experimento e a coleta de dados, foi feito o ajuste de uma equação polinomial para cada resposta, estimando-se os respectivos coeficientes, através dos modelos canônicos de Scheffé, para três componentes: modelos linear (Equação 5), quadrático (Equação 6) e cúbico especial (Equação 7):

$$y = \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 \quad (5)$$

$$y = \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3 \quad (6)$$

$$y = \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3 + \beta_{123}x_1x_2x_3 \quad (7)$$

onde:  $y$  é a variável dependente,  $\beta$  o coeficiente de regressão para cada componente do modelo,  $x_1$  = farelo de arroz extrusada,  $x_2$  = amêndoa de baru torrado/amendoim e  $x_3$  = caldo de cana concentrado.

As variáveis dependentes avaliadas foram: perfil textural, cor, composição centesimal. Os modelos matemáticos ajustados a cada resposta foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para avaliar o nível de significância, o coeficiente ajustado de determinação ( $R^2$  ajustado) e a falta de ajuste. Para a obtenção do planejamento experimental, análise dos dados e construção dos gráficos foi utilizado o programa Statistica versão 7.0 (STATSOFT, 2007).

#### **4.3.4 Análises Químicas dos farelos de arroz extrusado, amendoim, baru e rapadura**

As análises químicas (umidade, cinzas, proteína bruta, lipídios e fibra alimentar total, solúvel e insolúvel) do Farelo de Arroz Extrusado (FAE), amêndoas e rapaduras formuladas foram realizadas em triplicata.

##### 4.3.4.1 Composição centesimal

A umidade do FAE e das amêndoas foi determinada em estufa a 105 °C, por meio da remoção de água por aquecimento até peso constante. A umidade das rapaduras em estufa à vácuo a 70 °C, conforme o método oficial nº 925.10 da *Association of Official Analytical Chemists* – AOAC (1997).

A análise de cinzas foi realizada em Mufla a 550 °C de acordo com o método oficial nº 923.03 da AOAC (1997), por meio de carbonização total da matéria orgânica, onde reações de combustão ocorrem restando apenas os resíduos inorgânicos (cinzas).

A proteína bruta foi quantificada pelo método microKjeldhal, que baseia-se na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio, utilizando-se ácido sulfúrico seguido pela destilação com liberação da amônia, que é fixada em solução ácida e titulada conforme método oficial nº 960.52 da AOAC (1997), utilizando com fator conversão do nitrogênio em proteína de 5,95 para FAI e FAE, 5,30 para as amêndoas e 6,25 para a rapadura.

Os lipídios foram determinados por extração com solvente a quente (Soxhlet), sendo feita a extração do lipídio pelo solvente, a eliminação do solvente por evaporação e a quantificação por secagem do solvente, de acordo com o método oficial nº 920.39C da AOAC (1997).

A determinação de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel foi realizada segundo método oficial enzimático-gravimétrico nº 985.29 da AOAC (1997), que baseia-se em uma combinação enzimática e gravimétrica, simulando a digestão no corpo humano, utilizando-se enzimas.

Os carboidratos foram determinados pelo cálculo da diferença entre 100 gramas do alimento e a soma total dos valores encontrados para proteínas, lipídios e cinzas.

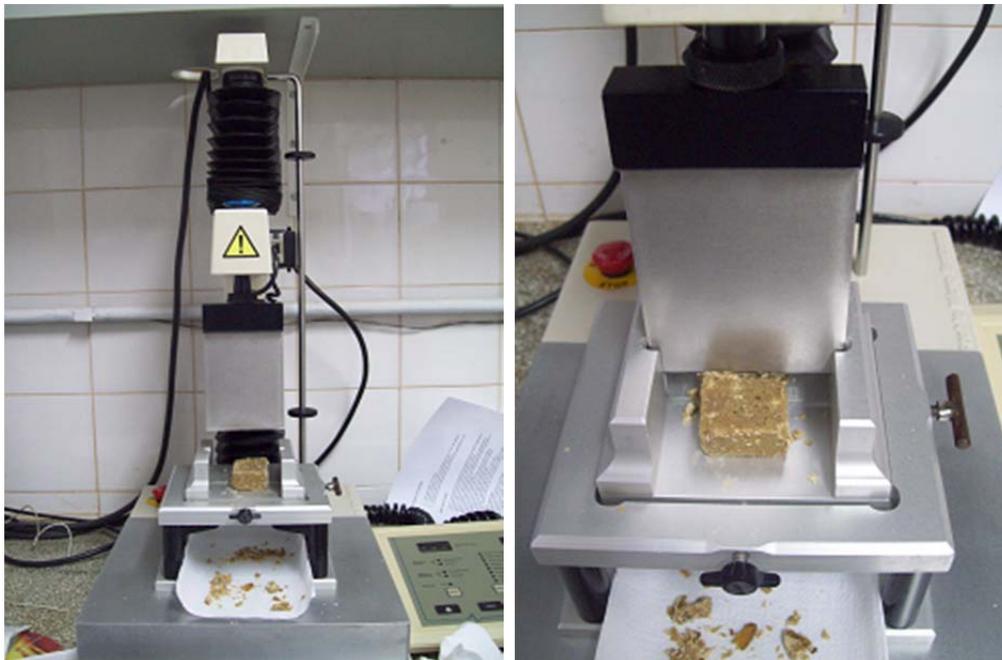
### 4.3.5 Análises Físicas

#### 4.3.5.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica do FAE, ABT e AT, foi realizada utilizando-se classificador vibratório (Produtest, MOD. T, São Paulo, Brasil) e conjunto de peneiras equivalente a 7, 9, 12, 16 e 32 *mesh* e uma base. O tempo utilizado foi de 10 minutos e intensidade de vibração correspondente à posição nº 8 do reostato do aparelho (CARVALHO et al., 2010).

#### 4.3.5.2 Textura das rapaduras

Na análise de textura das rapaduras formuladas foi realizado o teste de força máxima de compressão (N) no texturômetro TA-XT2i (Texture Analyser) e registro dos dados realizado por meio do Software XTRAD. Os parâmetros utilizados para os testes foram: velocidade do teste de 2,0 mm/s, distância de 18 mm, força de 0,98N e probe faca (HDP/BSK – Blade set with knife) (Figura 8).



**Figura 8:** Análise de textura: teste de força máxima de compressão das rapaduras.

#### 4.3.5.3 Parâmetros instrumentais de cor

A análise de cor foi realizada em o colorímetro Colorquest, CQ/UNI-1600, HunterLab, no modo CIE-LAB, onde a luminosidade ( $L^*$ ) representa quão claro ou escuro é o produto, com valores entre 0 (preto) e 100 (branco); a coordenada de cromaticidade ( $a^*$ ) cujos extremos correspondem, do verde ao vermelho e a coordenada  $b^*$  com intensidade do azul ao amarelo.

#### 4.3.5.4 Determinação das rapaduras formuladas com maior desejabilidade de acordo com os parâmetros químicos e físicos

As variáveis utilizadas como parâmetro de qualidade das rapaduras formuladas foram a quantidade de proteínas e fibras, força máxima de compressão e luminosidade. Sendo os maiores valores, para todos os parâmetros, considerados as variáveis ideais. Foram atribuídas a estas variáveis notas entre 0 e 1 para a menos desejada e a mais desejada, respectivamente. O cálculo da formulação das rapaduras formuladas com maior desejabilidade foi determinado por meio do programa Statistica versão 7.0 (STATSOFT, 2007).

#### 4.3.6 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas das rapaduras foram realizadas no Laboratório de Controle Higiênico Sanitário de Alimentos, da Faculdade de Nutrição (FANUT), da Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia -GO, onde foram pesquisados Bolores e Leveduras, *Salmonella*, Coliformes Totais e Termotolerantes e *Bacillus cereus*. Seguindo técnica descrita pela American Public Health Association (APHA, 2001) e Food and Drug Administration (FDA, 2002).

#### 4.3.7 Análise sensorial

As rapaduras formuladas selecionadas para o teste afetivo de aceitabilidade e intenção de compra foram as mesmas selecionadas na determinação da desejabilidade. O teste foi aprovado pelo CEP/UFG sob protocolo nº113/2011 e realizado na escola SENAI, vila Canaã.

Foram avaliados os atributos: aparência, textura, sabor e odor, além da intenção de compra, segundo delineamento de blocos ao acaso, utilizando escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = não gostei nem desgostei e 1 = desgostei extremamente).

Foram recrutados consumidores adultos de ambos os sexos, conforme interesse e disponibilidade em participar da pesquisa e os mesmo assinaram um termo de consentimento em que o provador aceitou participar da análise sensorial.

Os resultados foram, submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste para comparação de médias (Tuckey a 5% de probabilidade).

Ao serem recrutados os provadores foram informados das condições do teste, e que não era obrigatório engolir a amostra. Receberam, também, informações sobre os ingredientes utilizados na formulação da rapadura e da possibilidade de desistência da realização da análise a qualquer momento.

## REFERÊNCIAS

- AHMED, F. et al. Improved shelf-life of rice bran by domestic heat processing and assessment of its dietary consumption in experimental rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Mysore, v.25, p. 60-67, 2007.
- ALENCAR, M. de L. C. B.; ALVARENGA, M. G. Farelo de arroz (I): composição química e seu potencial como alimento. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Belo Horizonte, v. 34, n. 1, p.95-108, 1991.
- A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. Food composition, additives, natural contaminants. 16. ed. v. 2. Gaithersburg: AOAC, 1997.
- ASCHERI, D. P. et al. Efeito da extrusão sobre a adsorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jaboticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p.325-335, 2006.
- BARRETO, A. N. et al. **Cultivo do amendoim**. Brasília: Sistema de produção, 2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em :17 abr. 2012.
- BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Unicamp, 2003. 299p.
- BORBA, A. M., SARMENTO, S. B. S., LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p.835-843, 2005.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução CNNPA nº 12, de 24 de julho de 1978. Dispõe sobre as normas técnicas especiais relativas a alimentos (e bebidas). Brasília, DF: ANVISA, 1978.
- CARVALHO, A. V. et al. Caracterização de extrusados de terceira geração à base de farinhas de mandioca e pupunha. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 995-1003, 2010.
- CASTRO, E. M.; et al. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30 p. (Circular Técnica, 34).
- CENTEC – INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO. **Produtor de rapadura**. 2. ed. rev. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2004. 40 p. (Cadernos Tecnológicos, Ministério da Ciência e Tecnologia).
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira**: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, abril. Brasília, DF: Conab, 2010. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1\\_levantamento2010\\_abr2010.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1_levantamento2010_abr2010.pdf)>. Acesso em: 06 maio 2010.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira** –grãos. Safra 2011/2012, Sétimo Levantamento, Abril/2012. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 30 abr. 2012.

CORRÊA G.C. et al. Caracterização física de frutos de baru (*dipteryx alata* vog.) em três populações nos cerrados do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 2, p.5-11, 2000.

COUTINHO, E. P.; NEVES, H. C. N.; NEVES, H. C. N. **O agroturismo como oportunidade de negócio para o setor rapadureiro**: o caso do município de Pindoretama. II Jornada nacional da agroindústria. Bananeiras, 2007.

CZEDER, L. R. **Composição nutricional e qualidade proteica da amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.) de plantas de três regiões do cerrado do estado de Goiás**. 2009. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA. **Composição nutricional do arroz**. Santo Antônio de Goiás, 2006. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/parperfeito/arroz/composicao.htm>>. Acesso em: 6 maio 2010.

FAO. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Economic and Social Departament**: the satastic division. 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em :13 out. 2011.

FELLOWS, P. **Tecnologia del procesado de los alimentos**: principios e practicas. Zaragoza: Acríbia, 1994, 421p.

FERNANDES, D. C. **Composição química e valor proteico da amêndoa de baru de plantas nativas do cerrado da região sudeste do estado de Goiás**. 2007. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em nutrição) – Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

FREIRE, R.M.M. et al. Avaliação protéica da farinha desengordurada de genótipos de amendoim. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.4, p.193-199, 2000.

FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n.2, p. 269-279, 2010.

GENEROSO, W. C. et al. Avaliação microbiológica e físico – química de açúcares mascavos comerciais. **Revista do Instituto Adolf Lutz**, v. 68, n. 2, p. 259 - 268, 2009.

GODOY, O. P.; MARCOS FILHO, J.; CÂMARA, G. M. S. **Tecnologia na produção**. Campinas: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciências e Tecnologia e Coordenadoria da Indústria e Comércio.1982. (Série Extensão Agroindustrial, 3).

LAVANHOLI, M. G. D. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima para produção de açúcar e álcool. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Cap. 32 p. 698, 2008.

MACEDO, J.D.B., Rapadura: uma arte que atravessa os tempos. Fonte de renda para a agricultura familiar de Senhor do Bonfim, Bahia. **Bahia Agrícola**, Salvador, v.8, n.2, p.35-38, 2008.

- MARSHALL, W. E. Utilization of rice bran/hulls in value-added products. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings**. Houston: USDA, p.68-76, 1993.
- MOTTA, C. **Projeto vagafogo de educação continuada**. Brasília: FUNATURA, 1999.
- NASCIMENTO, M. R. M. **Dossiê técnico** processamento da rapadura. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (CDT/ UnB). Brasília, DF, 2007. Disponível em: <[http://www.canabrasil.com.br/component/option,com\\_docman/task,doc\\_view/gid,28/Itemid,75/](http://www.canabrasil.com.br/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,28/Itemid,75/)>. Acesso em: 5 maio 2010.
- NOBREGA, F.V.A.; SUASSUNA, N.D. Análise sanitária de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea L.*) armazenadas em algumas áreas do estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, p.1-13, 2004.
- PARRADO, J. et al. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potencial use as functional food. **Food Chemistry**, v. 98, n. 4, p. 742-748, 2006.
- RYAN, E. P. Bioactive food components and health properties of rice bran. **Vet Med Today: Timely Topics in Nutrition**, v. 238, n. 5, p.593-600, 2011.
- RIBAS, A. I, et al. **Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria**. Zaragoza: Acríbia, 2000, 283p.
- ROA Z. P. Análisis del papel de la disposición a pagar (dap) de los consumidores, por panela ecológica y pulverizada convencional, en la internalización de las externalidades derivadas del uso y apropiación de los recursos naturales y el territorio. **Agroalimentaria**, Mérida, v. 12, n.22, p. 77-87, 2006.
- SAKAI, R.H. Rapadura. **Agência de informação Embrapa cana-de-açúcar**. Brasília – DF, 2007. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fjighhp202wyiv80sq98yqyvvgmia8.html>>. Acesso em: 5 maio 2010.
- SANO, S. M. et al. (Ed.). **Frutas nativas da região centro-oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 75-99, 2006.
- SAUNDERS, R. M. Stabilized Rice bran: a new world food resource. **Newsletter/International Rice Commission**, Roma, v. 39, p. 179-183,1990.
- SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Sistema agroindustrial da cachaça de alambique**. Belo Horizonte, 2004. Disponível em : <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/69a5e2bb919eaf2e832574b0004bda60/740aa1ac01d4ee8d03256eca004c09c8/\\$FILE/Estudos%20de%20Diversifica%C3%A7%C3%A3o%20Definitivo.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/69a5e2bb919eaf2e832574b0004bda60/740aa1ac01d4ee8d03256eca004c09c8/$FILE/Estudos%20de%20Diversifica%C3%A7%C3%A3o%20Definitivo.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2010.
- SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **O novo ciclo da cana**: estudo sobre a competitividade do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar e prospecção de novos empreendimentos. Brasília, DF: IEL, 2005. 337p.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, 2004.

STASOFT. **STATISTICA 7.0 for Windows** – Computar program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2007. CD Room.

SUASSUNA, T. M. F.; SANTOS R. C.; GONDIM, T. M. S. **Cultivo do amendoim**. Brasília: Sistema de produção, 2006. Disponível em:  
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>> Acesso em :17 abr. 2012.

THIAGO, L. R. L. S.; VIEIRA, J.M. **Cana-de-açúcar**: uma alternativa de alimento para a seca. Comunicado Técnico COT N° 73, dezembro de 2002, Embrapa Gado de Corte, disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/cot/COT73.html>>. Acesso em: 17 jan. 2012.

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

VERA, R. et al. Características químicas de amêndoas de barueiros (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no cerrado do Estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 1, p. 112-118, 2009.

VERA, R.; SOUZA, E. R. B. Baru. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, mar. 2009. Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452009000100001&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452009000100001&lng=pt&nrm=iso)>. Acessos em: 17 jan. 2012.

VERRUMA-BERNARDI, R. M. et al. Avaliação microbiológica, físico – química e sensorial de açúcares mascavos comercializados na cidade de São Carlos – SP. **Brazilian Journal of Food Tecnology**, Campinas, v. 10, n. 3, p. 205-211, 2007.

VIEIRA, N. R. de A.; CARVALHO, J. L. V. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 582-604.

**PARTE 2****5 ARTIGOS**

5.1) Propriedades físicas e químicas de rapaduras enriquecidas com farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru torradas;

5.2) Propriedades físicas e químicas de rapaduras enriquecidas com farelo de arroz extrusado e amendoim torrado;

## 5.1 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE RAPADURAS ENRIQUECIDAS COM FARELO DE ARROZ EXTRUSADO E AMÊNDOAS DE BARU TORRADAS<sup>1</sup>

### Resumo

Foram desenvolvidas, utilizando-se delineamento de misturas, rapaduras enriquecidas com farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru torradas, em diferentes proporções, e caracterizadas em relação às suas propriedades físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais, comparando-as à rapadura padrão, composta apenas de caldo de cana-de-açúcar. Com a inserção da mistura de farelo de arroz extrusado e amêndoa de baru torrada nas rapaduras formuladas, observou-se que quanto maior a quantidade de farelo de arroz extrusado e menor de caldo de cana-de-açúcar concentrado houve tendência ao maior teor de cinzas. Os maiores teores de proteínas, lipídios e fibra alimentar total foram verificados quando as formulações apresentavam maiores quantidades de amêndoa de baru torrada e farelo de arroz extrusado e menores de caldo de cana-de-açúcar concentrado. Em relação à luminosidade das rapaduras formuladas a maior tendência de aumento foi obtida nos maiores teores de farelo de arroz extrusado e amêndoa de baru torrada, já para textura a força máxima de compressão teve maior tendência ao aumento quando os valores de caldo de cana-de-açúcar concentrado e amêndoa de baru torrada foram intermediários. Como a rapadura padrão é considerada um alimento desbalanceado devido ao seu valor calórico ser atribuído, quase que exclusivamente aos carboidratos, ao seu baixo teor de proteína e ausência de lipídios, é possível concluir que com a adição da mistura de farelo de arroz extrusado e amêndoa de baru torrada, a rapadura passou a ser um alimento mais completo, contemplando outros nutrientes, sendo os lipídios e proteínas provenientes do farelo de arroz extrusado e da amêndoa de baru torrada, assim como as fibras, que contribuem para o melhor funcionamento do organismo humano.

**Palavras-chave:** Rapadura, *Oryza sativa* L., subproduto, *Dipteryx alata* Vog., composição centesimal, propriedades físicas

<sup>1</sup> Artigo a ser publicado

### 5.1.1 Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma planta que apresenta elevada importância econômica. Seu produto (caldo) e subproduto (bagaço) são utilizados como matéria-prima para produção de cachaça, rapadura, açúcar, etanol, energia elétrica, ração animal e adubo (MACEDO, 2008).

A rapadura é consumida em mais de 30 países, sendo que a Índia é a responsável por 67% de toda a produção mundial, e a Colômbia, a maior consumidora mundial, com cerca de 32 kg por habitante por ano. O Brasil é o sétimo produtor mundial de rapadura, com 80 mil toneladas por ano e consumo de 1,4 quilos, por habitantes, por ano (SAKAI, 2007). No Brasil, destacam-se na produção da rapadura os estados do Ceará, de Pernambuco e da Paraíba e os estados do Piauí, de Alagoas e da Bahia que também possuem produção significativa (NASCIMENTO, 2007).

A rapadura é um doce proveniente da concentração do caldo da cana-de-açúcar, atingindo seu ponto final em torno de 92 °Brix. É um produto integral, sem refino, com sabor e odor agradáveis e característicos e com elevado valor nutricional, sendo sua composição rica em vitaminas A, B, C, D e E, sais minerais como ferro, cálcio, fósforo, potássio e magnésio e alto valor energético (CENTEC, 2004; SEBRAE, 2005). A rapadura contém, em média, 14% de açúcares redutores (glicose e frutose), que são mais assimiláveis pelo organismo humano do que a sacarose (SEBRAE, 2005).

O barueiro (*Dipteryx alata* Vog.) é uma planta que apresenta várias possibilidades de utilização, sendo que dos frutos se consome a polpa na forma de farinhas e doces, e as sementes (amêndoas), que possuem sabor agradável e menos acentuado que o do amendoim, após torradas, podem ser empregadas na confecção de diversas preparações culinárias (paçoquinha, pé de moleque, biscoitos, bolos, rapadurinha, licores, amêndoa torrada e salgada), tem boa aceitação quando substitui a castanha de caju, amendoim ou nozes, além da extração de óleo de excelente qualidade (VERA; SOUZA, 2009; MOTTA, 1999).

O Brasil é o principal produtor de arroz da América Latina, com aproximadamente 11,7 mil toneladas produzidas na safra de 2009/2010 (CONAB, 2011). O consumo *per capita* de arroz no Brasil é de 108 g por dia, chegando a 70 kg por habitante por ano, fornecendo 14% dos carboidratos, 10% das proteínas e 0,8% dos lipídios necessários, com base em uma dieta de 2000 kcal por dia (SILVA, 2007;

BORTOLATO et al., 2003; WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008; ARAÚJO; SOUZA; MANILO, 2003). O farelo de arroz, um dos subprodutos resultantes do beneficiamento do arroz obtido a partir do seu polimento, representa de 8% a 11% do peso total do grão, sendo fonte de vários nutrientes (PARRADO et al., 2006).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Resolução RDC N° 263, de 22 de setembro de 2005), farelos são: os produtos resultantes do processamento de grãos de cereais e ou leguminosas, constituídos principalmente de casca e ou gérmen, podendo conter partes do endosperma (BRASIL, 2005). O farelo de arroz é obtido durante o beneficiamento do arroz, que consiste na retirada da casca do grão para torná-lo apto ao consumo, quando o grão é polido. É um produto rico em fibras, nutrientes minerais e vitaminas, sendo um alimento muito barato e abundante no Brasil (EMBRAPA, 2006).

O farelo de arroz possui enzimas que hidrolisam o óleo aumentando o conteúdo de ácidos graxos livres, mono e diacilglicerídeos que promovem a formação de odor e sabor de ranço (GLUSHENKOVA et al., 1998). Nos EUA a extrusão termoplástica, com temperaturas de 125-135 °C por um a três segundos e umidade do produto entre 11-15% é utilizada como método tradicional para a estabilização do farelo de arroz (SAUNDERS, 1990).

A extrusão tem como princípio básico a conversão de um material sólido em massa fluída pela combinação de umidade, calor, compressão e tensão de cisalhamento. Sua passagem através de uma matriz é forçada para formar um produto com características físicas e geométricas pré-determinadas (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005).

Tendo em vista o incremento nutricional proporcionado pelo acréscimo da mistura de farelo de arroz extrusado e amêndoa de baru torrada, em diferentes proporções, este estudo teve como objetivo desenvolver formulações de rapadura enriquecidas com farelo de arroz extrusado e amêndoa de baru torrada e avaliar suas características físicas, químicas microbiológicas e sensoriais, visando sua utilização na merenda escolar.

### 5.1.2 Material e Métodos

Para a produção da rapadura enriquecida com farelo de arroz extrusado (FAE) e amêndoas de baru torradas (ABT) foram utilizados, farelo de arroz doado pela empresa Cristal Alimentos Ltda., localizada em Aparecida de Goiânia, GO, amêndoas de baru torradas adquiridas no comércio varejista de Goiânia, GO e o caldo de cana-de-açúcar, da variedade RB safra 2011, doado pela Fazenda Santa Rita, localizada no município de Vianópolis – GO.

#### 5.1.2.1 Extrusão do farelo de arroz *in natura*

O farelo de arroz foi extrusado em extrusora termoplástica monorosca de laboratório (Inbramq, PQ30, Ribeirão Preto, Brasil).

Os parâmetros utilizados para a extrusão foram: umidade do farelo *in natura* de 8,12%, temperaturas na primeira, segunda e terceira zonas em 40 °C, 60°C e 90 °C, respectivamente, abertura da matriz circular de 4 mm de diâmetro e sub-matriz com 35 furos de 3 mm de diâmetro cada, rosca de três entradas, camisa lisa no pé e elicoidal na ponta e rotação de 423 rpm. Ao final da extrusão o farelo de arroz extrusado estava com umidade de 4,92%. Após a extrusão o farelo foi seco em estufa de circulação de ar (Marconi, MA 035) até atingir umidade abaixo de 2%, e então foi realizada a análise granulométrica do farelo de arroz.

#### 5.1.2.2 Trituração da amêndoa de baru torrada

A amêndoa de baru, que já foi obtida torrada, foi triturada em processador doméstico marca FAET Multipractie e a película retirada manualmente. Após estes processos foi realizada a análise granulométrica.

### 5.1.2.3 Produção da rapadura

As rapaduras foram formuladas de acordo com as proporções pré-estabelecidas pelo delineamento experimental de misturas, conforme tabelas 1.1 e 1.2.

**Tabela 1.1:** Delineamento de mistura para estudo do efeito do farelo de arroz extrusado (FAE), Amêndoa de Baru Torrada (ABT) e caldo de cana-de-açúcar (CCA) nas características químicas e físicas de rapaduras experimentais. Valores em concentrações reais (g do componente por 100 g de mistura) e pseudocomponentes.

Formulação	Concentrações reais			Pseudocomponentes		
	FAE (A)	ABT(B)	CCA(C)	FAE(x1)	ABT(x2)	CCA (x3)
1V	10,00	5,00	85,00	0	0	1
2V	20,00	5,00	75,00	1	0	0
3V	10,00	10,00	80,00	0	0,5	0,5
4V	15,00	10,00	75,00	0,5	0,5	0
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375

Fonte: STATSOFT (2007)  
 $X1 + X2 + X3 = 1$  ou 100%

**Tabela 1.2:** Intervalo de variação dos componentes na formulação de rapadura.

Componente	Mínimo (%)	Máximo (%)
FAE % - A	10,00	20,00
ABT % - B	5,00	10,00
CCA % - C	75,00	85,00

A produção das rapaduras foi realizada na Fazenda Santa Rita, localizada no município de Vianópolis, GO, de forma artesanal, auxiliada por um produtor que é técnico do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR).

A cana-de-açúcar foi colhida, sem o uso de fogo e transportada para o engenho onde foi prensada na moenda e ocorreu a separação do caldo e do bagaço. Após avaliação refratométrica, verificou-se que o caldo possuía 17 °Brix; em seguida foi transferido do tanque de armazenamento, onde passou por uma decantação prévia, ficando retido por pelo menos 15 minutos permitindo a separação de impurezas, para o

tacho de cobre por tubulação, com ação da gravidade, passando antes por uma peneira fina, para a retirada de impurezas grosseiras. O caldo foi aquecido em tacho até a fervura, e neste processo, as impurezas que emergiram foram sendo retiradas com o auxílio de uma concha. Durante o aquecimento, o caldo passou por um processo contínuo de perda de água (concentração), tornando-se mais espesso e tonalidade amarelada. O final do cozimento foi verificado quando o caldo concentrado chegou a aproximadamente 120 °C, formando o chamado ponto de bala, que foi verificado pela colocação de uma porção em um recipiente com água fria, com formação de uma massa com consistência de bala.

Após a concentração, a massa foi colocada em um recipiente de alumínio para esfriar e quando chegou à temperatura de 80 °C foi batida. Durante o batimento adicionou-se de uma só vez a mistura de FAE e ABT, de acordo com as proporções pré-estabelecidas no delineamento de misturas (Tabela 1). Em seguida, o produto foi distribuído em as formas de 25 g. Após o resfriamento, as rapaduras foram desenformadas, embaladas e identificadas.

#### 5.1.2.4 Caracterização química e física das rapaduras enriquecidas com FAE e ABT

As rapaduras foram caracterizadas quanto os teores de umidade (método nº 925.10), cinzas (método nº 923.03), proteína bruta (método nº 960.52), com fator conversão do nitrogênio em proteína de 6,25, lipídios totais (método nº 920.39C), fibra alimentar total, solúvel e insolúvel (método enzimico-gravimétrico nº 985.29), todos recomendados pela AOAC (1997). O teor de carboidratos foi obtido pelo cálculo da diferença entre 100 g do alimento e a soma total dos valores encontrados para proteínas, lipídios e cinzas.

Na análise de textura das rapaduras enriquecidas foi realizado o teste de força máxima de compressão (FMC), medida em Newtons (N) no texturômetro TA-XT2i (Texture Analyser) e o registro dos dados realizado por meio do Software XTRAD. Os parâmetros utilizados para os testes foram: velocidade do teste de 2,0 mm/s, distância de 18 mm, força de 0,98N e probe faca (HDP/BSK – Blade set with knife).

Os parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) das rapaduras foram determinados em colorímetro (ColorQuest II, Hunter Lab Reston, Canadá).

As variáveis utilizadas como parâmetro de qualidade das rapaduras formuladas foram a quantidade de cinzas, proteínas, lipídios, fibra alimentar total (FT), força

máxima de compressão (FMC) e luminosidade ( $L^*$ ). Sendo os maiores valores, para todos os parâmetros, considerados as variáveis ideais. Foram atribuídas a estas variáveis notas entre 0 e 1 para a menos desejada e a mais desejada, respectivamente. O cálculo da formulação das rapaduras formuladas com maior desejabilidade foi determinado por meio do programa Statistica versão 7.0 (STATSOFT, 2007).

Para a rapadura selecionada no teste de desejabilidade, foi realizada a análise sensorial, com o uso do teste afetivo de aceitabilidade e intenção de compra, a análise foi aprovada pelo CEP/UFG sob protocolo nº113/2011 com 50 provadores não treinados, na Escola SENAI vila Canaã, Goiânia - GO. As amostras foram analisadas microbiologicamente antes da análise sensorial.

Foram avaliados os atributos: aparência, textura, sabor e odor, além da intenção de compra, segundo delineamento de blocos ao acaso, utilizando escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = não gostei nem desgostei e 1 = desgostei extremamente). Os 50 participantes da análise eram adultos, de ambos os sexos.

### **5.1.3 Resultados e Discussão**

#### **5.1.3.1 Caracterização química do FAE, ABT e do CCA**

Para desenvolvimento do experimento partiu-se de farelo de arroz recém extraído, amêndoas de baru obtidas torradas e caldo de cana-de-açúcar.

O farelo de arroz foi extrusado, e seco posteriormente, obtido com a granulometria de 80,02% na peneira de 7 *mesh*, 8,91% retidos na base e o restante distribuído entre as peneiras de 9, 12, 16 e 32 *mesh*. As amêndoas de baru torradas foram trituradas até a granulometria de 44,01% retidos na peneira de 7 *mesh*, 17,97% na de 9 *mesh*, 10,29% retido na base e o restante distribuído nas demais peneiras. E o caldo de cana-de-açúcar foi extraído em moenda marca W.V.Y. LIDGER, NOOD modelo L0SC. Sendo assim, avaliou-se, antes da realização da mistura, as três matérias-primas utilizadas segundo sua composição.

Os resultados encontrados para teores de cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos, as fibras alimentar total, solúvel e insolúvel, o valor energético total do FAE, ABT e do CCA, podem ser visualizados na Tabela 1.3.

**Tabela 1.3:** Composição centesimal e valor energético total (VET) médio, seguidos dos desvios-padrão, em base seca, do FAE, ABT e CCA.

<b>Composição centesimal</b>	<b>FAE*</b>	<b>ABT*</b>	<b>CCA*</b>
<b>Cinzas<sup>1</sup></b>	9,79 <sup>a</sup> ±0,04	3,03 <sup>b</sup> ±0,04	0,34 <sup>c</sup> ±0,01
<b>Proteínas<sup>1</sup></b>	15,80 <sup>b</sup> ±0,13	29,18 <sup>a</sup> ±0,39	0,06 <sup>c</sup> ±0,00
<b>Lipídios<sup>1</sup></b>	17,69 <sup>b</sup> ±0,07	39,08 <sup>a</sup> ±1,81	0,00 <sup>c</sup>
<b>Carboidratos<sup>1</sup></b>	56,71 <sup>b</sup> ±0,17	28,70 <sup>c</sup> ±1,43	99,6 <sup>a</sup> ±0,01
<b>Fibra Alimentar total<sup>1</sup></b>	12,69 <sup>b</sup> ±0,06	16,37 <sup>a</sup> ±0,28	0,00 <sup>c</sup>
<b>Fibra solúvel<sup>1</sup></b>	2,28 <sup>b</sup> ±0,28	2,72 <sup>a</sup> ±0,14	0,00 <sup>c</sup>
<b>Fibra insolúvel<sup>1</sup></b>	10,41 <sup>b</sup> ±0,22	13,65 <sup>a</sup> ±0,14	0,00 <sup>c</sup>
<b>VET<sup>2</sup></b>	449,28 <sup>b</sup> ±0,25	583,30 <sup>a</sup> ±9,12	398,62 <sup>c</sup> ±0,05

\* Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo Teste Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

<sup>1</sup> g (100 g)<sup>-1</sup>

<sup>2</sup> kcal g<sup>-1</sup>

As três matérias-primas utilizadas para formar a mistura diferiram significativamente ( $p \leq 0,05$ ) entre si em relação ao teor de cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos, fibra alimentar total, solúvel e insolúvel e valor energético total, sendo que o CCA, na maioria dos componentes, obteve as menores concentrações, exceto para os carboidratos (99,6 g (100 g)<sup>-1</sup>). Em relação ao teor de cinzas, o FAE foi o que obteve maior valor (9,79 g (100 g)<sup>-1</sup>), diferindo das demais matérias-primas ( $p \leq 0,05$ ). Em relação às proteínas, as matérias-primas foram significativamente diferentes entre si ( $p \leq 0,05$ ), sendo a ABT a matéria-prima com maior teor deste componente (29,18 g (100 g)<sup>-1</sup>). O valor médio de lipídios foi maior na ABT (29,18 g (100 g)<sup>-1</sup>), diferindo significativamente do FAE ( $p \leq 0,05$ ) e não foi detectado no CCA. O teor de carboidratos variou entre 28,70 e 99,6 g (100 g)<sup>-1</sup>, diferindo significativamente entre as três matérias-primas, sendo o CCA o de maior teor. O CCA não apresentou teores de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, já a ABT apresentou os maiores teores para estes três componentes [(16,37; 2,72; 13,65 g (100 g)<sup>-1</sup>], respectivamente, diferindo significativamente do FAE ( $p \leq 0,05$ ). O maior valor energético total obtido foi para a matéria-prima com maior teor de lipídio, ABT (583,30 kcal.g<sup>-1</sup>), que diferiu significativamente do FAE e CCA ( $p \leq 0,05$ ), já que para o seu cálculo utilizam-se os fatores de conversão 4 kcal.g<sup>-1</sup> para proteínas e carboidratos e 9 kcal.g<sup>-1</sup> para lipídios (BRASIL, 2003).

Em estudos com biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca, realizado por Lacerda e colaboradores (2009), os valores encontrados na composição do FAE, em base seca, foram: 7,63 g (100 g)<sup>-1</sup> de cinzas, valor 28,31% menor ao encontrado neste estudo (9,79

(100 g<sup>-1</sup>). Para proteínas 13,46 g (100 g<sup>-1</sup>), valor 17,39% menor que o encontrado neste estudo (15,80 (100 g<sup>-1</sup>), 23,72 g (100 g<sup>-1</sup> de lipídios, valor 25,42% maior que o encontrado neste estudo (17,69 (100 g<sup>-1</sup>). Carboidratos 38,84 g (100 g<sup>-1</sup>), valor 31,5% menor que o encontrado neste estudo (56,71 (100 g<sup>-1</sup>) e 16,35 g (100 g<sup>-1</sup> de fibra alimentar, valor 28,84% maior que o encontrado neste estudo (12,69 (100 g<sup>-1</sup>). Diferenças na composição centesimal podem ser justificadas por diferença na cultivar, época e local da colheita (CARVALHO; BASSINELLO, 2006).

Os teores de proteínas encontrados em amêndoas de baru de diferentes regiões geográficas do cerrado em estudos realizados por Vera, e colaboradores (2009) variaram entre 25,16 e 27,69 g (100 g<sup>-1</sup>) e em relação ao estrato etéreo, de 32,42 a 37,36 g (100 g<sup>-1</sup>), valores inferiores ao deste estudo 29,18 g (100 g<sup>-1</sup>) e 39,08 g (100 g<sup>-1</sup>), respectivamente. Sousa e colaboradores (2011), em seus estudos relacionados à qualidade nutricional e valor de proteína de amêndoas do cerrado brasileiro comparados ao amendoim obtiveram, para a amêndoa de baru em base úmida, 3,18 g (100 g<sup>-1</sup>) de cinzas, 29,92 g (100 g<sup>-1</sup>) de proteínas, 41,95 g (100 g<sup>-1</sup>) de lipídios totais, 12,25 g (100 g<sup>-1</sup>) de carboidratos e 9,21 g (100 g<sup>-1</sup>) de fibra alimentar total, 2,03 g (100 g<sup>-1</sup>) de fibras solúveis, 7,18 g (100 g<sup>-1</sup>) de fibras insolúveis e valor energético total de 546,23 kcal g<sup>-1</sup>, valores bem próximos ao deste estudo, exceto para os teores de fibras.

Estudos realizados por Takemoto e colaboradores (2001), com amêndoas de baru provenientes do município de Pirenópolis, GO, indicam uma alta concentração de ácidos graxos insaturados, com a predominância dos ácidos oléico (50,04%) e linoléico (28,9%), sendo este considerado essencial, além de um teor de  $\gamma$ -tocoferol de 4,3 mg (100g<sup>-1</sup>), que é considerado como um fito-químico com efeitos positivos na saúde humana (CHEN; BERGMAN, 2005); essas informações fortalecem sob o aspecto nutricional a inclusão das amêndoas de baru na produção de rapaduras.

Seguindo as orientações da Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que aprova o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), o FAE pode ser considerado fonte de proteína, pois possui teor maior que 10 g (100 g<sup>-1</sup>) deste nutriente [15,80 g (100 g<sup>-1</sup>)] e a ABT pode ser considerada rica em proteínas, pois possui teor superior a 20 g (100 g<sup>-1</sup>) [29,18 g (100 g<sup>-1</sup>)]. E em relação ao teor de fibras alimentares, ambos podem ser considerados como ricos, pois possuem quantidades superiores a 6 g (100 g<sup>-1</sup>) [12,69 e 16,37 (100 g<sup>-1</sup>), FAE e ABT, respectivamente].

De acordo com a Tabela de Composição de Alimentos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1999), a composição do caldo de cana-de-açúcar, em base úmida é de 0,3 g (100 g)<sup>-1</sup> de cinzas, 0,3 g (100 g)<sup>-1</sup> de proteínas, 0,1 g (100 g)<sup>-1</sup> de lipídios, 20,5 g (100 g)<sup>-1</sup> de carboidratos e 82 kcal g<sup>-1</sup> de valor energético.

O valor nutricional da cana-de-açúcar está diretamente ligado ao seu alto teor de açúcar (40 a 50% de açúcares na matéria seca), uma vez que o seu conteúdo protéico é extremamente baixo, conferindo a característica de ser um alimento muito desbalanceado em relação a seus nutrientes. É uma planta composta, em média, de 65 a 75% de água, mas seu principal componente é a sacarose, que corresponde de 70 a 91% de substâncias sólidas solúveis. A planta contém ainda glicose (de 2 a 4%), frutose (de 2 a 4%), proteínas (0,5 a 0,6%), amido (0,001 a 0,05%) ceras e graxos (0,05 a 0,015%) (FAVA, 2004).

#### 5.1.3.2 Composição química das formulações de rapaduras

Foram realizadas análises químicas das rapaduras formuladas com a inserção da mistura de FAE e ABT no CCA em proporções previamente estabelecidas por meio de delineamento experimental, obtendo-se as médias dos componentes cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos, fibra alimentar total (FAT), fibra solúvel (FS) e fibra insolúvel (FI) (Tabela 1.4).

A partir dos dados obtidos e da análise de variância, foram elaborados os modelos matemáticos de regressão ajustados, o nível de significância ( $p$ ), a falta de ajuste (FA) e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para os componentes químicos das rapaduras formuladas (Tabela 1.5). Todos os modelos analisados foram significativos ( $p \leq 0,05$ ), observando-se coeficientes de determinação explicando entre 94,2 e 99,8% das respostas. Os efeitos da quantidade de FAE, ABT e CCA foram significativos ( $p \leq 0,05$ ) em todos os modelos analisados. O efeito da interação FAE e ABT não foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) para cinzas e proteínas, no entanto, optou-se por mantê-la no modelo, pois melhorou o ajuste do modelo, ou seja, este modelo apresentou o melhor coeficiente de determinação ajustado.

**Tabela 1.4:** Valores da composição centesimal média, seguidos dos desvios-padrão, em base seca, das rapaduras enriquecidas com FAE e ABT, de acordo com o delineamento de misturas.

Formulação	Concentrações reais			Pseudocomponentes			Composição Química						
	FAE	ABT	CCA	(x1)	(x2)	(x3)	Cinzas	Proteínas	Lipídios	Carboidratos	FAT	FAS	FAI
1V	10,00	5,00	85,00	0	0	1	2,26±0,05	3,28±0,06	3,87±0,03	90,67±0,04	1,47±0,02	0,29±0,01	1,18±0,02
2V	20,00	5,00	75,00	1	0	0	3,27±0,06	5,47±0,21	5,80±0,04	85,46±0,26	2,67±0,09	0,50±0,07	2,17±0,05
3V	10,00	10,00	80,00	0	0,5	0,5	2,62±0,02	5,85±0,24	7,11±0,31	84,42±0,25	2,01±0,05	0,36±0,07	1,65±0,05
4V	15,00	10,00	75,00	0,5	0,5	0	2,93±0,04	5,90±0,12	7,67±0,38	83,50±0,43	2,58±0,03	0,43±0,02	2,15±0,02
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	2,71±0,02	5,19±0,24	6,21±0,26	85,90±0,50	2,40±0,07	0,36±0,04	2,04±0,03
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	2,89±0,02	5,39±0,18	6,80±0,26	84,91±0,42	2,44±0,03	0,38±0,03	2,06±0,01
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	2,84±0,06	5,25±0,11	5,99±0,07	85,92±0,13	2,45±0,07	0,37±0,02	2,07±0,02
Rapadura padrão	0	0	100	-	-	-	1,56±0,06	0,28±0,01	0,00	98,16±0,05	0,00	0,00	0,00

FAT – Fibra alimentar total

FAS – Fibra alimentar solúvel

FAI – Fibra alimentar insolúvel

FAE – Farelo de arroz extrusado

ABT- Amêndoas de baru torradas

CCA – Caldo de cana-de-açúcar

**Tabela 1.5:** Modelos de regressão múltipla, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para cinzas, proteínas, lipídios e fibra alimentar total em função dos níveis codificados de farelo de arroz extrusado (FAE), amêndoa de baru torrada (ABT) e caldo de cana-de-açúcar concentrado (CCA).

<b>Componentes</b>	<b>Modelo*</b>	<b>p</b>	<b>FA</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Cinzas</b>	$Cz = 3,29FAE + 2,94ABT + 2,32CCA - 0,60FAE.ABT$	0,014	0,51	0,958
<b>Proteínas</b>	$Ptnas = 5,56FAE + 8,39ABT + 3,42CCA - 3,61FAE.ABT$	0,010	0,08	0,967
<b>Lipídios</b>	$Lip = 5,82FAE + 10,13ABT + 3,94CCA$	0,003	0,63	0,942
<b>Fibras totais</b>	$FT = 2,66FAE + 2,52ABT + 1,48CCA + 1,76FAE.CCA$	0,000	0,55	0,998

\* Efeitos em itálico não foram significativos, porém foram mantidos para melhoria do ajuste do modelo.

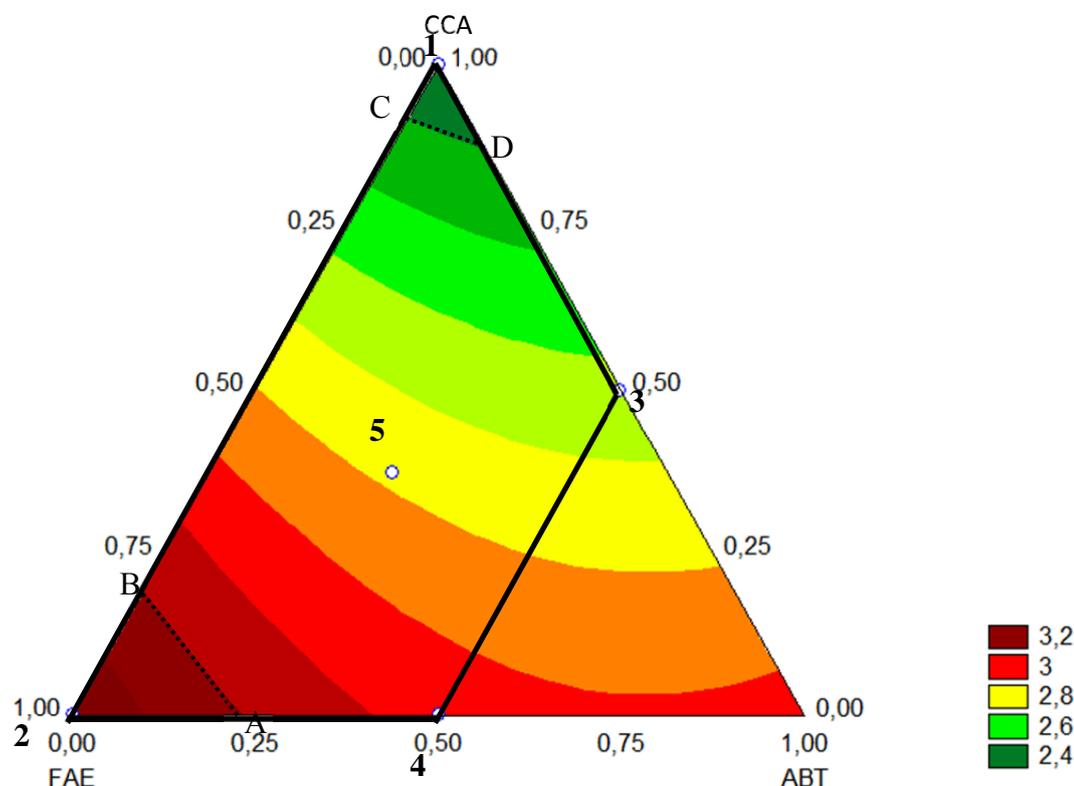
Com a inserção da mistura de FAE e ABT nas rapaduras formuladas, observou-se uma tendência ao maior teor de cinzas quanto maior a quantidade de FAE e menor de CCA. De acordo com a Tabela 4 o teor de cinzas do tratamento 2V foi o que obteve maior valor, sendo esse o tratamento com maior quantidade de FAE na mistura (20:5:75, FAE:ABT:CCA) e o tratamento 1V de menor teor de cinzas e maior quantidade de CCA e concentrações mínimas de FAE e ABT (10:5:85).

Utilizando-se o modelo ajustado para o componente cinzas (Tabela 1.5), foi obtido o gráfico de curvas de nível representado pela Figura 1, sendo que os vértices de cada extremidade da área demarcada deste gráfico representa os valores máximos em pseudocomponentes de cada componente da mistura da rapadura formulada experimental.

O maior teor de cinzas (3,2%), região apresentada dentro da área escura delimitada pela área pontilhada (Figura 1.1), que inclui o ponto experimental 2, encontram-se as rapaduras entre as formulações de FAE:ABT:CCA de 19:6:75, 20:5:75 e 18:5:77 (pontos A, 2 e B respectivamente). O menor teor de cinzas (2,4%), representada na área clara dentro da área delimitada pela linha pontilhada, encontra-se as rapaduras com formulações 11:5:84, 10:5:85, 10:8:82 (pontos C, 1 e D, respectivamente). Portanto, os maiores teores de cinzas (3,2%), área próxima ao ponto 2, encontra-se em rapaduras com quantidades máximas de FAE (18 a 20%), mínimas de ABT (5%) e de CCA (75 a 77%).

A quantidade máxima de cinzas, ou resíduo mineral fixo, permitido pela legislação para rapadura é de 6% (BRASIL, 1978). O teor de cinzas indica a quantidade de minerais presentes no alimento, que são fundamentais para o funcionamento do organismo, porém, grandes concentrações de cinzas podem indicar, também, presença

de impurezas, provenientes de fraudes ou de contaminações durante o processo de fabricação.



**Figura 1.1:** Teor de cinzas das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

Comparando os teores máximo e mínimo [3,27 e 2,26  $\text{g} \cdot (100\text{g})^{-1}$ , respectivamente] de cinzas nas rapaduras formuladas encontrados neste estudo (Tabela 4) com os teores encontrados em outros estudos relacionados composição centesimal de rapaduras, 1,7 e 1,54  $\text{g} \cdot (100\text{g})^{-1}$  (IBGE, 1999 e Tabela brasileira de composição de alimentos - USP, 2008, respectivamente), observa-se uma aumento de cinzas variando entre 35,78 e 68,14% do presente estudo para os demais, fator que reintera a importância da inserção do FAE na formulação de rapadura, visto que é o componente com maior teor de cinzas na mistura, colaborando para o maior valor deste nutriente nas rapaduras formuladas, conforme observado no gráfico, onde a maior tendência (área mais avermelhada) está concentrada próxima ao vértice do FAE.

A manutenção de diversas funções metabólicas do organismo está relacionada com a adequada ingestão de minerais. Assim, a ingestão inadequada desses micronutrientes pode potencialmente levar a estados de carência nutricional. As deficiências de vários

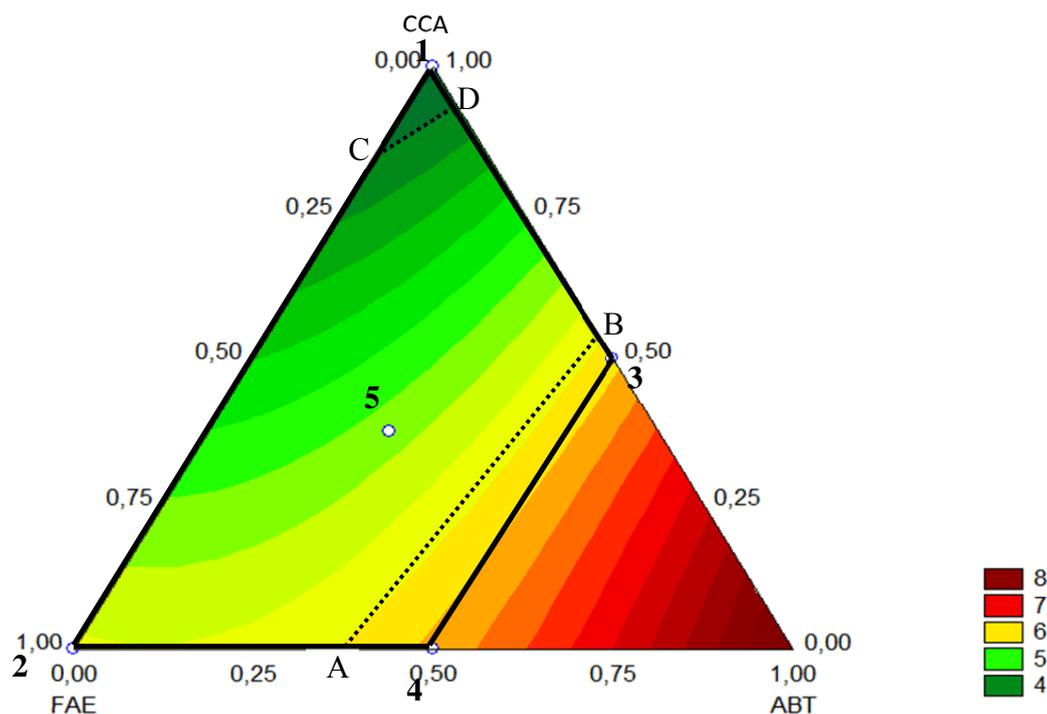
micronutrientes têm sido apontadas como causas contribuintes de diversas doenças crônicas, tais como câncer, doenças cardiovasculares e osteoporose (VELÁSQUEZ-MELÉNDEZ, et al., 1997). Os sais minerais devem ser supridos aos seres humanos para o correto funcionamento de seu organismo, pois fazem parte de compostos como proteínas, lipídios, vitaminas, hormônios, que constituem os tecidos, regulam o equilíbrio hidrolítico e ácido-básico, entre outras funções essenciais (MADRID; CENZANO; VICENTE, 1995).

Como a ingestão de minerais está relacionada à diversas funções metabólicas do organismo humano e como houve um aumento no teor de cinzas, que representa os minerais, nas rapaduras formuladas em relação a padrão, proveniente da adição de FAE e ABT e não de contaminantes ou impurezas, fica clara a importância desta adição, por contribuir com esta manutenção do organismo.

Utilizando-se os dados obtidos na Tabela 4, em relação às proteínas, observou-se que o tratamento 4V foi o de maior teor deste componente [ $5,90 \text{ g (100 g)}^{-1}$ ], com proporção total dos sólidos adicionados (FAE e ABT) de 25%, verificando-se que quanto maior a quantidade de ABT e FAE e menor de caldo maiores são os teores de proteínas encontrados.

Recorrendo-se ao modelo ajustado para proteína (Tabela 1.5), foi obtido o gráfico de curvas de nível representado pela Figura 1.2, sendo que os vértices de cada extremidade da área demarcada deste gráfico representam os valores máximos em pseudocomponentes de cada componente da mistura da rapadura formulada experimental, observou-se uma tendência de teor de proteínas maior (5,9%) quanto maior a quantidade de FAE e de ABT e menor quantidade de CCA, nas formulações de rapadura, região do gráfico (Figura 1.2) onde estão as formulações de FAE:ABT:CCA variando de 17:8:75, 10:9,8:80,2, 10:10:80 e 15:10:75 (pontos A e B e pontos experimentais 3 e 4 respectivamente) ou seja, a quantidade de FAE varia entre 10 a 17%, a de ABT entre 8 a 10% e CCA de 75 a 80,2%.

O menor teor de proteína (abaixo de 4%), área do gráfico representada dentro da área verde delimitada pela linha pontilhada (pontos C, D, 1) (Figura 1.2), encontram-se as rapaduras com formulações de FAE:ABT:CCA entre 11:5:84, 10:6:84 e 10:5:85 portanto, com quantidades mínimas de FAE (10 e 11%), mínimas de ABT (5 e 6%) e máximas de CCA (84 e 85%).



**Figura 1.2:** Teor de proteínas das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

Como a rapadura padrão possui pequena quantidade de proteína, os teores deste nutriente encontrado nas rapaduras formuladas são provenientes do FAE e do ABT, que possuem elevado teor deste produto [ $15,80$  e  $29,18 \text{ g}(100 \text{ g})^{-1}$ , respectivamente], colaborando para um melhor balanceamento nutricional da rapadura em relação à padrão.

Todas as rapaduras formuladas, exceto a 1V (Tabela 1.4) podem ser consideradas com o teor de proteínas aumentado pois tiveram aumento de mais de 25% em seu teor, quando comparadas à rapadura padrão (BRASIL, 1998; BRASIL, 2006).

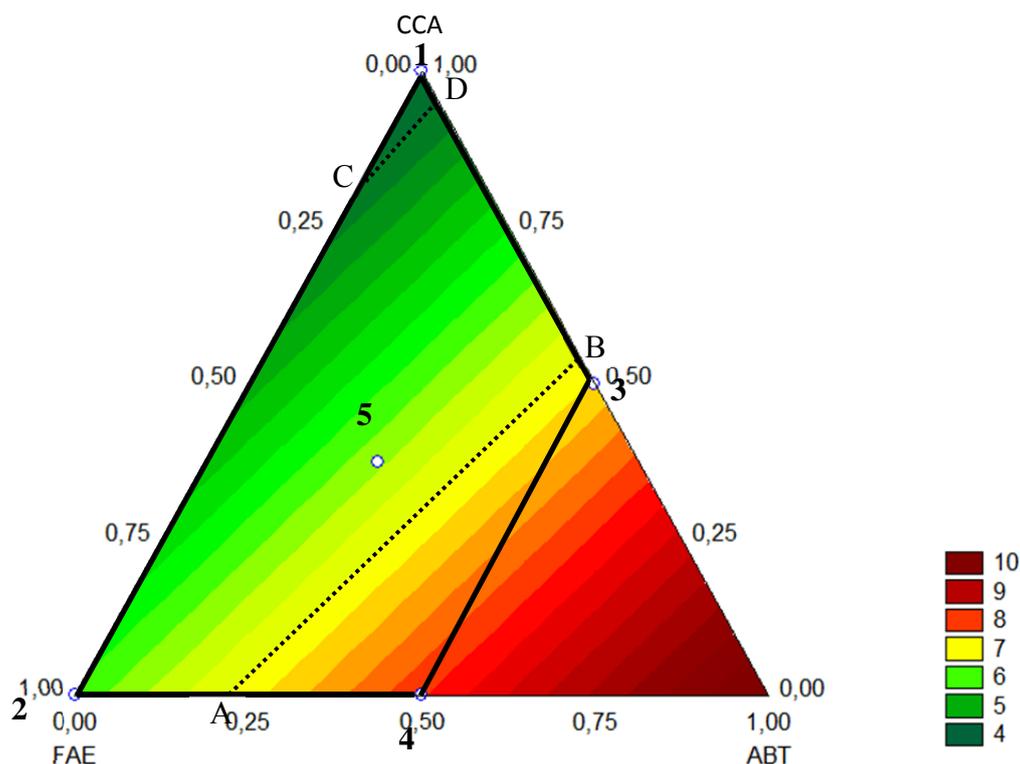
As proteínas desempenham um papel central nos sistemas biológicos, sendo que as enzimas realizam os processos químicos e biológicos que sustentam a vida do organismo. Algumas proteínas funcionam como componentes estruturais das células e dos organismos complexos (DAMODARAM; PARKIN; FENNEMA, 2010). Proteínas e outros compostos nitrogenados estão sendo degradados e resintetizado continuamente pelo organismo. A demanda metabólica de aminoácidos e proteínas é o fluxo de aminoácidos através das vias metabólicas que, juntas, mantêm a estrutura e função do corpo. Este compreende a conversão de alguns aminoácidos individuais em metabólitos importantes, que são posteriormente transformados em produtos finais nitrogenados.

Alguns aminoácidos são perdidos pelo catabolismo oxidativo, produtos metabólicos de aminoácidos (uréia, creatinina, ácido úrico e outros produtos nitrogenados) são excretados na urina; nitrogênio também é perdido nas fezes, suor e outras secreções corporais e na pele escamada, cabelo e unhas. Um suprimento contínuo de aminoácidos dietéticos é necessário para substituir estas perdas, mesmo depois de ter cessado o crescimento (NATIONAL RESEARCH CONCIL, 1989; WHO, 2007).

O aumento de 25% de proteínas nas formulações pode auxiliar no caso de alimentação para merenda escolar, sendo um suprimento de aminoácidos para substituir as perdas pelo catabolismo oxidativo.

Os maiores teores de lipídios foram observados nas maiores concentrações de ABT e FAE e menor de CCA. O valor médio de lipídios variou entre 3,87 e 7,67 g (100 g)<sup>-1</sup>, de acordo com a Tabela 1.4, sendo o tratamento 4V o de maior teor e com a maior quantidade de ABT, já o tratamento 1V foi o de menor teor, sendo o tratamento com menores quantidades de FAE e ABT e maior de CCA (15:10:75 e 10:5:85, respectivamente).

Utilizando-se o modelo ajustado para lipídeos, obteve-se o gráfico de curvas de nível (Figura 1.3). Os vértices de cada extremidade da área demarcada deste gráfico representam os valores máximos em pseudocomponentes de cada componente da mistura utilizada na formulação das rapaduras experimentais. Pode-se observar que na área amarela do gráfico delimitada pelos pontos A e B e pelos pontos experimentais 3 e 4 (Figura 1.3), encontram-se os maiores teores de lipídios (7,67%), que são correspondentes às formulações de FAE:ABT:CCA entre 18:7:75, 10:9,8:80,2, 10:10:80 e 15:10:75 (pontos A, B, 3 e 4 respectivamente), área com quantidade de FAE variando entre 10 e 18%, ABT entre 7 e 10% e CCA entre 75 e 80%. Observou-se uma tendência a menor teor de lipídios, na área verde delimitada pelos pontos C, D, 1, com formulações de FAE:ABT:CCA entre 11:5:84, 10:6:84, 10:5:85, onde há a maior concentração de CCA (84 a 85%). A incorporação de lipídios nas rapaduras formuladas deve ser proveniente da ABT, que contém quantidades elevadas de lipídios [39,08 g(100g<sup>-1</sup>)], enquanto que a rapadura padrão estudada no presente trabalho não apresentou quantidade significativa deste componente.



**Figura 1.3:** Teor de lipídeos das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

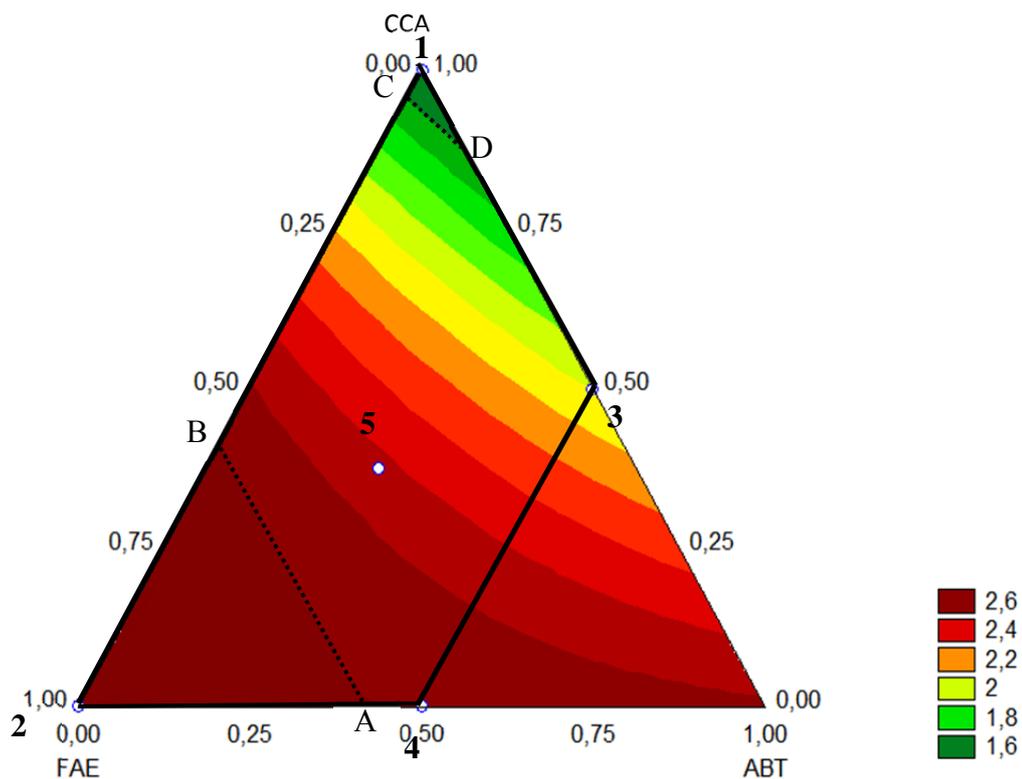
Takemoto e colaboradores (2001) em seus estudos da composição química da semente e do óleo de baru nativo do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás, observaram um elevado grau de insaturação no óleo de baru obtido, atribuído à predominância dos ácidos oléico (50,4%) e linoléico (28,9%), este último considerado essencial. Os lipídios desempenham um papel importante na qualidade dos alimentos, pois contribuem com atributos como textura, sabor, nutrição e densidade calórica, por estes motivos, sua manipulação tem tido ênfase especial na pesquisa e desenvolvimento de alimentos (DAMODARA; PARKIN; FENNEMA, 2010). Os lipídios estão entre as principais fontes de energia utilizadas pelo homem, fornecendo mais calorias do que os carboidratos e proteínas (BOBBIO; BOBBIO, 2003). Os ácidos graxos insaturados presentes nas amêndoas de baru, e conseqüentemente na rapadura, contribuem para efeitos benéficos para o organismo, além de contribuir no balanceamento das calorias fornecidas pela rapadura.

O maior teor de fibra alimentar total foi obtido nas maiores concentrações de ABT e FAE e menor de CCA. O tratamento 2V, de acordo com a Tabela 1.4, foi o que apresentou maior teor de fibra alimentar total e foi o tratamento com 25% de adição de

sólidos (FAE e ABT), que são os constituintes da mistura que possuem os maiores teores destes componente [12,69 e 16,37 g(100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente].

Com a utilização do modelo ajustado para o componente químico fibra alimentar total, obteve-se o gráfico de curvas de nível (Figura 1.4), onde os vértices de cada extremidade da área demarcada do gráfico representam os valores máximos de pseudocomponentes de cada componente da mistura utilizada na formulação das rapaduras experimentais.

A maior quantidade de fibras totais (2,6%) foi encontrada na região escura do gráfico (Figura 4), delimitada pela área pontilhada, pontos A, B e 2 com formulações de FAE:ABT:CCA entre 18:9:75, 15,9:5:79,1, 20:5:75, respectivamente, com quantidade de FAE variando entre 15 e 20%, que é um constituinte com valores elevados de fibra alimentar total e menores quantidades de CCA (75 e 79,1%), constituinte da mistura que não possui fibra alimentar total .



**Figura 1.4:** Teor de fibra alimentar total das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

A área verde do gráfico, compreendida entre os pontos C, D e 1, é a região com menor teor de fibra alimentar total (menor que 1,6%), com formulações de FAE:ABT:CCA entre 10,4:5:84,6, 10:5,9:84,1, 10:5:85 (pontos C, D e 1, respectivamente), área com maiores teor de CCA (84,1 a 85%) menores de FAE (10 a 10,4%) e menores ABT (5 a 5,9%). Como a rapadura padrão não apresenta valores significativos de fibra alimentar total, essa quantidade apresentada, é proveniente da mistura com FAE e ABT [12,69 e 16,37 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente], visto que nas formulações estes dois aparecem, em quantidades menores.

Fibra alimentar é considerada como um alimento funcional útil, isto é, um alimento com benefícios para a saúde, em muitas situações: seus benefícios para a manutenção da saúde e prevenção de doenças têm sido claramente demonstrado, e está posicionada como um componente principal em terapia de nutrição médica. O consumo de alguns tipos de fibra alimentar viscosa (principalmente fibras solúveis) reduz os níveis de colesterol no sangue e ajuda a normalizar os níveis de glicose e de insulina, podendo ser utilizadas para tratar ou prevenir a doença cardiovascular e diabetes do tipo 2, enquanto que as fibras que são incompletamente ou lentamente fermentadas no intestino grosso promovem o efeito laxante normal e são componentes integrantes de dietas usadas no tratamento de distúrbios intestinais, tais como prisão de ventre, ou na prevenção do desenvolvimento da diverticulose e diverticulite (MARLETT; MCBURNEY; SLAVIN, 2002). São considerados alimentos sólidos fonte de fibra alimentar, os que possuem no mínimo 3 g de fibras/100 g de sólidos (BRASIL, 1998 a). Nas formulações de rapadura a formulação 2V apresentou o maior teor de fibras [2,67 g (100 g)<sup>-1</sup>], 89% do valor considerado como fonte pela legislação e mesmo não alcançando o valor considerado, houve um importante incremento de até 2,67 vezes deste constituinte em comparação com a rapadura padrão, que não o apresentava. Esse incremento pode suprir 2,68% da necessidade diária de uma criança que consuma 25g desta rapadura formulada por dia.

### 5.1.3.3 Coordenadas de cor das formulações de rapaduras

A aparência é a primeira impressão que o consumidor tem do produto. A cor, como um aspecto de aparência, deve estar dentro de uma faixa esperada para a aceitação do alimento e o grau de aceitação é julgado dentro desta faixa. Se a cor é inaceitável, os

outros dois maiores fatores de qualidade, sabor e textura, não são julgados apropriadamente (FRANCIS, 1995). A cor em alimentos é influenciada pelas matérias-primas utilizadas, processos utilizados durante sua fabricação e, muitas vezes, pelas condições de armazenamento.

A luminosidade ( $L^*$ ) está relacionada com a quantidade de luz que é refletida pela amostra, sendo que quanto mais a luz é refletida, maior será o valor de  $L^*$  e vice-versa. Valor zero para o parâmetro de cor  $L^*$  indica cor totalmente preta e valor cem, cor totalmente branca (TEBA, 2009; MENEGASSI et al., 2007).

O parâmetro instrumental de cor luminosidade ( $L^*$ ), das rapaduras formuladas, está apresentado na Tabela 1.6.

**Tabela 1.6:** Valores médios instrumentais de cor, seguidos dos desvios-padrão para o parâmetro  $L^*$  das formulações de rapaduras enriquecidas com FAE e ABT.

Formulação	Concentrações reais			Pseudocomponentes			Coordenada de cor
	FAE	ABT	CCA	(x1)	(x2)	(x3)	$L^*$
1V	10,00	5,00	85,00	0	0	1	48,33±0,37
2V	20,00	5,00	75,00	1	0	0	41,25±0,61
3V	10,00	10,00	80,00	0	0,5	0,5	53,96±1,29
4V	15,00	10,00	75,00	0,5	0,5	0	63,47±0,65
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	53,22±1,51
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	59,79±0,55
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	55,79±1,71

A partir dos dados obtidos na análise instrumental de cor das rapaduras formuladas foram obtidos modelos matemáticos polinomiais que expressam a relação entre os pseudocomponentes e o parâmetro de cor  $L^*$ . O modelo polinomial ajustado, nível de significância ( $p$ ), falta de ajuste (FA) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para  $L^*$  das rapaduras formuladas, estão apresentados na Tabela 1.7.

**Tabela 1.7:** Modelos de regressão múltipla, nível de significância ( $p$ ), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para luminosidade ( $L^*$ ) em função dos níveis codificados de farelo de arroz extrusado (FAE), amêndoa de baru torrada (ABT) e caldo de cana-de-açúcar (CCA).

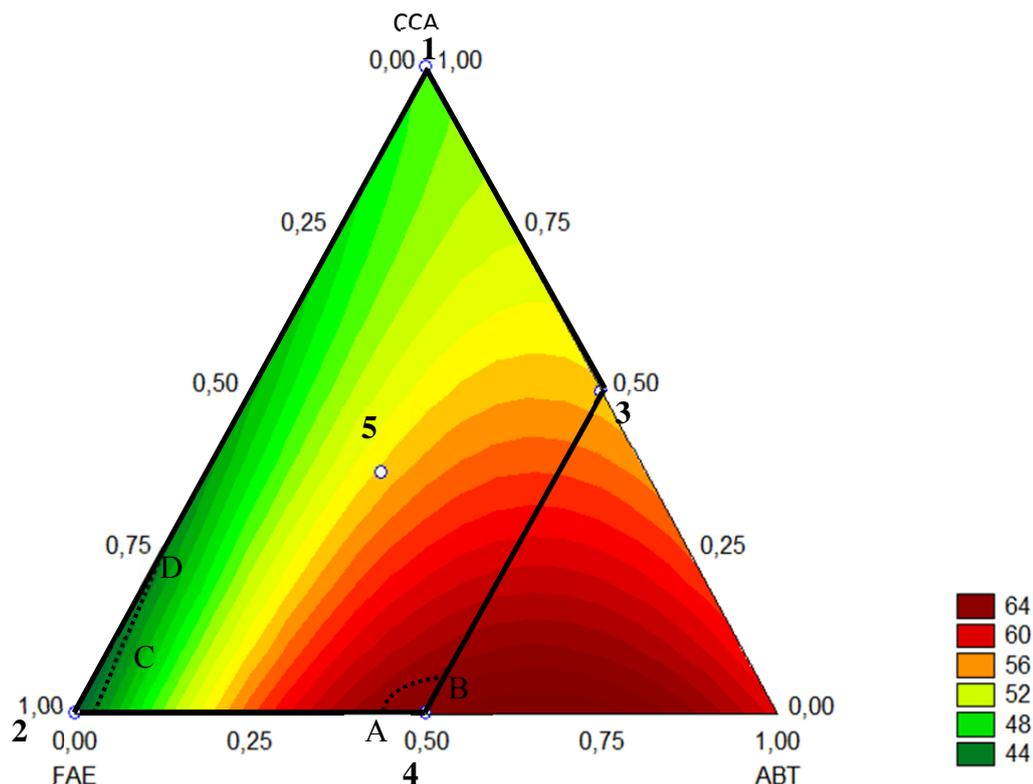
Componentes	Modelo*	p	FA	$R^2$
$L^*$	$L^* = 41,82 \text{ FAE} + 59,40 \text{ ABT} + 49,28 \text{ CCA} - 56,01 \text{ FAE} \cdot \text{ABT}$	0,010	0,23	0,966

O modelo analisado foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) para o parâmetro  $L^*$ , com coeficiente de determinação explicando 96,6% da resposta. Os efeitos da quantidade de FAE, ABT e CCA para  $L^*$  foram significativos ( $p \leq 0,05$ ). Foram obtidos gráficos de curva de nível a partir do modelo ajustado para  $L^*$ , apresentado na Figura 1.5. Os vértices de cada extremidade da área demarcada do gráfico representam valores máximos em pseudocomponentes de cada componente da mistura utilizada na formulação das rapaduras experimentais.

De acordo com a Tabela 1.6, o tratamento 4V foi o que apresentou maior luminosidade ( $L^*$ ), ou seja, foi o tratamento mais claro (63,4) e o 2V o mais escuro (41,25), ou menor luminosidade.

A tendência a maiores valores de  $L^*$  (64), está na região mais escura do gráfico (Figura 1.5) que inclui os pontos A, B e 4, formulações de FAE:ABT:CCA entre 15,6:9,4:75, 17:10:79 e 15:10:75, ou seja, FAE variando entre 15 e 17, ABT entre 9,4 e 10%, valores máximos, e mínimos de CCA, 75 a 79%. A área verde delimitada pela linha tracejada no gráfico (Figura 1.5) pontos 2, C e D, compreende a tendência aos menores valores de  $L^*$ (41) e inclui as formulações 20:5:75, 18,2:5:76,8 e 18:6:84, respectivamente, área com os menores valores de ABT (5 a 6%) e maiores de FAE (18 a 20%).

O aquecimento da sacarose e de açúcares redutores, que estão presentes no caldo de cana-de-açúcar, em ausência de compostos nitrogenados, promove um complexo grupo de reações envolvidas na caramelização. Sendo a reação facilitada por pequenas quantidades de alguns ácidos e alguns sais. No produto final, caramelo, encontram-se compostos de aroma e sabor. O aquecimento causa desidratação da molécula de açúcar com a introdução de ligações duplas ou formação de anéis insaturados (DAMODARAM, PARKIN, FENNEMA, 2010). As duplas ligações absorvem luz e provocam o aparecimento da cor, enquanto os anéis se condensam uns com outros para produzir polímeros com cor e aroma (PEREDA et al., 2007). No processo para a obtenção da rapadura acontece a caramelização, que confere a cor escura, o aroma e o sabor característicos deste produto.



**Figura 1.5:** Luminosidade das rapaduras experimentais em função das proporções de farelo de arroz extrusado, amêndoa de baru torrada e caldo de cana-de-açúcar. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

A cor da rapadura está ligada, intimamente ao tempo de batida da mesma, etapa do processamento em que há a incorporação de ar, tornando-a mais clara, quanto maior for o tempo da batida. Como as rapaduras foram obtidas de forma artesanal, o tempo de batida não foi padronizado, pois de acordo com a quantidade de sólidos acrescentados (mistura de FAE e ABT) pré-estabelecido pelo delineamento de mistura, o tempo era maior, para menores quantidades de sólido, ou menor, para misturas com maior quantidade de sólidos adicionados, por isso a diferença nos valores de  $L^*$ , que está relacionado ao claro e escuro. Outro fator que deve estar relacionado a variação de  $L^*$  é a presença ou não da mistura adicionada na superfície da rapadura, visto que o FAE e a ABT destoavam em cor do restante da massa, então, dependendo da posição do colorímetro na amostra, ele poderia detectar um tom mais claro ou mais escuro, referente a presença ou ausência do FAE e da ABT, não sendo uma medição homogênea entre uma amostra e outra da mesma formulação e entre as formulações.

#### 5.1.3.4 Textura das formulações de rapaduras experimentais

Cientificamente, a textura é um conceito puramente sensorial, cuja percepção pode se distinguir entre características: mecânicas, geométricas, de composição química, acústicas, visuais e térmicas (FISZMAN, 1998).

Nos alimentos em geral, a textura é um dos atributos mais importantes entre aqueles que afetam a preferência e a aceitação por parte dos consumidores. Para cada alimento, existe uma série de fatores básicos de qualidade e uma série de características de textura que são apreciados pela maior parte dos consumidores (RODRIGUES, 1999).

Utilizando-se os dados obtidos na análise instrumental de textura, foram obtidas as médias, seguidas do desvio padrão, do parâmetro força máxima de compressão (FMC) para cada tratamento utilizado na formulação da rapadura (Tabela 1.8).

**Tabela 1.8:** Valores médios, seguidos dos desvios-padrão de força máxima de compressão (FMC) das formulações de rapaduras enriquecidas com FAE e ABT.

Formulação	Concentrações reais			Pseudocomponentes			FMC <sup>1</sup>
	FAE	ABT	CCA	(x1)	(x2)	(x3)	
1V	10,00	5,00	85,00	0	0	1	26,10±2,62
2V	20,00	5,00	75,00	1	0	0	24,45±3,70
3V	10,00	10,00	80,00	0	0,5	0,5	26,15±4,91
4V	15,00	10,00	75,00	0,5	0,5	0	20,35±2,23
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	22,53±2,06
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	31,06±2,50
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	21,09±1,68

<sup>1</sup> Força em Newtons (N)

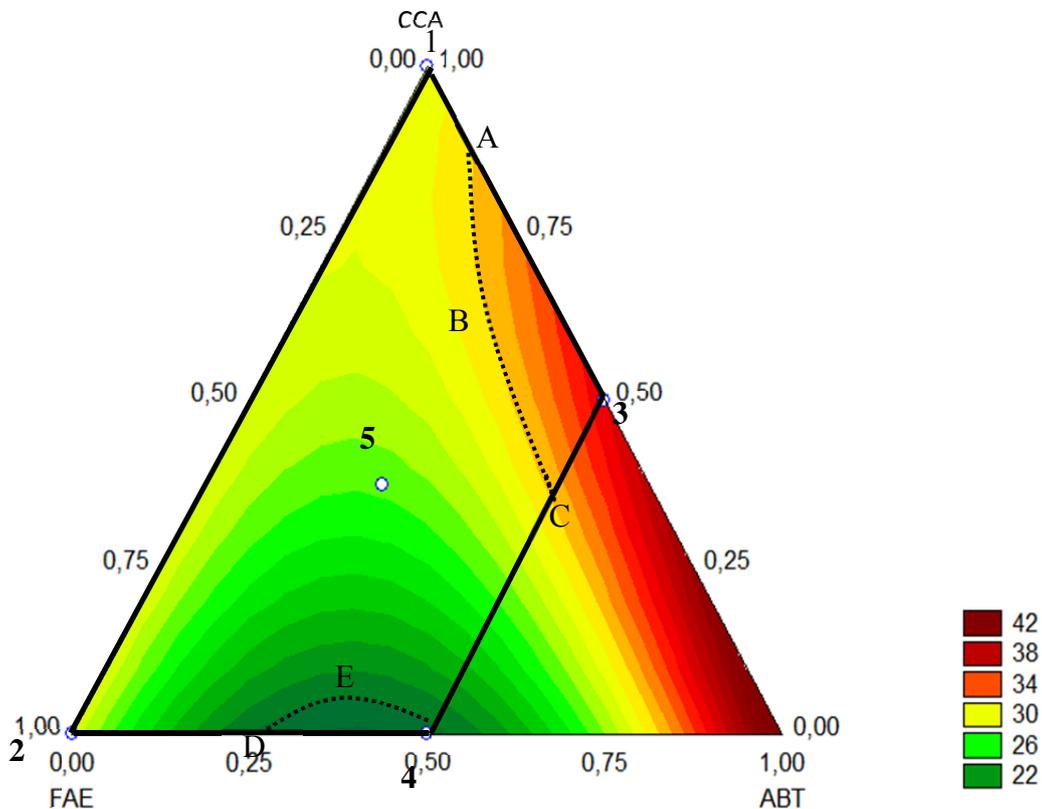
Partindo dos dados instrumentais de textura obtidos e da análise de variância, foram elaborados modelos matemáticos de regressão ajustados, o nível de significância (p), a falta de ajuste (FA), e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para a FMC das rapaduras formuladas (Tabela 9). O modelo analisado para FMC foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) e os efeitos da quantidade de FAE, ABT e CCA para FMC também foram significativos ( $p \leq 0,05$ ). O coeficiente de determinação explicou 94,7% das respostas.

**Tabela 1.9:** Modelos de regressão múltipla, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para força máxima de compressão (FMC) em função dos níveis codificados de farelo de arroz extrusado (FAE), amêndoa de baru torrada (ABT) e caldo de cana-de-açúcar (CCA).

Componentes	Modelo*	p	FA	$R^2$
FMC	$FMC = 28,70FAE + 42,62ABT + 29,22CCA - 64,85FAE.ABT$	0,020	0,24	0,947

De acordo com a Tabela 1.8 a FMC variou de 31,06 N a 20,35 N, sendo a rapadura formulada 5C1 a que requereu maior força de compressão e a 4V a que requereu a menor força.

Utilizando-se o modelo ajustado para a FMC, obteve-se o gráfico de curvas de nível (Figura 1.6), onde os vértices de cada extremidade da área demarcada deste gráfico representam valores máximos em pseudocomponentes de cada componente da mistura utilizada nas formulações das rapaduras. A propriedade mecânica dureza pode ser definida como força máxima na primeira mordida de um produto. É a força necessária para comprimir um alimento entre os dentes molares de um provador, capaz de provocar a quebra da amostra (BOURNE, 2004).



**Figura 1.6:** Força máxima de compressão (FMC) das rapaduras experimentais em função das proporções de farelo de arroz extrusado, amêndoa de baru torrada e caldo de

cana-deaçúcar. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

A dureza é um parâmetro de textura que, fisicamente, representa a força necessária para produzir uma deformação, enquanto que, sensorialmente, representa a força requerida para a compressão de uma substância entre os dentes (MEILGARD; CIVILLE; CARR et al., 1999).

A resistência á ruptura refere-se à tensão crítica de início de fratura e se relaciona com as forças necessárias para provocar a ruptura no tecido, considerando que a energia de fratura é mais uma função da dureza total e a energia necessária para a fratura do material (BROOKFIELD et. al, 2011).

Na área amarela do gráfico (Figura 1.6) compreendida entre a linha tracejada que inclui os pontos A, B, C e o ponto experimental 3, que incluem as formulações de FAE:ABT:CCA entre 10:6,4:83,6, 13,4:5:81,7, 15:6:79 e 10:10:80 respectivamente, observamos uma maior tendência a valores máximos de FMC (31,6 N), com valores de FAE variando entre 10 e 15%, ABT entre 5 e 10% e CCA entre 80 e 83,6% . Já os menores valores de FMC (22 N) estão compreendidos na área verde do gráfico (Figura 1.6), área tracejada que inclui os pontos D, E e 4, formulações de FAE:ABT:CCA entre 17,1:7,9:75, 17:9:81 e 15:10:75, respectivamente, ou seja, valores de FAE variando entre 15 e 17,1%, valores intermediários, ABT entre 7,9 e 10% e CCA entre 75 e 81%.

Durante os testes realizados para a FMC das rapaduras formuladas, foi possível observar que quando o probe atingia uma amêndoa a tendência era requerer uma maior força para a compressão, porém quando atingia uma área com maior quantidade de FAE a sua compressão e ruptura se dava com menor requerimento de força, pois a “massa” de rapadura não estava tão coesa nestas regiões, como se houvessem espaços vazios entre o caldo concentrado, já resfriado e duro, e o FAE, possibilitando, com maior facilidade, a ruptura da amostra. Observou-se também que quanto maior a quantidade de CCA e menor de sólidos (FAE e ABT) maior era a tendência da FMC, pois formava-se uma estrutura mais coesa.

Uma vez que é alcançado o ponto de rapadura, o caldo de cana-de-açúcar concentrado é retirado da fornalha, é previamente resfriado, e posteriormente é levado ao processo de batida da massa da rapadura, com o propósito de mudar a textura e estruturas, fazer perder sua capacidade de aderência ao incorporar ar e adquirir a textura para moldagem, onde agita-se manualmente e intermitentemente o caldo de cana-de-

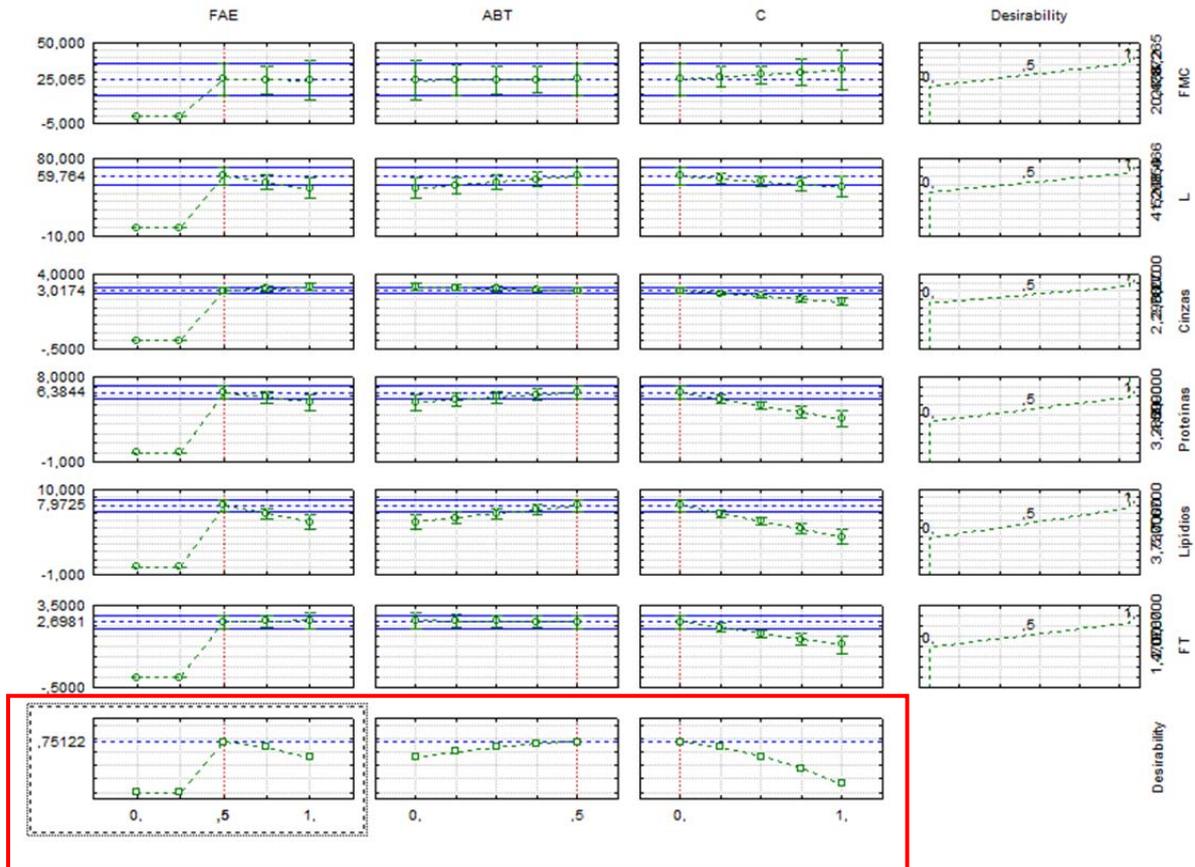
açúcar concentrado, os cristais de sacarose crescem, adquirem porosidade e a rapadura quando se esfria adquire sua característica de sólido compacto (COLOMBIA, 2002; CADAVID, 2007). Esta característica adquirida após o arrefecimento da rapadura é a que a identifica, ou seja um sólido compacto.

#### 5.1.3.5 Teste de desejabilidade

Após a realização das análises das características químicas e físicas das rapaduras realizou-se o teste de desejabilidade, onde a amostra desejável é aquela com valores máximos de FMC, pois a característica marcante da rapadura é em relação a sua textura dura,  $L^*$  apresentando uma coloração mais clara e em relação às características químicas (cinzas, proteínas, lipídios e fibra alimentar total) estes maiores valores seria um alimento mais nutritivo, contemplando uma gama maior de nutrientes.

Na determinação da formulação mais desejada atribuiu-se notas de desejabilidade, para cada parâmetro, 0 (zero) para os valores menos desejáveis e 1 (um) para os mais desejáveis. O parâmetro dureza recebeu nota zero para o valor 20,35N e um para o valor 31,06N, este mesmo sistema foi aplicado para os demais parâmetros analisados. Para a luminosidade ( $L^*$ ) atribuiu-se a nota zero ao valor 41,25 e nota um para o valor 63,47. Para o parâmetro químico cinzas o valor 2,26 recebeu nota zero e o valor 3,27 recebeu nota um. Para o parâmetro proteínas a nota zero foi atribuída ao valor 3,28 e nota um para o valor 5,90. No parâmetro lipídios o valor 3,87 recebeu nota zero e o valor 7,67 recebeu nota um. Para fibra alimentar total, o valor 1,47 recebeu nota zero, e o valor 2,67 recebeu nota um.

O resultado do teste de desejabilidade para a obtenção da rapadura formulada com maior força máxima de compressão (FMC), luminosidade (L), cinzas, proteínas, lipídios e fibra alimentar total (FT) pode ser observado no quadro assinalado em vermelho (Figura 1.7), indicando como parâmetros codificados, em pseudo-componentes, de quantidade de FAE, ABT e CCA 0,5, 0,5, 0 (tratamento 4V) , respectivamente, correspondendo a 15% de FAE, 10% de ABT e 75% de CCA. Este tratamento é um dos que possui a menor quantidade de caldo de cana-de-açúcar e a maior quantidade de ABT, de onde são provenientes a maioria dos nutrientes.



**Figura 1.7:** Teste de desejabilidade utilizando parâmetros FMC,  $L^*$ , cinzas, proteínas, lipídios e FT.

### 5.1.3.6 Análise Sensorial

Na análise sensorial realizada da rapadura enriquecida, formulação 4 V, foram avaliados os atributos sabor, odor, textura e aparência, indicando o quanto o provador gostou ou desgostou do produto analisado, além da intenção de compra.

A análise sensorial foi realizada com 50 provadores, sendo 68% do sexo feminino e 32% do sexo masculino. Os provadores apresentaram faixa etária entre 18 a 38 anos, sendo 42% da faixa etária entre 18 a 23 anos, 30% de 24 a 29 anos e 28% de 29 a 38 anos.

A amostra avaliada recebeu escore médio para o atributo sabor de 7,68, para odor de 7,56, para textura de 7,66 e para aparência de 7,74, correspondente à classificação entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”, estando, portanto, acima do índice de aceitação determinado por Dutcosky (2011), que considera o valor mínimo dos resultados aceito de 7,0.

Em relação à intenção de compra 58% afirmaram que certamente comprariam a rapadura formulada, 24% provavelmente comprariam, 16% talvez comprassem, 2% possivelmente não comprariam e nenhum provador respondeu que certamente não compraria. O que mostra a grande aceitabilidade do produto entre os provadores, podendo ser uma ótima opção no mercado, pois além de ter agradado sensorialmente, teria as características nutricionais melhores em relação à rapadura padrão.

#### **5.1.4 Conclusões**

As matérias-primas utilizadas neste estudo, que apresentaram-se quimicamente diferentes entre si, contribuíram de maneiras diferentes para o balanceamento nutricional das rapaduras formuladas.

Cada rapadura formulada, de acordo com o delineamento experimental, apresentou características químicas e físicas distintas, demonstrando a influência de cada matéria-prima utilizada na mistura de acordo com as quantidades adicionadas.

Pode-se concluir que a inserção de farelo de arroz extrusado e amêndoa de baru torrada e triturada, em formulações de rapadura, possibilitaram um importante incremento de nutrientes em relação à rapadura padrão, compondo um alimento mais balanceado, contemplando todos os macronutrientes necessários para o bom funcionamento do organismo.

Observou-se que a luminosidade da rapadura está intimamente ligada ao tempo de batida a que é exposta, mas que a quantidade e a posição da mistura de farelo de arroz extrusado e amêndoa de baru torrada também interferem neste parâmetro.

A textura da rapadura foi influenciada pela mistura adicionada, variando com as proporções inseridas.

A rapadura formulada mais desejável foi avaliada satisfatoriamente em relação à aceitação sensorial, demonstrando ser um alimento com boa aceitação, além de possuir grande valor nutricional, principalmente se comparada à rapadura padrão.

#### **5.1.5 Agradecimentos**

À CAPES e FAPEG pela bolsa de estudo e pelo apoio financeiro e pela parceria com a UEL.

### 5.1.6 Referências

A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. Food composition, additives, natural contaminants. 16. ed. v. 2. Gaithersburg: AOAC, 1997.

ARAÚJO, E. S.; SOUZA, S. R.; MANILO, S. F. Características morfológicas e moleculares e acúmulo de proteína em grãos de variedades de arroz do Maranhão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1281-88, 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução CNNPA nº 12, de 24 de julho de 1978. Dispõe sobre as normas técnicas especiais relativas a alimentos (e bebidas). Brasília, DF: ANVISA, 1978.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 27**, de 13 de janeiro de 1998. Dispõe sobre a informação nutricional complementar. Brasília, DF: ANVISA, 1998.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360**, de 23 de dezembro de 2003. Aprova regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Brasília, DF: ANVISA, 2003.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 269**, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre a ingestão diária recomendada. Brasília, DF: ANVISA, 2005.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 263**, de 22 de setembro de 2005. Aprova regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Brasília, DF: ANVISA, 2005.

BORTOLATO, D. S.; et al. **Principais características físico-químicas de farinhas de arroz**. In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 18, 2003, Itajaí.

BORBA, A. M., SARMENTO, S. B. S., LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p.835-843, 2005.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Cornell University, 2004. 325p.

BROOKFIELD, P. L., et al. Sensory evaluation by small postharvest teams and the relationship with instrumental measurements of apple texture. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v. 59, p. 179–186, 2011.

CADAVID, G. O. **Manual: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM-en la Producción de Caña y Panela**, Antioquia: CTP print, 2007. 200 p.

CARVALHO, J. L. V.; BASSINELLO, P. Z. Aproveitamento industrial. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R.A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. Ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. Cap. 24. p. 1007-1047.

CENTEC – INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO. **Produtor de rapadura**. 2. ed. rev. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2004. 40 p. (Cadernos Tecnológicos, Ministério da Ciência e Tecnologia).

CHEN, M.H.; BERGMAN, C.J. Influence of kernel maturity, milling degree, and milling quality on rice bran phytochemical concentrations. **Cereal Chemistry**, Washington, v.82, n.4, p. 4-8, 2005.

COLOMBIA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Programa nacional de transferencia de tecnología agropecuaria pronatta, proyecto de desarrollo tecnológico: Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera, municipio de Mocoa, Guía para la elaboración de panela Mocoa, 2002.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira** –grãos. Safra 2011/2012, Sétimo Levantamento, Abril/2012. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>> Acesso: 30 abr. 2012.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENEMMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre, ARTMED, 2010.900p.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 3 ed. Coleção exatas, 4. Curitiba: Champagnat, 2011.426p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA. **Composição nutricional do arroz**. Santo Antônio de Goiás, 2006. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/parperfeito/arroz/composicao.htm>>. Acesso em: 6 maio 2010.

FAVA, A. R. Atletas ingerem garapa para repor energia. **Jornal da Unicamp**. Campinas, v.18, n. 8, p. 250, 2004.

FISZMAN, S. **Bases teóricas de la determinación de la textura de alimentos sólidos**. Curso de Textura Aplicada a Pães, Biscoitos e Massas Alimentícias. Campinas: ITAL, 1998. 11 p.

FRANCIS, F. J. Quality as influenced by color. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 6, p. 149-155, 1995.

GLUSHENKOVA, A. I. et al. Lipids of Rice bran. **Chemistry of Natural Compounds**, New York, v.34, n.3, p. 275-277,1998.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estudo nacional da despesa familiar**: Tabela de composição de alimentos. 5ed. Rio de Janeiro: Varela, 1999. 137p.

- LACERDA, D. B. C. L. et al. Qualidade de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 59, n. 2, p. 199-205, 2009.
- MACEDO, J.D.B., Rapadura: uma arte que atravessa os tempos. Fonte de renda para a agricultura familiar de Senhor do Bonfim, Bahia. **Bahia Agrícola**, Salvador, v.8, n.2, p.35-38, 2008.
- MADRID, A.; CENZANO, I.; VICENTE, J. M. **Manual das indústrias de alimentos**. São Paulo: Varela,1995. 599p.
- MARLETT, J.A.; MCBURNEY, M.I.; SLAVIN, J.L. American Dietetic Association Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. **Journal of American Dietetic Association**, Colorado, v. 102, n. 7, p. 993-1000, 2002.
- MEILGARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. New York: Boca Raton, 3 ed., 1999. 387p.
- MENEGASSI, B. et al. Efeitos de parâmetros de extrusão na cor e propriedades de pasta de farinha de mandioca-salsa (*Arrocacia xanthorrhiza*). **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1780-1792, 2007.
- MOTTA, C. **Projeto vagafogo de educação continuada**. Brasília: FUNATURA, 1999.
- NASCIMENTO, M. R. M, **Dossiê técnico** processamento da rapadura. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (CDT/ UnB). Brasília, DF: 2007. Disponível em: <<http://www.canabrasil.com.br/component/>>. Acesso em: 5 maio 2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recommend dietary allowamces**. 10 ed. Washington, D. C.: National Academic Press, 1989.284 p.
- PARRADO, J.; MIRAMONTES, E.; JOVER, M.; GUTIERREZ, J. F.; TERÁN, L. C.; BAUTISTA, J. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potencial use as functional food. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 4, p. 742-748, 2006.
- PEREDA, J. A. O. et al. **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2007. 294 p.
- RODRIGUES, A. C. C. **Influência dos aditivos na obtenção de mamão desidratado osmoticamente**. Campinas, 1999. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- SAKAI, R.H. Rapadura. **Agência de informação Embrapa cana-de-açúcar**. Brasília – DF, 2007. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/>>. Acesso em: 5 maio 2010.
- SAUNDERS, R. M. Stabilized Rice bran: a new world food resource. **Newsletter/International Rice Commission**, Roma, v. 39, n. 1, p. 179-183,1990.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **O novo ciclo da cana: estudo sobre a competitividade do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar e prospecção de novos empreendimentos.** Brasília, DF: IEL, 2005. 337p.

SILVA, E. M. M. **Produção de macarrão pré-cozido à base de farinha mista de arroz integral e milho para celíacos utilizando o processo de extrusão.** 2007. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Instituto de Tecnologia, Universidade Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

STASOFT. **STATISTICA 7.0 for Windows** – Computar program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2007. CD Room.

SOUSA, A.G. O., et al. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut . **Food Research International** 2011.

TAKEMOTO, E. *et al.* Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo v. 60, n 2, p.113-117, 2001.

TEBA, C. S. **Elaboração de massas alimentícias pré-cozidas à base de farinha mista de arroz polido e feijão preto sem casca pelo processo de extrusão termoplástica.** Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de Alimentos). 2009. 199p. Instituto de Tecnologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental/BRASILFOODS (1998). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-USP.** Versão 5.0. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela>>. Acesso em: 17 abr.2010.

VELÁSQUEZ-MELÉNDEZ, G. et al. Consumo alimentar de vitaminas e minerais em adultos residentes em área metropolitana de São Paulo, Brasil. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 157-62, 1997.

VERA, R. et al. Características químicas de amêndoas de barueiros (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no cerrado do Estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 112-118, 2009.

VERA, R.; SOUZA, E. R. B. Baru. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, 2009.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. D. Arroz: composição e características nutricionais, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WHO - World Health Organization. Report of a Joint WHO/ FAO/UNU **Expert Consultation. Protein and amino acid requirements in human nutrition.** Geneva: WHO; 2007. WHO Technical Report Series, n. 935.

## 5.2 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE RAPADURAS ENRIQUECIDAS COM FARELO DE ARROZ EXTRUSADO E AMENDOIM TORRADO<sup>1</sup>

### **Resumo**

Rapaduras enriquecidas com farelo de arroz extrusado e amendoim torrado foram desenvolvidas, utilizando-se delineamento de misturas, suas características físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais foram determinadas e comparadas à rapadura padrão, composta apenas de caldo de cana-de-açúcar concentrado. Sendo a rapadura padrão considerada um alimento desbalanceado, principalmente pelo fato de seu valor energético total ser, basicamente, proveniente dos carboidratos e pelo baixo teor de proteínas e lipídios, verificou-se a possibilidade de incrementar a composição da rapadura pura, conferindo os demais nutrientes, como lipídios e fibras, além de aumentar significativamente o teor de proteínas, tornando a rapadura um alimento menos desbalanceado, adicionando-se diferentes quantidades de farelo de arroz extrusado e amendoim torrado, que possuem lipídios com boa qualidade nutricional e teores consideráveis de proteínas e fibra alimentar. Com a inserção da mistura de farelo de arroz extrusado e amendoim torrado e triturado nas rapaduras formuladas, observou-se uma tendência ao maior teor de cinzas quanto maior a quantidade de farelo de arroz extrusado e menor de caldo de cana-de-açúcar concentrado. Em relação às proteínas o maior teor foi verificado quanto maior a quantidade de amendoim torrado e farelo de arroz extrusado e menor de caldo de cana-de-açúcar concentrado. Os maiores teores de lipídios foram observados nas maiores concentrações de amendoim torrado e farelo de arroz extrusado e menor de caldo de cana-de-açúcar concentrado, assim como para o teor de fibras. A luminosidade foi maior nas rapaduras formuladas com maiores quantidades de farelo de arroz extrusado e menores de amendoim torrado e caldo de cana-de-açúcar concentrado, já os menores valores obtidos para luminosidade foram obtidos nas formulações com maiores quantidades de caldo de cana-de-açúcar concentrado. Com relação à textura, as maiores força máxima de compressão foram verificadas quanto menor a quantidade de amendoim torrado e caldo de cana-de-açúcar concentrado e maiores de farelo de arroz extrusado e as menores forças nas formulações com menor quantidade de farelo de arroz extrusado, médios de amendoim torrado e maiores de caldo de cana-de-açúcar concentrado. Pode-se concluir que a inserção de

farelo de arroz extrusado e amendoim torrado, proporcionou um melhor balanço nutricional na rapadura padrão constituída apenas de caldo de cana-de-açúcar concentrado, contemplando-a com lipídios e fibras, além de ter aumentado o conteúdo de proteínas e cinzas, portanto, diminuindo o teor de carboidratos e acrescentando os demais nutrientes.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L., subproduto, *Arachis hypogaea* L., textura, composição centesimal.

<sup>1</sup>Artigo a ser publicado

### 5.2.1 Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma planta que apresenta elevada importância econômica. Seu produto (caldo) e subproduto (bagaço) são utilizados como matéria-prima para produção de cachaça, rapadura, açúcar, etanol, energia elétrica, ração animal e adubo (MACEDO, 2008).

A rapadura é consumida em mais de 30 países, sendo que a Índia é a responsável por 67% de toda a produção mundial, e a Colômbia, a maior consumidor mundial, com cerca de 32 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. O Brasil é o sétimo produtor mundial de rapadura, com 80 mil toneladas por ano e consumo de 1,4 quilos, por habitantes, por ano (SAKAI, 2007). No Brasil, destacam-se na produção da rapadura os estados do Ceará, de Pernambuco e da Paraíba e os estados do Piauí, de Alagoas e da Bahia possuem produção significativa (NASCIMENTO, 2007).

A rapadura é um doce proveniente da concentração do caldo da cana-de-açúcar, atingindo seu ponto final em torno de 92 °Brix. É um produto integral, sem refino, com sabor e odor agradável e característico e com elevado valor nutricional, sendo sua composição rica em vitaminas A, B, C, D e E, sais minerais como ferro, cálcio, fósforo, potássio e magnésio e alto valor energético (CENTEC, 2004; SEBRAE, 2005). A rapadura contém, em média, 14% de açúcares redutores (glicose e frutose), que são mais assimiláveis pelo organismo humano do que a sacarose (SEBRAE, 2005).

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma leguminosa de origem sul-americana. Rico em óleo, proteínas e vitaminas, era uma importante fonte de energia e aminoácidos utilizada intensamente na alimentação dos indígenas antes da colonização. No século XVIII foi introduzido na Europa, no XIX difundiu-se do Brasil para a África e do Peru para as Filipinas, China, Japão e Índia. Nos dias atuais o amendoim é um produto conhecido e apreciado em praticamente todos os países pelo seu incomparável sabor e versatilidade de uso em pratos salgados, doces e indústria (SUASSUNA, SANTOS, GONDIM, 2006).

O Brasil é o principal produtor de arroz da América Latina, com aproximadamente 11,7 mil toneladas produzidas na safra de 2009/2010 (CONAB, 2012). O farelo de arroz, um dos subprodutos resultantes do beneficiamento do arroz obtido a partir do seu polimento, representa de 8% a 11% do peso total do grão, sendo fonte de vários nutrientes (PARRADO et al., 2006).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Resolução RDC N° 263, de 22 de setembro de 2005), farelos: são os produtos resultantes do processamento de grãos de cereais e ou leguminosas, constituídos principalmente de casca e ou gérmen, podendo conter partes do endosperma (BRASIL, 2005). O farelo de arroz é obtido durante o beneficiamento do arroz, que consiste na retirada da casca do grão para torná-lo apto ao consumo. É um produto rico em fibras, nutrientes minerais e vitaminas, sendo um alimento muito barato e abundante no Brasil (EMBRAPA, 2006).

O farelo de arroz possui enzimas que hidrolisam o óleo aumentando o conteúdo de ácidos graxos livres, mono e diacilglicerídeos que promovem a formação de odor e sabor de ranço (GLUSHENKOVA et al., 1998). Nos EUA a extrusão termoplástica, com temperaturas de 125-135 °C por um a três segundos e umidade do produto entre 11-15% é utilizada como método tradicional para a estabilização do farelo de arroz (SAUNDERS, 1990).

A extrusão tem como princípio básico a conversão de um material sólido em massa fluída pela combinação de umidade, calor, compressão e tensão de cisalhamento, e forçar sua passagem através de uma matriz para formar um produto com características físicas e geométricas pré-determinadas (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005).

Tendo em vista o incremento nutricional proporcionado pelo acréscimo da mistura de farelo de arroz extrusado e amendoim torrado, em diferentes proporções, este estudo teve como objetivo desenvolver formulações de rapadura enriquecidas com farelo de arroz extrusado e amendoim torrado e avaliar suas características físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais, visando sua utilização na merenda escolar.

### **5.2.2 Material e Métodos**

Para a produção da rapadura enriquecida com farelo de arroz extrusado (FAE) e amendoim torrado (AT) foram utilizados, farelo de arroz doado pela empresa Cristal Alimentos Ltda., localizada em Aparecida de Goiânia, GO, o amendoim adquirido no comércio varejista de Goiânia, GO e o caldo de cana-de-açúcar, variedade RB safra 2011, doado pela Fazenda Santa Rita, localizada no município de Vianópolis – GO.

#### 5.2.2.1 Extrusão do farelo de arroz *in natura*

O farelo de arroz foi extrusado em extrusora termoplástica monorosca de laboratório (Inbramq, PQ30, Ribeirão Preto, Brasil).

Os parâmetros utilizados para a extrusão foram: umidade do farelo *in natura* de 8,12%, temperaturas na primeira, segunda e terceira zonas em 40 °C, 60°C e 90 °C, respectivamente, abertura da matriz circular de 4 mm de diâmetro e sub-matriz com 35 furos de 3 mm de diâmetro cada, rosca de três entradas, camisa lisa no pé e elicoidal na ponta e rotação de 423rpm. Ao final da extrusão o farelo extrusado estava com umidade de 4,92%. Após a extrusão foi realizada a análise granulométrica do farelo que posteriormente foi seco em estufa de circulação de ar (Marconi, MA 035) até atingir umidade abaixo de 2%.

#### 5.2.2.2 Torra e trituração do amendoim

O amendoim foi torrado a 140 °C por trinta minutos em estufa de circulação de ar, a casca retirada manualmente e posteriormente triturado em processador doméstico marca FAET Multipractic. Após estes processos foi realizada a análise granulométrica.

#### 5.2.2.3 Produção da rapadura

As rapaduras foram formuladas de acordo com as proporções pré-estabelecidas pelo delineamento experimental de misturas, conforme tabelas 2.1 e 2.2.

**Tabela 2.1:** Delineamento de mistura para estudo do efeito do farelo de arroz extrusado (FAE), amendoim torrado (AT) e caldo de cana-de-açúcar concentrado (CCA) nas características químicas e físicas de rapaduras experimentais. Valores em concentrações reais (g do componente por 100 g de mistura) e pseudocomponentes.

Formulação	Concentrações reais			Pseudocomponentes		
	FAE (A)	AT(B)	CCA	FAE(x1)	AT(x2)	CCA (x3)
1V	10,00	5,00	85,00	0	0	1
2V	20,00	5,00	75,00	1	0	0
3V	10,00	10,00	80,00	0	0,5	0,5
4V	15,00	10,00	75,00	0,5	0,5	0
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375

Fonte: STATSOFT (2007)  
 $X1 + X2 + X3 = 1$  ou 100%

**Tabela 2.2:** Intervalo de variação dos componentes na formulação de rapadura.

Componente	Mínimo (%)	Máximo (%)
FAE % - A	10,00	20,00
AT % - B	5,00	10,00
CCA % - C	75,00	85,00

A produção das rapaduras foi realizada na Fazenda Santa Rita, localizada no município de Vianópolis, GO, de forma artesanal, auxiliada por um produtor que é técnico do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR).

A cana-de-açúcar foi colhida, sem o uso de fogo e transportada para o engenho onde foi prensada na moenda e ocorreu a separação do caldo e do bagaço. Após avaliação refratométrica, verificou-se que o caldo possuía 17 °Brix, que em seguida foi transferido do tanque de armazenamento, onde passou por uma decantação prévia, ficando retido por pelo menos 15 minutos permitindo a separação de impurezas, para o tacho de cobre por tubulação, com ação da gravidade, passando antes por uma peneira fina, para a retirada de impurezas grosseiras. O caldo foi aquecido em tacho até a fervura e neste processo, as impurezas que emergiram foram sendo retiradas com o auxílio de uma concha. Durante o aquecimento, o caldo passou por um processo contínuo de perda de água (concentração), tornando-se mais espesso e tonalidade amarelada. O final do cozimento foi verificado quando o caldo concentrado chegou a

aproximadamente 120 °C, formando o chamado ponto de bala, que foi verificado pela colocação de uma porção em um recipiente com água fria, com formação de uma massa com consistência de bala.

Após a concentração a massa foi colocada em um recipiente de alumínio para esfriar e quando chegou à temperatura de 80 °C foi batida. Durante o batimento adicionou-se de uma só vez a mistura de FAE e AT, de acordo com as proporções pré-estabelecidas no delineamento de misturas (Tabela 1). Em seguida, o produto foi distribuído em formas de 25 g. Após o resfriamento, as rapaduras foram desenformadas, embaladas e identificadas.

#### 5.2.2.4 Caracterização química e física das rapaduras enriquecidas

As rapaduras foram caracterizadas quanto os teores de umidade (método n° 925.10), cinzas (método n° 923.03), proteína bruta (método n° 960.52), com fator de conversão do nitrogênio em proteína de 6,25, lipídios totais (método n° 920.39C), fibra alimentar total, solúvel e insolúvel (método enzimico-gravimétrico n° 985.29), todos recomendados pela AOAC (1997). O teor de carboidratos foi obtido pelo cálculo da diferença entre 100 g do alimento e a soma total dos valores encontrados para proteínas, lipídios e cinzas.

Na análise de textura das rapaduras enriquecidas foi realizado o teste de força máxima de compressão (FMC) no texturômetro TA-XT2i (Texture Analyser) e registro dos dados realizado por meio do Software XTRAD. Os parâmetros utilizados para os testes foram: velocidade do teste de 2,0 mm/s, distância de 18 mm, força de 0,98N e probe faca (HDP/BSK – Blade set with knife)

O parâmetro de cor L\* das rapaduras foram determinados em colorímetro (ColorQuest II, Hunter Lab Reston, Canadá).

As variáveis utilizadas como parâmetro de qualidade das rapaduras formuladas foram a quantidade de proteínas e fibras, força máxima de compressão e luminosidade. Sendo os maiores valores, para todos os parâmetros, considerados as variáveis ideais. Foram atribuídas a estas variáveis notas entre 0 e 1 para a menos desejada e a mais desejada, respectivamente. O cálculo da formulação das rapaduras formuladas com maior desejabilidade foi determinado por meio do programa Statistica versão 7.0 (STATSOFT, 2007).

Para a rapadura selecionada no teste de desejabilidade, foi realizada a análise sensorial, com o uso do teste afetivo de aceitabilidade e intenção de compra, a análise foi aprovada pelo CEP/UFG sob protocolo nº113/2011 com 50 provadores não treinados, na Escola SENAI vila Canaã, Goiânia - GO. As amostras foram analisadas microbiologicamente antes da análise sensorial.

Foram avaliados os atributos: aparência, textura, sabor e odor, além da intenção de compra, segundo delineamento de blocos ao acaso, utilizando escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = não gostei nem desgostei e 1 = desgostei extremamente). Os participantes da análise eram adultos, de ambos os sexos.

### **5.2.3 Resultados e Discussão**

#### **5.2.3.1 Caracterização química do FAE, AT e do CCA**

Para desenvolvimento do experimento partiu-se de farelo de arroz recém extraído, amendoim torrado e cana-de-açúcar.

Após a extrusão, a granulometria do farelo de arroz foi de 80,02% na peneira de 7 *mesh*, 8,91% retidos na base e o restante distribuído entre as peneiras de 9, 12, 16 e 32 *mesh* e, posteriormente seco. O amendoim após torrado foi triturado até a granulometria de 32,90% retidos na peneira de 7 *mesh*, 30,07% na de 9 *mesh*, 13,02% na de 32 *mesh* e o restante distribuído nas demais peneiras. O caldo de cana-de-açúcar foi extraído em moenda marca W.V.Y. LIDGER, NOOD modelo L0SC . Sendo assim, avaliou-se antes da realização da mistura as três matérias-primas utilizadas segundo sua composição.

Os valores dos teores de cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos, as fibras alimentar total, solúvel e insolúvel, o valor energético total do FAE, AT e CCA, podem ser visualizados na Tabela 2.3.

**Tabela 2.3:** Composição centesimal e valor energético total (VET) médio, seguidos dos desvios-padrão, em base seca, do FAE, AT e CCA.

<b>Composição centesimal</b>	<b>FAE*</b>	<b>AT*</b>	<b>CCA*</b>
<b>Cinzas<sup>1</sup></b>	9,79 <sup>a</sup> ± 0,04	2,31 <sup>b</sup> ± 0,03	0,34 <sup>c</sup> ± 0,06
<b>Proteínas<sup>1</sup></b>	15,80 <sup>b</sup> ± 0,13	35,75 <sup>a</sup> ± 0,38	0,06 <sup>c</sup> ± 0,01
<b>Lipídios<sup>1</sup></b>	17,69 <sup>b</sup> ± 0,07	47,70 <sup>a</sup> ± 0,36	0,00 <sup>c</sup>
<b>Carboidratos<sup>1</sup></b>	56,71 <sup>b</sup> ± 0,17	14,20 <sup>c</sup> ± 0,59	99,6 <sup>a</sup> ± 0,05
<b>Fibra Alimentar total<sup>1</sup></b>	12,69 <sup>a</sup> ± 0,06	11,27 <sup>b</sup> ± 0,02	0,00 <sup>c</sup>
<b>Fibra solúvel<sup>1</sup></b>	2,28 <sup>a</sup> ± 0,28	0,64 <sup>b</sup> ± 0,03	0,00 <sup>c</sup>
<b>Fibra insolúvel<sup>1</sup></b>	10,41 <sup>a</sup> ± 0,22	10,63 <sup>a</sup> ± 0,09	0,00 <sup>c</sup>
<b>VET<sup>2</sup></b>	449,28 <sup>b</sup> ± 0,25	629,26 <sup>a</sup> ± 1,91	398,62 <sup>c</sup> ± 0,25

\* Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo Teste Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

<sup>1</sup> g (100 g)<sup>-1</sup>

<sup>2</sup> kcal g<sup>-1</sup>

A composição centesimal e o VET das três matérias-primas utilizadas para formar a mistura foram significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ) entre si em relação ao teor de cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos, fibra alimentar total, solúvel e insolúvel e valor energético total, sendo que o CCA, na maioria dos componentes, obteve as menores concentrações, exceto para os carboidratos [99,6 g (100 g)<sup>-1</sup>]. Em relação ao teor de cinzas, o FAE foi o que obteve maior valor [9,79 g (100 g)<sup>-1</sup>], diferindo das demais matérias-primas ( $p \leq 0,05$ ). Em relação às proteínas, as matérias-primas foram significativamente diferentes entre si ( $p \leq 0,05$ ), sendo o AT a matéria-prima com maior teor deste componente [35,75 g (100 g)<sup>-1</sup>]. O valor médio de lipídios foi maior no AT [47,70 g (100 g)<sup>-1</sup>], diferindo significativamente do FAE ( $p \leq 0,05$ ) e não foi detectado no CCA. O teor de carboidratos variou entre 14,20 e 99,6 g (100 g)<sup>-1</sup>, diferindo significativamente entre as três matérias-primas, sendo o CCA o de maior teor. O CCA não apresentou teores de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, já o FAE apresentou os maiores teores para estes três componentes [12,69; 2,28; 10,41 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente], diferindo significativamente do AT ( $p \leq 0,05$ ). O maior valor energético total obtido foi para a matéria-prima com maior teor de lipídio, AT (629,26 kcal.g<sup>-1</sup>), que diferiu significativamente do FAE e CCA ( $p \leq 0,05$ ), já que para o seu cálculo utilizam-se os fatores de conversão 4 kcal.g<sup>-1</sup> para proteínas e carboidratos e 9 kcal.g<sup>-1</sup> para lipídios (BRASIL, 2003).

Em estudos realizados por Lacerda e colaboradores (2009), com farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado, foram encontrados, na composição centesimal, em base seca, do farelo extrusado os seguintes valores 7,63 g (100 g)<sup>-1</sup> de cinzas, 13,46 g (100 g)<sup>-1</sup> de proteínas, 23,72 g (100 g)<sup>-1</sup> de lipídios, 38,84 g (100 g)<sup>-1</sup> de carboidratos e 16,35 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar.

Sousa e COLABORADORES (2011), em seus estudos relacionados à qualidade nutricional e valor de proteína de amêndoas do cerrado brasileiro comparados ao amendoim obteve, para o amendoim, em base úmida, 2,27 g (100 g)<sup>-1</sup> de cinzas, 29,59 g (100 g)<sup>-1</sup> de proteínas, 46,35 g (100 g)<sup>-1</sup> de lipídios totais, 13,06 g (100 g)<sup>-1</sup> de carboidratos e 5,20 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar total, 1,36 de fibras solúveis, 3,84 de fibras insolúveis e valor energético total de 587,75 kcal g<sup>-1</sup>,

O valor nutricional da cana-de-açúcar está diretamente ligado ao seu alto teor de açúcar (40 a 50% de açúcares na matéria seca), uma vez que o seu conteúdo protéico é extremamente baixo, conferindo a característica de ser um alimento muito desbalanceado em relação a seus nutrientes. É uma planta composta, em média, de 65 a 75% de água, mas seu principal componente é a sacarose, que corresponde de 70 a 91% de substâncias sólidas solúveis. A planta contém ainda glicose (de 2 a 4%), frutose (de 2 a 4%), proteínas (0,5 a 0,6%), amido (0,001 a 0,05%) ceras e graxos (0,05 a 0,015%) (FAVA, 2004).

#### 5.2.3.2 Composição química das formulações de rapaduras

Foram realizadas análises químicas das rapaduras formuladas com a inserção da mistura de FAE e AT no CCA em proporções previamente estabelecidas por meio de delineamento experimental, obtendo-se as médias dos componentes cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos, fibra alimentar total (FAT), fibra solúvel (FS) e fibra insolúvel (FI) (Tabela 2.4).

**Tabela 2.4:** Valores da composição centesimal média, seguidos dos desvios-padrão, em base seca, das rapaduras enriquecidas com FAE e AT, de acordo com o delineamento de misturas.

Formulação	Concentrações reais			Pseudocomponentes			Composição Química						
	FAE	AT	CCA	(x1)	(x2)	(x3)	Cinzas	Proteínas	Lipídios	Carboidratos	FAT	FAS	FAI
1V	10,00	5,00	85,00	0	0	1	2,47±0,04	4,37±0,11	4,91±0,14	88,25±0,16	1,14±0,03	0,25±0,04	0,89±0,02
2V	20,00	5,00	75,00	1	0	0	3,35±0,05	6,09±0,17	6,69±0,03	83,88±0,20	2,30±0,05	0,40±0,04	1,91±0,04
3V	10,00	10,00	80,00	0	0,5	0,5	2,43±0,04	6,36±0,25	7,65±0,29	83,55±0,42	1,48±0,11	0,23±0,01	1,25±0,11
4V	15,00	10,00	75,00	0,5	0,5	0	2,76±0,04	7,17±0,12	9,00±0,38	81,07±0,43	1,99±0,08	0,34±0,02	1,65±0,08
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	2,72±0,03	6,29±0,17	6,90±0,10	84,39±0,33	1,81±0,05	0,30±0,01	1,51±0,05
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	2,77±0,04	6,06±0,11	7,43±0,18	83,74±0,26	1,82±0,02	0,28±0,02	1,54±0,03
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	2,66±0,01	5,99±0,28	6,97±0,15	84,38±0,43	1,88±0,05	0,29±0,01	1,59±0,04
Rapadura padrão	0	0	100	-	-	-	1,56±0,06	0,28±0,01	0,00	98,16±0,05	0,00	0,00	0,00

A partir dos dados obtidos e da análise de variância, foram elaborados os modelos matemáticos de regressão ajustados, o nível de significância ( $p$ ), a falta de ajuste (FA) e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para os componentes químicos das rapaduras formuladas (Tabela 2.5). Todos os modelos analisados foram significativos ( $p \leq 0,05$ ) observando-se coeficientes de determinação explicando entre 96,9 e 98,7% das respostas. Os efeitos da quantidade de FAE, AT e CCA foram significativos ( $p \leq 0,05$ ) em todos os modelos analisados. O efeito da interação FAE e AT não foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) para cinzas, no entanto, optou-se por mantê-la no modelo, pois melhorou o ajuste do modelo, ou seja, este modelo apresentou o melhor coeficiente de determinação ajustado.

**Tabela 2.5:** Modelos de regressão múltipla, nível de significância ( $p$ ), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para cinzas, proteínas, lipídios e fibra alimentar total em função dos níveis codificados de farelo de arroz extrusado (FAE), amendoim torrado (AT) e caldo de cana-de-açúcar concentrado (CCA).

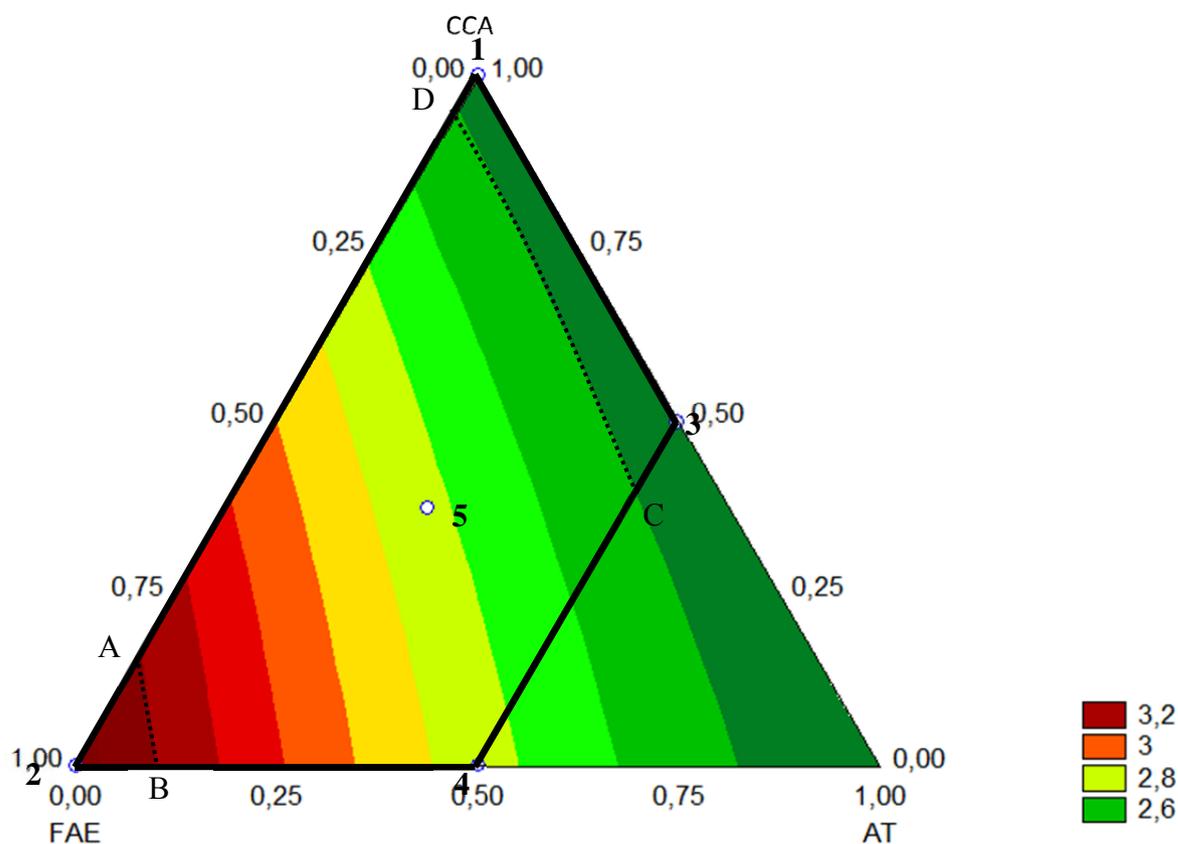
<b>Componentes</b>	<b>Modelo*</b>	<b>p</b>	<b>FA</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Cinzas</b>	Cz = 3,34FAE+2,41AT+2,46CCA- <i>0,53FAE.AT</i>	0,002	0,64	0,987
<b>Proteínas</b>	Ptnas = 6,13FAE+8,35AT+4,43CCA	0,003	0,67	0,983
<b>Lipídios</b>	Lip = 6,80FAE+10,86AT+4,83CC	0,001	0,66	0,972
<b>Fibras totais</b>	A FT = 2,33FAE+1,80AT+1,20CCA	0,001	0,11	0,969

\* Efeitos em itálico não foram significativos, porém foram mantidos para melhoria do ajuste do modelo.

Com a inserção da mistura nas rapaduras formuladas, observou-se uma tendência ao maior teor de cinzas quanto maior a quantidade de FAE e menor de CCA. De acordo com a Tabela 2.4 o teor de cinzas do tratamento 2V foi o que obteve maior valor [ $3,35 \text{ g} \cdot (100\text{g})^{-1}$ ], sendo esse o tratamento com maior quantidade de FAE na mistura (20:5:75, FAE:AT:CCA) e o tratamento 3V de menor teor de cinzas [ $2,43 \text{ g} \cdot (100\text{g})^{-1}$ ] e quantidade elevada de CCA e concentrações mínimas de FAE e máxima de AT (10:10:80, respectivamente).

Utilizando-se o modelo ajustado para o componente cinzas (Tabela 2.5), foi obtido o gráfico de curvas de nível representado pela Figura 2.1, sendo que os vértices de cada extremidade da área demarcada deste gráfico representa os valores máximos em pseudocomponentes de cada componente da mistura da rapadura formulada experimental.

O maior teor de cinzas (3,2%), região apresentada dentro da área escura delimitada pela área pontilhada (Figura 2.1), que inclui o ponto experimental 2, encontram-se as rapaduras entre as formulações de FAE:AT:CCA de 18,3:5:76,7, 20:5:75 e 19:6:75 (pontos A, 2 e B respectivamente). Área com maiores teores de FAE (18,3 a 20%), mínimos de AT (5 e 6%) e mínimos de CCA (75 e 76,7). O menor teor de cinzas (2,6%), representada na área verde escuro dentro da área delimitada pela linha pontilhada que compreende os pontos C e D e os pontos experimentais 1 e 3, encontra-se as rapaduras com formulações 15,3:5,1:79,6, 10,5:5:84,5, 10:5:85 e 10:10:80 respectivamente, ou seja, FAE variando de 10 a 15,3%, AT entre 5 e 10% e CCA entre 79,6 e 80%. Os pontos experimentais 1 e 3, são os tratamentos como os menores teores de FAE e maiores de CCA.



**Figura 2.1:** Teor de cinzas das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

Comparando os teores máximo e mínimo [3,35 e 2,43  $\text{g} \cdot (100\text{g})^{-1}$ , respectivamente] de cinzas nas rapaduras formuladas encontrados neste estudo (Tabela 2.4) com os teores encontrados em outros estudos relacionados à composição de rapadura, 1,7 e 1,54  $\text{g} \cdot (100\text{g})^{-1}$  (IBGE, 1999; Tabela brasileira de composição de

alimentos - USP, 2008, respectivamente), observa-se um aumento de cinzas variando entre 34,92 e 63,37% do presente estudo para os demais, fator que reintera a importância da inserção do FAE na formulação de rapadura, visto que é o componente com maior teor de cinzas na mistura, colaborando para o maior valor deste nutriente nas rapaduras formuladas, conforme observado no gráfico, onde a maior tendência (áreas mais avermelhadas) está concentrada próxima ao vértice do FAE.

A quantidade máxima de cinzas, ou resíduo mineral fixo, permitido pela legislação para rapadura é de 6% (BRASIL, 1978). O teor de cinzas indica a quantidade de minerais presentes no alimento, que são fundamentais para o funcionamento do organismo, porém, grandes concentrações de cinzas podem indicar, também, presença de impurezas, provenientes de fraudes ou de contaminações durante o processo de fabricação.

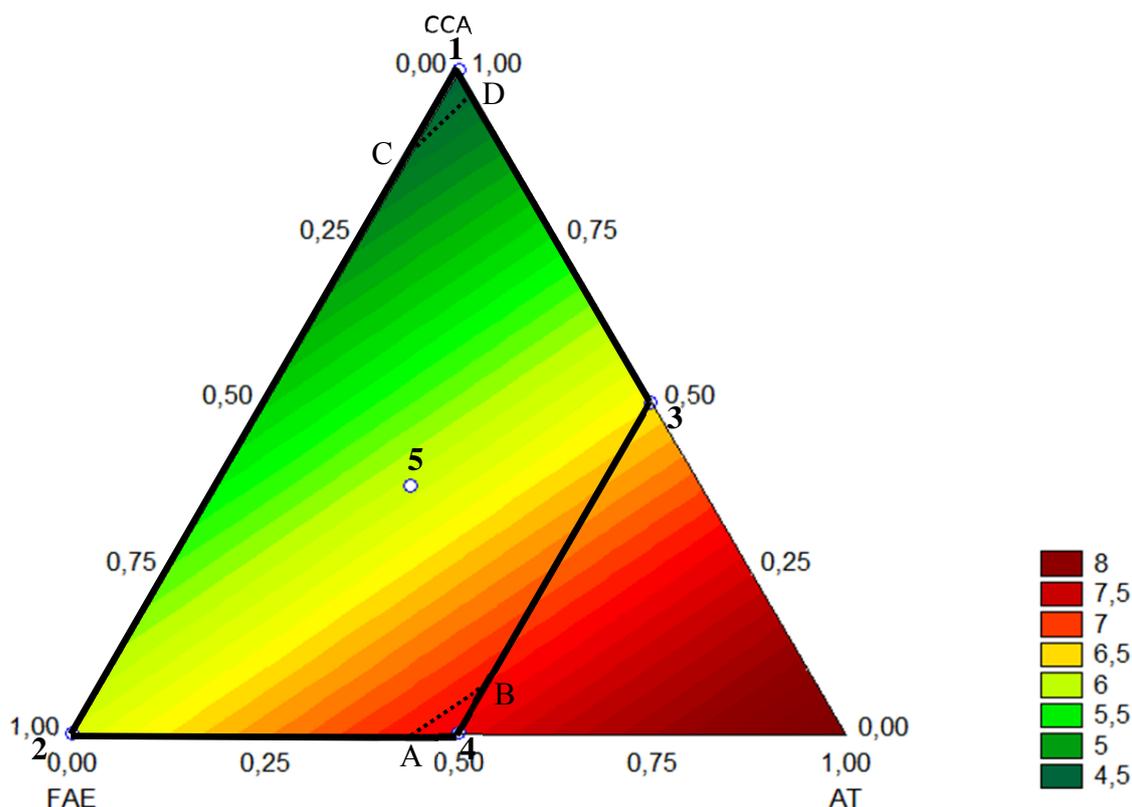
A manutenção de diversas funções metabólicas do organismo está relacionada com a adequada ingestão de minerais. Assim, a ingestão inadequada desses micronutrientes pode potencialmente levar a estados de carência nutricional. As deficiências de vários micronutrientes têm sido apontadas como causas contribuintes de diversas doenças crônicas, tais como câncer, doenças cardiovasculares e osteoporose (VELÁSQUEZ-MELÉNDEZ, et al., 1997). Os sais minerais devem ser supridos aos seres humanos para o correto funcionamento de seu organismo, pois fazem parte de compostos como proteínas, lipídios, vitaminas, hormônios, que constituem os tecidos, regulam o equilíbrio hidrolítico e ácido-básico, entre outras funções essenciais (MADRID et al., 1995). Estes dados indicam a influência das cinzas (resíduo mineral fixo), ou micronutrientes essenciais, presentes nos alimentos na manutenção das atividades do organismo humano. Houve um aumento no teor de cinzas nas rapaduras formuladas em relação a padrão, proveniente da adição de FAE e ABT e não de contaminantes ou impurezas, fica clara a importância desta adição, por contribuir com a ingestão de minerais.

Em relação às proteínas o maior teor foi verificado quanto maior a quantidade de AT e FAE e menor de caldo. Utilizando-se os dados obtidos na Tabela 2.4, em relação às proteínas, observou-se que o tratamento 4V foi o de maior teor deste componente  $[7,17 \text{ g } (100 \text{ g})^{-1}]$ , com proporção total dos sólidos adicionados, de acordo com o delineamento de misturas, (FAE e AT) de 25%, verificado-se que quanto maior a

quantidade de AT e FAE e menor de caldo, maiores são os teores de proteínas encontrados.

Recorrendo-se ao modelo ajustado para proteína (Tabela 2.5), foi obtido o gráfico de curvas de nível representado pela Figura 2.2, sendo que os vértices de cada extremidade da área demarcada deste gráfico representam os valores máximos em pseudocomponentes de cada componente da mistura da rapadura formulada experimental, observou-se uma tendência de teor de proteínas maior (7,1%) quanto maior a quantidade de FAE e de AT e menor quantidade de CCA, nas formulações de rapadura, região do gráfico (Figura 2.2) delimitada pelos pontos A, B e o ponto experimental 4 onde encontra-se entre as formulações de FAE:AT:CCA de 15,3:9,7:75, 17:10:79 e 15:10:75, respectivamente ou seja, a quantidade de FAE variando entre 15 e 17%, valores intermediários, a de AT entre 9,7 e 10%, valores máximos e é o componente com maior teor de proteínas, e CCA de 75 a 79%.

O menor teor de proteína (4,5%), área do gráfico representada dentro da área verde delimitada pela linha pontilhada (pontos C, D e ponto experimental 1) (Figura 2.2), encontra-se em rapaduras com formulações de FAE:AT:CCA entre 10,5:5:84,5, 10:5,3:84,7 e 10:5:85 portanto, com quantidades mínimas de FAE (10%) e AT (5 e 5,3%) e máxima de CCA (entre 84,5 e 85%), que é o componente com teor de proteína mínimo  $[0,06 \text{ g } (100\text{g})^{-1}]$ .



**Figura 2.2:** Teor de proteínas das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

Como a rapadura padrão possui pequena quantidade de proteína, os teores deste nutriente encontrado nas rapaduras formuladas são provenientes do FAE e do AT, que possuem elevado teor [ $15,80$  e  $35,75 \text{ g}(100 \text{ g})^{-1}$ , respectivamente], colaborando para um melhor balanceamento nutricional da rapadura em relação a padrão.

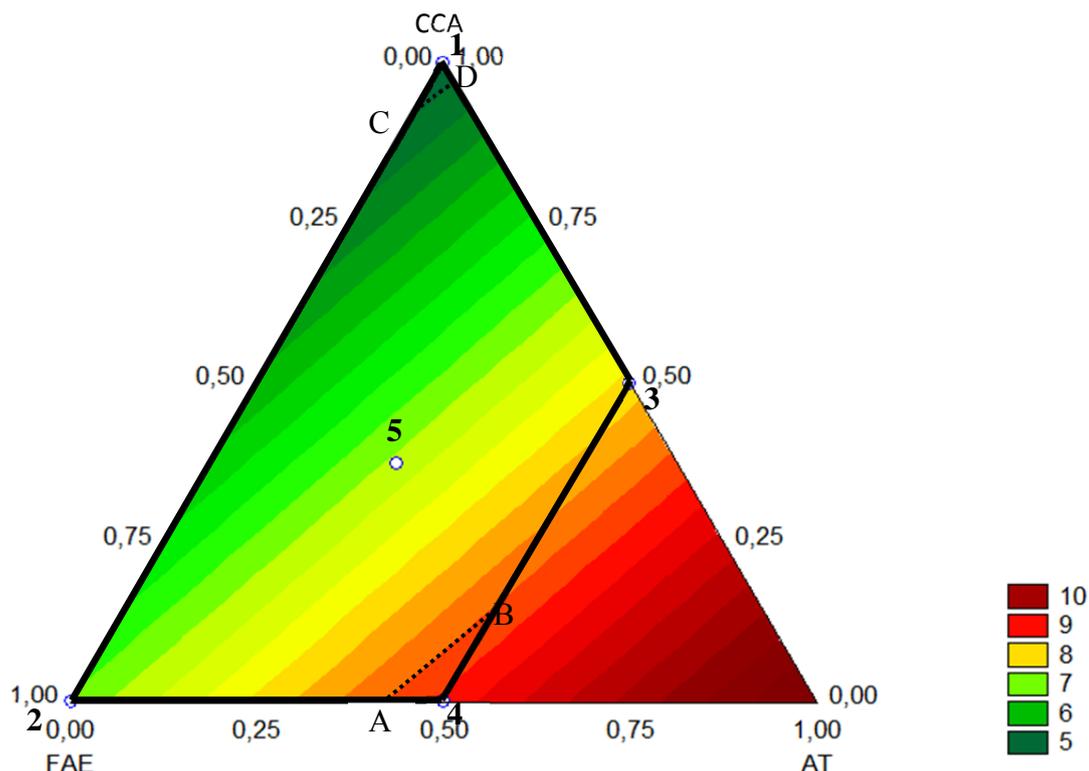
Freire e colaboradores (2000), em seus estudos da avaliação proteica da farinha desengordurada de genótipos de amendoim, descrevem que as fontes de proteína vegetal, mesmo não sendo completas, podem ser combinadas com outras proteínas, para suprir necessidades nutricionais de populações mais carentes, sendo que em regiões onde a situação alimentar é precária, o amendoim pode trazer grande contribuição, no sentido de melhorar a qualidade da proteína dos alimentos-base da dieta convencional, através da suplementação. Fato que confirma a importância da adição de amendoim na rapadura, que contribui para o balanceamento nutricional da rapadura padrão, aumentando seus teores de proteínas.

Freitas e Naves (2010), em estudos relacionados à composição química de nozes e sementes comestíveis, afirmam que, de forma geral, as sementes comestíveis, como o

amendoim, atendem a grande parte das necessidades de aminoácidos essenciais de escolares e de indivíduos adultos, com exceção dos aminoácidos lisina, metionina e cisteína, comparando com os padrões mais recentes da *World Health Organization* (WHO, 2007). A rapadura enriquecida com FAE e AT seria um contribuinte importante para satisfazer essas necessidades, principalmente se inserida na merenda escolar, visto que o AT poderia satisfazer uma parte da necessidade dos aminoácidos essenciais requeridos por escolares.

Em relação aos lipídios, os maiores teores foram observados nas maiores concentrações de AT e FAE e menor de caldo. O valor médio de lipídios variou entre 4,91 e 9,00 g (100 g)<sup>-1</sup>, de acordo com a Tabela 2.4, sendo o tratamento 4V o de maior teor e com a maior quantidade de AT, já o tratamento 1V foi o de menor teor, sendo o tratamento com menores quantidades de FAE e AT e maior de CCA (10:5:85, respectivamente).

Utilizando-se o modelo ajustado para lipídios, obteve-se o gráfico de curvas de nível (Figura 2.3). Os vértices de cada extremidade da área demarcada deste gráfico representam os valores máximos em pseudocomponentes de cada componente da mistura utilizada na formulação das rapaduras experimentais. Pode-se observar que na área avermelhada do gráfico delimitada pelos pontos A, B e o ponto experimental 4 (Figura 2.3), encontram-se os maiores teores de lipídios (7,67%), que são correspondentes as formulações de FAE:AT:CCA entre 15,7:9,3:75, 17:11:79 e 15:10:75 (pontos A, B e 4, respectivamente), área de quantidade média de FAE (entre 15 e 17%), máxima de AT (9,3 e 10%), que é o componente com maior quantidade de lipídios, e mínimas de CCA (entre 75 e 79%), que não apresentava lipídios originalmente. Observou-se uma tendência a menor teor de lipídios, na área verde do gráfico, delimitada pelos pontos C, D e o ponto experimental 1, formulações com proporções de FAE:AT:CCA de 10,5:5:84,5, 10:5,2:84,8, 10:5:85, respectivamente, ou seja, onde há a maior concentração de CCA (entre 84,5 e 85%) e mínimas de FAE (entre 10 e 10,5%) e AT (entre 5 e 5,2). A incorporação de lipídios nas rapaduras formuladas deve ser proveniente da AT, que contém quantidades elevadas de lipídios [47,70 g (100g)<sup>-1</sup>], enquanto que na rapadura padrão estudada no presente trabalho não apresentou este componente.



**Figura 2.3:** Teor de lipídios das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

Em estudos realizados por Azullo e colaboradores (1993), com produtividade e qualidade do óleo de linhagens de amendoim, encontro-se teores dos ácidos palmítico, oléico e linoléico corresponderam a cerca de 90% dos ácidos graxos presentes no óleo de amendoim. Os lipídios desempenham um papel importante na qualidade dos alimentos, pois contribuem com atributos como textura, sabor, nutrição e densidade calórica, por estes motivos, sua manipulação tem tido ênfase especial na pesquisa e desenvolvimento de alimentos (DAMODARAM; PARKIN; FENNEMA, 2010). Está entre as principais fontes de energia utilizadas pelo homem, fornecendo mais calorias do que os carboidratos e proteínas (BOBBIO; BOBBIO, 2003). A presença de lipídios nos alimentos é importante, pois contribuem para efeitos benéficos para o organismo, além de contribuir no balanceamento das calorias fornecidas pela rapadura.

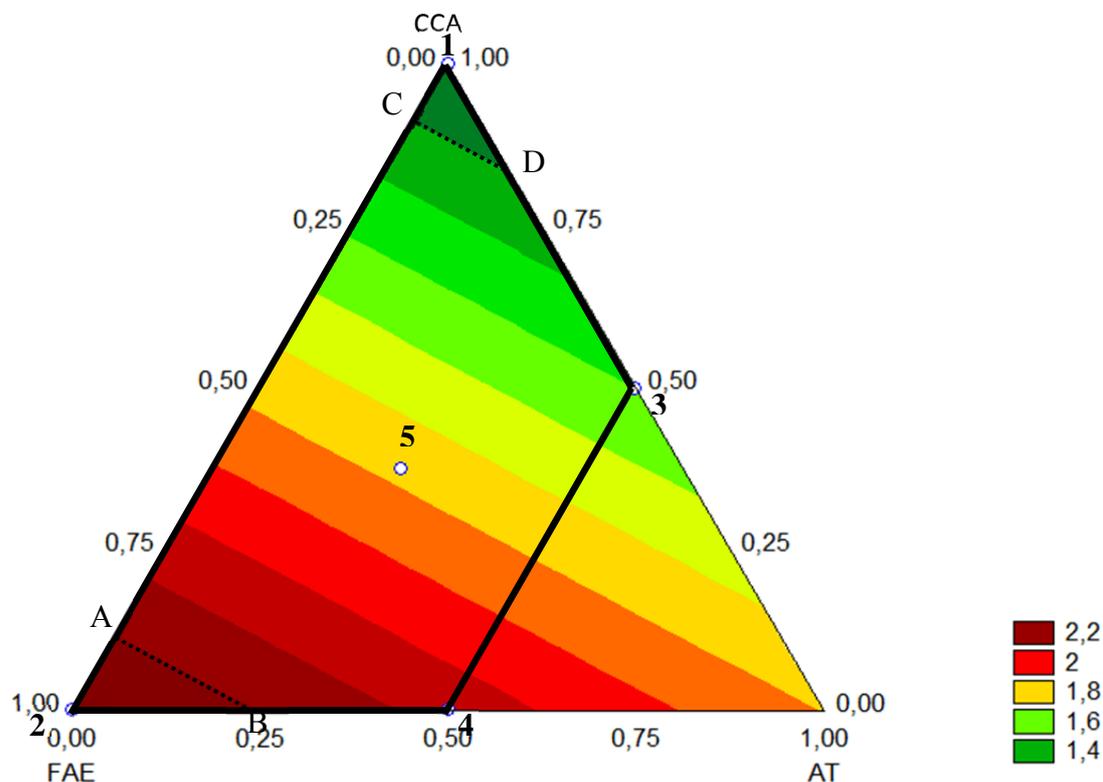
O maior teor de fibra alimentar total foi obtido nas maiores concentrações de AT e FAE e menor de caldo. O tratamento 2V, de acordo com a Tabela 2.4, foi o que apresentou maior teor de fibra alimentar total e foi o tratamento com 25% de adição de

sólidos (FAE e AT), que são os constituintes da mistura que possuem valores significativos deste componente [12,69 e 11,27 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente].

Com a utilização do modelo ajustado para o componente químico fibra alimentar total, obteve-se o gráfico de curvas de nível (Figura 2.4), onde os vértices de cada extremidade da área demarcada do gráfico representam os valores máximos de pseudocomponentes de cada componente da mistura utilizada na formulação das rapaduras experimentais.

A maior quantidade de fibra alimentar total (2,2%) foi encontrada na região escura do gráfico (Figura 2.4), delimitada pela área pontilhada, pontos A, B e o ponto experimental 2, com proporções de FAE:AT:CCA entre 18,8:5:76,2, 17,7:7,3:75 e 20:5:75 (pontos A, B e 2, respectivamente), que é a área com maiores quantidades de FAE que um constituinte com valores elevados de fibra alimentar total [12,69 g (100 g)<sup>-1</sup>].

Na área verde do gráfico, compreendida entre os pontos C, D e o ponto experimental 1, é a região com menor teor de fibra alimentar total (menor que 1,4%), com proporções de FAE:AT:CCA entre 10,9:5:84,1, 10:6,6:83,4 e 10:5:85, área com os maiores teores de CCA (entre 83,4 e 85%), e mínimas de FAE (entre 10 e 10,9%) e AT (entre 5 e 6,6%). Como a rapadura padrão não apresenta valores significativos de fibra alimentar total, essa quantidade apresentada, é proveniente da mistura com FAE e AT [12,69 e 11,27 g (100g)<sup>-1</sup>, respectivamente], visto que nas formulações estes dois aparecem, mesmo que em quantidades menores.



**Figura 2.4:** Teor de fibra alimentar total das rapaduras experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

Fibra alimentar é considerada como um alimento funcional útil, isto é, um alimento com benefícios para a saúde, em muitas situações: seus benefícios para a manutenção da saúde e prevenção de doenças têm sido claramente demonstrado, e está posicionada como um componente principal em terapia de nutrição médica. O consumo de alguns tipos de fibra alimentar viscosa (principalmente fibras solúveis) reduz os níveis de colesterol no sangue e ajuda a normalizar os níveis de glicose e de insulina, podendo ser utilizadas para tratar ou prevenir a doença cardiovascular e diabetes do tipo 2, enquanto que as fibras que são incompletamente ou lentamente fermentadas no intestino grosso promovem o efeito laxante normal e são componentes integrantes de dietas usadas no tratamento de distúrbios intestinais, tais como prisão de ventre, ou na prevenção do desenvolvimento da diverticulose e diverticulite (MARLETT, MCBURNEY, SLAVIN, 2002). A incorporação de fibra alimentar nas rapaduras formuladas, provenientes do FAE e do AT, melhora nutricionalmente o produto.

São considerados alimentos sólidos fonte de fibra alimentar, os que possuem no mínimo 3 g de fibras/100 g de sólidos (BRASIL, 1998). Nas formulações de rapadura a 2V apresentou o maior teor de fibras [ $2,30 \text{ g}(100 \text{ g})^{-1}$ ], 76,7% do valor considerado como fonte pela legislação e mesmo não alcançando o valor considerado, houve um

importante incremento de até 2,3 vezes deste constituinte em comparação com a rapadura padrão, que não o apresentava. Esse incremento pode suprir 2,28% da necessidade diária de uma criança que consuma 25g desta rapadura formulada por dia (BRASIL, 2003).

### 5.2.3.3 Coordenadas de cor das formulações de rapaduras

A aparência é a primeira impressão que o consumidor tem do produto. A cor, como um aspecto de aparência, deve estar dentro de uma faixa esperada para a aceitação do alimento e o grau de aceitação é julgado dentro desta faixa. Se a cor é inaceitável, os outros dois maiores fatores de qualidade, sabor e textura, não são julgados apropriadamente (FRANCIS, 1995). A cor em alimentos é influenciada pelas matérias-primas utilizadas, processos utilizados durante sua fabricação e, muitas vezes, pelas condições de armazenamento.

O parâmetro instrumental de cor, luminosidade ( $L^*$ ), das rapaduras formuladas está apresentado na Tabela 2.6.

**Tabela 2.6:** Valores médios instrumentais de cor, seguidos dos desvios-padrão para o parâmetro  $L^*$  das formulações de rapaduras enriquecidas com FAE e AT.

Formulação	Concentrações reais			Pseudocomponentes			Coordenada de cor
	FAE	AT	CCA	(x1)	(x2)	(x3)	$L^*$
1V	10,00	5,00	85,00	0	0	1	51,18±0,96
2V	20,00	5,00	75,00	1	0	0	66,95±0,94
3V	10,00	10,00	80,00	0	0,5	0,5	52,91±0,97
4V	15,00	10,00	75,00	0,5	0,5	0	59,67±1,12
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	45,82±2,29
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	52,51±1,25
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	48,85±1,66

A partir dos dados obtidos na análise instrumental de cor das rapaduras formuladas foram obtidos modelos matemáticos polinomiais que expressam a relação entre os pseudocomponentes e o parâmetro de cor  $L^*$ . O modelo polinomial ajustado, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para  $L^*$  das rapaduras formuladas, estão apresentados na Tabela 2.7.

**Tabela 2.7:** Modelos de regressão múltipla, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para luminosidade ( $L^*$ ) em função dos níveis codificados de farelo de arroz extrusado (FAE), amendoim torrado (AT) e caldo de cana-de-açúcar concentrado (CCA).

Componentes	Modelo*	p	FA	$R^2$
$L^*$	$L^* =$ 66,63FAE+53,56AT+51,40 CCA-46,89FAE.CCA	0,013	0,78	0,960

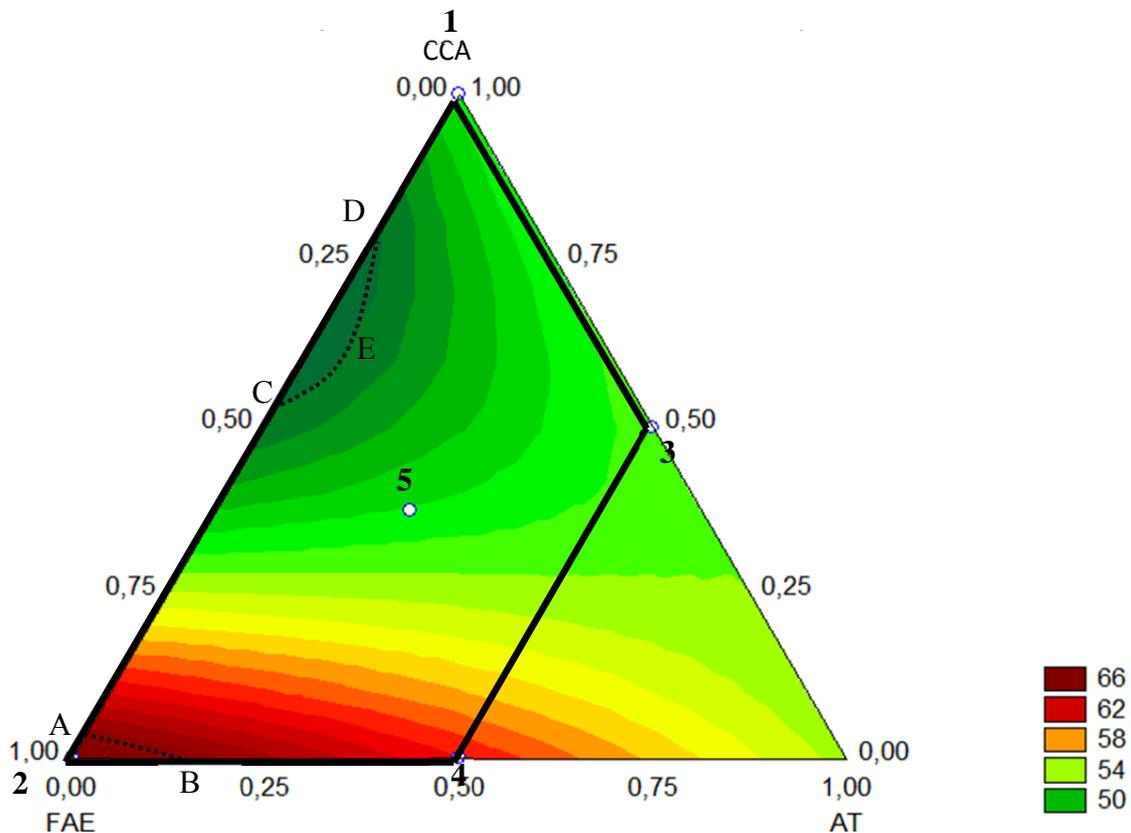
O modelo analisado foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) para o parâmetro  $L^*$ , com coeficiente de determinação explicando 96,0% da resposta. Os efeitos da quantidade de FAE, AT e CCA para  $L^*$  foram significativos ( $p \leq 0,05$ ), assim como a interação entre o FAE e o CCA ( $p \leq 0,05$ ). Foram obtidos gráficos de curva de nível a partir do modelo ajustado para  $L^*$ , apresentado na Figura 2.5. Os vértices de cada extremidade da área demarcada do gráfico representam valores máximos em pseudocomponentes de cada componente da mistura utilizada na formulação das rapaduras experimentais.

De acordo com a Tabela 2.6, o tratamento 2V foi o que apresentou maior luminosidade ( $L^*$ ), ou seja, foi o tratamento mais claro (66,95) e o 5C o mais escuro (45,82), ou de menor luminosidade.

Para  $L^*$  a maior tendência foi obtida nos maiores teores de FAE. A tendência a maiores valores de  $L^*$  (66,95), está na região mais avermelhada do gráfico (Figura 2.5) que inclui os pontos A, B e 2, formulações de FAE:AT:CCA entre 19,5:5:75,5, 18,3:6,7:75 e 20:5:75, área com maiores teores de FAE (entre 18,3 e 20%), mínimas de AT (entre 5 e 6,7%) e CCA (entre 75 e 75,5%). A área verde delimitada pela linha tracejada no gráfico (Figura 2.5) pontos C, D e E, compreende a tendência aos menores valores de  $L^*$  (menor que 50) e inclui as formulações, em FAE:AT:CCA, 14,5:5:80,5, 11,9:5:83,1 e 13,2:11:83,4, respectivamente, área com valores de FAE variando entre 11,9 e 14,5%, AT entre 5 e 11% e CCA entre 80,5 e 83,4.

O aquecimento da sacarose e de açúcares redutores, que estão presentes no caldo de cana-de-açúcar, em ausência de compostos nitrogenados, promove um complexo grupo de reações envolvidas na caramelização. Sendo a reação facilitada por pequenas quantidades de alguns ácidos e alguns sais. No produto final, caramelo, encontram-se compostos de aroma e sabor. O aquecimento causa desidratação da molécula de açúcar com a introdução de ligações duplas ou formação de anéis insaturados (DAMODARAM; PARKIN; FENNEMA, 2010). As duplas ligações absorvem luz e

provocam o aparecimento da cor, enquanto os anéis se condensam uns com outros para produzir polímeros com cor e aroma (PEREDA et al., 2007). A caramelização ocorrida no caldo de cana-de-açúcar, durante o processo de concentração, conferiu cor, aroma e sabor nas rapaduras formuladas, estas são características marcantes destes produtos.



**Figura 2.5:** Luminosidade das rapaduras experimentais em função das proporções de farelo de arroz extrusado, amendoim torrado e caldo de cana-de-açúcar concentrado. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

A cor da rapadura está ligada intimamente ao tempo de batida da mesma, etapa do processamento em que há a incorporação de ar, tornando-a mais clara, quanto maior for o tempo da batida. Como as rapaduras foram obtidas de forma artesanal, o tempo de batida não foi padronizado, pois de acordo com a quantidade de sólidos acrescentados (mistura de FAE e AT) pré-estabelecido pelo delineamento de mistura, o tempo era maior, para menores quantidades de sólido, ou menor, para misturas com maior quantidade de sólidos adicionados, por isso a diferença nos valores de  $L^*$ , que está relacionado ao claro e escuro. Outro fator que deve estar relacionado a variação de  $L^*$  é a presença ou não da mistura adicionada na superfície da rapadura, visto que o FAE e a

AT destoavam em cor do restante da massa, então, dependendo da posição do colorímetro na amostra, ele poderia detectar um tom mais claro ou mais escuro, referente a presença ou ausência do FAE e da AT, não sendo uma medição homogênea entre uma amostra e outra da mesma formulação e entre as formulações.

#### 5.2.3.4 Textura das formulações de rapaduras experimentais

Utilizando-se os dados obtidos na análise instrumental de textura, foram obtidas as médias, seguidas do desvio padrão, do parâmetro força máxima de compressão (FMC) para cada tratamento utilizado na formulação da rapadura (Tabela 2.8).

**Tabela 2.8:** Valores médios, seguidos dos desvios-padrão de força máxima de compressão (FMC) das formulações de rapaduras enriquecidas com FAE e AT.

Formulação	Concentrações reais			Pseudocomponentes			FMC <sup>1</sup>
	FAE	AT	CCA	(x1)	(x2)	(x3)	
1V	10,00	5,00	85,00	0	0	1	28,25±4,90
2V	20,00	5,00	75,00	1	0	0	54,70±3,67
3V	10,00	10,00	80,00	0	0,5	0,5	30,33±3,25
4V	15,00	10,00	75,00	0,5	0,5	0	29,22±3,85
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	32,87±2,77
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	33,22±3,09
5 C	13,75	7,50	78,75	0,375	0,25	0,375	30,67±2,86

<sup>1</sup> Força em Newtons (N)

Partindo dos dados instrumentais de textura obtidos e da análise de variância, foram elaborados modelos matemáticos de regressão ajustados, o nível de significância (p), a falta de ajuste (FA), e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para a FMC das rapaduras formuladas (Tabela 2.9). O modelo analisado para FMC foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) e os efeitos da quantidade de FAE, AT e CCA para FMC também foram significativos ( $p \leq 0,05$ ), assim como o efeito da interação do FAE e AT ( $p \leq 0,05$ ). O coeficiente de determinação explicou 98,8% das respostas.

**Tabela 2.9:** Modelos de regressão múltipla, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para força máxima de compressão (FMC) em função dos níveis codificados de farelo de arroz extrusado (FAE), amendoim torrado (AT) e caldo de cana-de-açúcar concentrado (CCA).

<b>Componentes</b>	<b>Modelo*</b>	<b>p</b>	<b>FA</b>	<b><math>R^2</math></b>
<b>FMC</b>	FMC = 54,34FAE+32,53AT+27,64 CCA-63,75FAE.AT	0,002	0,38	0,988

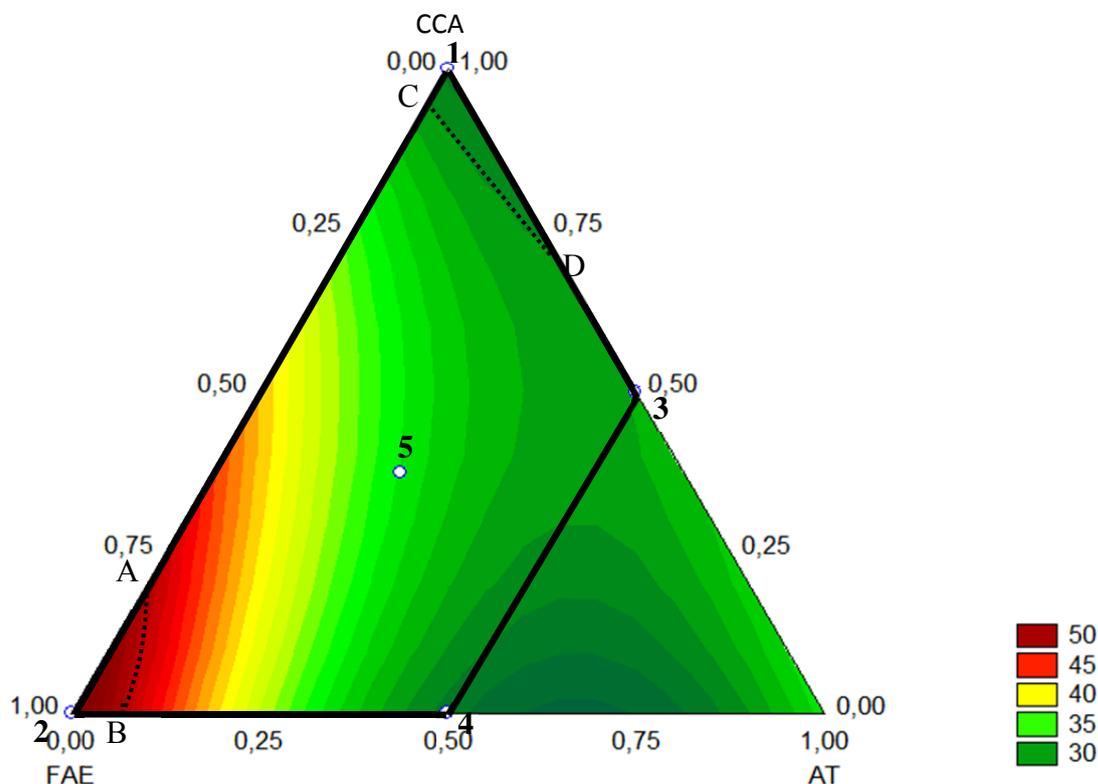
De acordo com a Tabela 2.8 a FMC variou de 28,25 N a 54,70 N, sendo a rapadura formulada 2V a que requereu maior força de compressão e a 1V a que requereu a menor força.

Utilizando-se o modelo ajustado para a FMC, obteve-se o gráfico de curvas de nível (Figura 2.6), onde os vértices de cada extremidade da área demarcada deste gráfico representam valores máximos em pseudocomponentes de cada componente da mistura utilizada nas formulações das rapaduras.

Na área vermelha do gráfico (Figura 2.6), compreendida entre a linha tracejada que inclui os pontos A, B e o ponto experimental 2, incluem as formulações de FAE:AT:CCA entre 18,6:5:76,4, 19,5:5,5:75 e 20:5:75 respectivamente, observamos uma maior tendência a valores máximos de FMC (acima de 50N), área com os maiores valores de FAE (entre 18,6 e 20%), mínimos de AT (entre 5 e 5,5) e CCA (entre 75 e 76,4). Já os menores valores de FMC (menor que 30 N) estão compreendidos na área verde do gráfico (Figura 2.6), pontos C, D e o ponto experimental 1, formulações de FAE:AT:C de 10,5:5:84,5, 10:7,8:82,2 e 10:5:85, respectivamente, com valores mínimos de FAE (entre 10 e 10,5), médios de AT (entre 5 e 7,8) e máximos de CCA (entre 82,2 e 85). A FMC teve menor tendência quando os valores de CCA foram máximos.

Durante os testes realizados para a FMC das rapaduras formuladas, foi possível observar que quanto maior a quantidade de AT na formulação de rapadura mais facilmente ela se rompia durante a compressão, provavelmente, porque o amendoim, mesmo triturado, encontrava-se, em alguns casos, como pedaços grandes, interferindo na coesividade da massa como um todo, pois permitia a formação de espaços vazios na estrutura interna da rapadura, justamente o local que se dava a ruptura da amostra no decorrer dos testes, requerendo menores valores de FMC. A quantidade de FAE interferiu na FMC requerida durante os testes, observando-se que quanto maior a sua presença na mistura maior foi a FMC requerida. O FAE, principalmente a porção que se

apresentava mais esfarelada, provavelmente ajudou a formar uma estrutura interna mais coesa, na rapadura, o que a tornou difícil de romper durante a compressão, requerendo os maiores valores para que isto fosse possível. O ponto experimental 2 é o que possui maior quantidade de FAE e menores de AT e CCA (20:5:75, respectivamente).



**Figura 2.6:** Textura das rapaduras experimentais em função das proporções de farelo de arroz extrusado, amendoim torrado e caldo de cana-de-açúcar concentrado. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

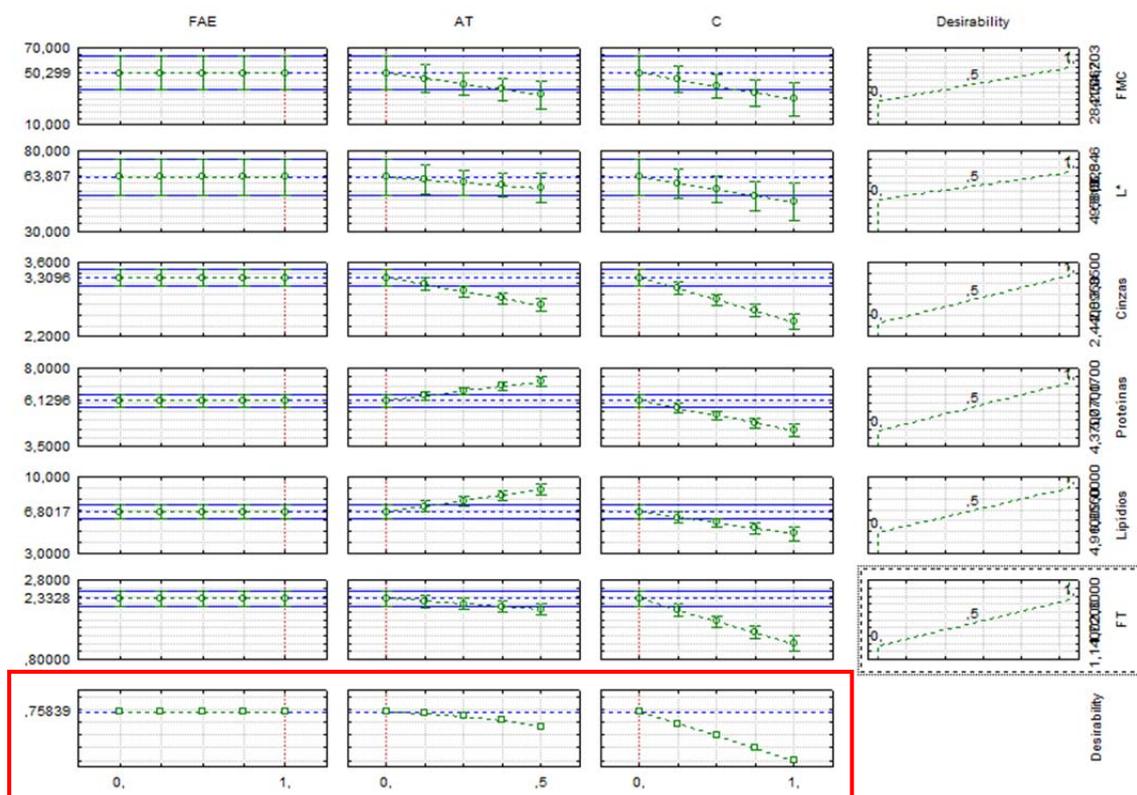
Uma vez que é alcançado o ponto de rapadura, o caldo de cana-de-açúcar concentrado é retirado da fornalha, é previamente resfriado, e posteriormente é levado ao processo de batida da massa da rapadura, com o propósito de mudar a textura e estruturas, fazer perder sua capacidade de aderência ao incorporar ar e adquirir a textura para moldagem, onde agita-se manualmente e intermitentemente o caldo de cana-de-açúcar concentrado, os cristais de sacarose crescem, adquirem porosidade e a rapadura quando se esfria adquire sua característica de sólido compacto (COLOMBIA, 2002, CADAVID, 2007). A estrutura de sólido compacto que a rapadura adquire, após o arrefecimento, é característica deste produto, conferindo uma textura dura a ele, que é o que o identifica.

### 5.2.3.5 Teste de desejabilidade

Após a realização das análises das características químicas e físicas das rapaduras realizou-se o teste de desejabilidade, onde a amostra desejável é aquela com valores máximos de FMC, pois a característica marcante da rapadura é em relação a sua textura dura,  $L^*$ , apresentando uma coloração mais clara e em relação às características químicas (cinzas, proteínas, lipídios e Fibra alimentar total) estes maiores valores seria um alimento mais nutritivo, contemplando uma gama maior de nutrientes.

Na determinação da formulação mais desejada atribuiu-se notas de desejabilidade, para cada parâmetro, 0 (zero) para os valores menos desejáveis e 1 (um) para os mais desejáveis. O parâmetro dureza recebeu nota zero para o valor 28,25N e um para o valor 54,70N, este mesmo sistema foi aplicado para os demais parâmetros analisados. Para a luminosidade ( $L^*$ ) atribuiu-se a nota zero ao valor 45,82 e nota um para o valor 66,95. Para o parâmetro químico cinzas o valor 2,43 recebeu nota zero e o valor 3,35 recebeu nota um. Para o parâmetro proteínas a nota zero foi atribuída ao valor 4,37 e nota um para o valor 7,17. No parâmetro lipídios o valor 4,91 recebeu nota zero e o valor 9,00 recebeu nota um. Para fibra alimentar total, o valor 1,14 recebeu nota zero, e o valor 2,30 recebeu nota um.

O resultado do teste de desejabilidade para a obtenção da rapadura formulada com maior força máxima de compressão (FMC), luminosidade (L), cinzas, proteínas, lipídios e fibra alimentar total (FT) pode ser observado no quadro assinalado em vermelho (Figura 7), indicando como parâmetros codificados, em pseudo-componentes, de quantidade de FAE, AT e CCA 1, 0, 0 (tratamento 2V) , respectivamente, correspondendo a 20% de FAE, 5% de AT e 75% de CCA. Este tratamento é um dos que possui a menor quantidade de CCA, maior de FAE e a menor quantidade de AT, sendo estes dois últimos os responsáveis pelo incremento da maioria dos nutrientes apresentados nas rapaduras formuladas.



**Figura 2.7:** Teste de desejabilidade utilizando parâmetros FMC, L\*, cinzas, proteínas, lipídios e FT.

### 5.2.3.6 Análise Sensorial

Na análise sensorial realizada da rapadura enriquecida, formulação 2 V, foram avaliados os atributos sabor, odor, textura e aparência, indicando o quanto o provador gostou ou desgostou do produto analisado, além da intenção de compra.

A análise sensorial foi realizada com 50 provadores, sendo 68% do sexo feminino e 32% do sexo masculino. Os provadores apresentaram faixa etária entre 18 a 38 anos, sendo 42% da faixa etária entre 18 a 23 anos, 30% de 24 a 29 anos e 28% de 29 a 38 anos.

A amostra avaliada recebeu escore médio para o atributo sabor de 7,62, para odor de 7,46, para textura de 7,44 e para aparência de 7,30, correspondente à classificação entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”, estando, portanto, acima do índice de aceitação determinado por Dutcosky (2011), que considera o valor mínimo dos resultados aceito de 7,0.

Em relação à intenção de compra 54% afirmaram que certamente comprariam a rapadura formulada, 26% provavelmente comprariam, 12% talvez comprassem, 6% possivelmente não comprariam e 2% certamente não comprariam. A maioria dos provadores (92%), manifestaram algum interesse em comprar o produto, o que mostra sua grande aceitabilidade entre os provadores, podendo ser uma ótima opção no mercado, pois além de ter agradado sensorialmente, teria as características nutricionais melhores em relação à rapadura padrão.

#### **5.2.4 Conclusões**

As matérias-primas utilizadas neste estudo, que apresentaram-se quimicamente diferentes entre si, contribuíram de maneiras diferente para o balanceamento nutricional das rapaduras formuladas.

Cada rapadura formulada, apresentou características químicas e físicas distintas, demonstrando a influência de cada matéria-prima utilizada na mistura de acordo com as quantidades adicionadas.

A inserção de farelo de arroz extrusado e amendoim torrado em formulações de rapadura possibilitaram um importante incremento de nutrientes em relação à rapadura padrão, compondo um alimento mais balanceado, contemplando todos os macronutrientes necessários para o bom funcionamento do organismo.

A luminosidade da rapadura está intimamente ligada ao tempo de batida a que é exposta, a quantidade e a posição da mistura de farelo de arroz extrusado e amendoim torrado.

A textura da rapadura foi influenciada pela mistura adicionada, variando com as proporções inseridas.

A rapadura formulada mais desejável teve boa aceitação, além de possuir grande valor nutricional, principalmente se comparada à rapadura padrão.

#### **5.2.5 Agradecimentos**

À CAPES e FAPEG pela bolsa de estudo e pelo apoio financeiro e pela parceria com a UEL.

### 5.2.6 Referências

- A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. Food composition, additives, natural contaminants. 16. ed. v. 2. Gaithersburg: AOAC, 1997.
- A.O.A.C. **Official methods of analysis of AOAC International**: Agricultural chemicals, contaminants, drugs. 16. ed., v. 1. Gaithersburg: AOAC International, 1998.
- ARAUJO, E. S.; SOUZA, S. R.; MANILO, S. F. Características morfológicas e moleculares e acúmulo de proteína em grãos de variedades de arroz do Maranhão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1281-88, 2003.
- AZULLO, M. A. T.; et al. **Produtividade e qualidade do óleo de linhagens de amendoim** . *Bragantia*, Campinas, 52 (2):105-112, 1993.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Livraria Varela, 2003. 223p.
- BORBA, A. M., SARMENTO, S. B. S., LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p.835-843, 2005.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução CNNPA nº 12**, de 24 de julho de 1978. Dispõe sobre as normas técnicas especiais relativas a alimentos (e bebidas). Brasília, DF: ANVISA, 1978.
- \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 27**, de 13 de janeiro de 1998. Dispõe sobre a informação nutricional complementar. Brasília, DF: ANVISA, 1998.
- \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360**, de 23 de dezembro de 2003. Aprova regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Brasília, DF: ANVISA, 2003.
- \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 263**, de 22 de setembro de 2005. Aprova regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Brasília, DF: ANVISA, 2005.
- BORTOLATO, D. S.; CASTIGLIONI, G. L.; DORS, G. C.; SILVA, K. A. D. ; KUHN, R. C.; RUIZ, W. A. **Principais características físico-químicas de farinhas de arroz**. In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 18, 2003, Itajaí.
- BORBA, A. M., SARMENTO, S. B. S., LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p.835-843, 2005.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Cornell University, 2004. 325p.

BROOKFIELD, P. L., et al. Sensory evaluation by small postharvest teams and the relationship with instrumental measurements of apple texture. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v. 59, p 179–186, 2011.

CADAVID, G.,O. **Manual: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM-en la Producción de Caña y Panela**, 2007.

CARVALHO, J. L. V.; BASSINELLO, P. Z. Aproveitamento industrial. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R.A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. Ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. Cap. 24. P. 1007-1047.

CENTEC – INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO. **Produtor de rapadura**. 2. ed. rev. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2004. 40 p. (Cadernos Tecnológicos, Ministério da Ciência e Tecnologia).

CHEN, M.H.; BERGMAN, C.J. Influence of kernel maturity, milling degree, and milling quality on rice bran phytochemical concentrations. **Cereal Chemistry**, Washington, v.82, n.4, 2005.

COLOMBIA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Programa nacional de transferencia de tecnología agropecuaria pronatta, proyecto de desarrollo tecnológico: Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera, municipio de Mocoa, Guía para la elaboración de panela Mocoa, 2002.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil).

**Acompanhamento da safra brasileira**: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, abril. Brasília, DF: Conab, 2010. Disponível em:

<[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1\\_levantamento2010\\_abr2010.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1_levantamento2010_abr2010.pdf)>. Acesso em: 06 maio 2010.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira** –grãos. Safra 2011/2012, Sétimo Levantamento, Abril/2012.

Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>> Acesso: 30/04/2012.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENEMMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre, ARTMED, 2010.900p.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 3 ed. Coleção exatas, 4. Curitiba: Champagnat, 2011.426p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA.

**Composição nutricional do arroz**. Santo Antônio de Goiás, 2006. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/parperfeito/arroz/composicao.htm>>. Acesso em: 6 maio 2010.

- FAVA, A. R. Atletas ingerem garapa para repor energia. **Jornal da Unicamp**. Campinas, 2004; 18:(250), 8.
- FISZMAN, S. **Bases teóricas de la determinación de la textura de alimentos sólidos**. Curso de Textura Aplicada a Pães, Biscoitos e Massas Alimentícias. Campinas: ITAL, 1998. 11 p.
- FRANCIS, F. J. Quality as influenced by color. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 6, p. 149-155, 1995.
- GLUSHENKOVA, A. I., et al.. Lipids of Rice bran. **Chemistry of Natural Compounds**, New York, v.34, n.3, p. 275-277, 1998.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estudo nacional da despesa familiar**: Tabela de composição de alimentos. 5ed. Rio de Janeiro: Varela, 1999. 137p.
- LACERDA, D. B. C. L. et al. Qualidade de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 59, n. 2, 2009.
- MACEDO, J.D.B., Rapadura: uma arte que atravessa os tempos. Fonte de renda para a agricultura familiar de Senhor do Bonfim, Bahia. **Bahia Agrícola**, Salvador, v.8, n.2, p.35-38, 2008.
- MADRID, A.; CENZANO, I.; VICENTE, J. M. **Manual das indústrias de alimentos**. São Paulo: Varela, 1995. 599p.
- MARLETT, J.A.; MCBURNEY, M.I.; SLAVIN, J.L. American Dietetic Association Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. **Journal of American Dietetic Association**, Colorado, v. 102, n. 7, p. 993–1000, 2002.
- MEILGARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. New York: Boca Raton, 3 ed., 1999. 387p.
- MENEGASSI, B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z. Efeitos de parâmetros de extrusão na cor e propriedades de pasta de farinha de mandioca-salsa (*Arrocacia xanthorrhiza*). **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1780-1792, 2007.
- NASCIMENTO, M. R. M, **Dossiê técnico** processamento da rapadura. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (CDT/ UnB). Brasília, DF, 2007. Disponível em: <<http://www.canabrasil.com.br/component/>>. Acesso em: 5 maio 2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recommend dietary allowamces**. 10 ed. Washington, D. C.: National Academic Press, 1989.284 p.

PARRADO, J.; MIRAMONTES, E.; JOVER, M.; GUTIERREZ, J. F.; TERÁN, L. C.; BAUTISTA, J. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potencial use as functional food. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 4, p. 742-748, 2006.

PEREDA, J. A. O. et al. **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2007. 294 p.

RODRIGUES, A. C. C. **Influência dos aditivos na obtenção de mamão desidratado osmoticamente**. Campinas, 1999. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

SAKAI, R.H. Rapadura. **Agência de informação Embrapa cana-de-açúcar**. Brasília – DF, 2007. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/>>. Acesso em: 5 maio 2010.

SAUNDERS, R. M. Stabilized Rice bran: a new world food resource. **Newsletter/International Rice Commission**, Roma, v. 39, n. 1, p. 179-183,1990.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Sistema agroindustrial da cachaça de alambique**. Belo Horizonte, 2004. Disponível em : <<http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/>>. Acesso em: 20 abr. 2010.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **O novo ciclo da cana**: estudo sobre a competitividade do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar e prospecção de novos empreendimentos. Brasília, DF: IEL, 2005. 337p.

SILVA, E. M. M. **Produção de macarrão pré-cozido à base de farinha mista de arroz integral e milho para celíacos utilizando o processo de extrusão**. 2007. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Instituto de Tecnologia, Universidade Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

STASOFT. **STATISTICA 7.0 for Windows** – Computar program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2007. CD Room.

SOUSA, A.G. O., et al. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut . **Food Research International** 2011.

SUASSUNA, T. M. F., SANTOS R. C., GONDIM, T. M. S. **Cultivo do amendoim**. Brasília: Sistema de produção, 2006. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amendoim/CultivodoAmendoim/mercado.html>>. Acesso em: 17 abr. 2012.

TEBA, C. S. **Elaboração de massas alimentícias pré-cozidas à base de farinha mista de arroz polido e feijão preto sem casca pelo processo de extrusão termoplástica**.

Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de Alimentos). 2009. 199p. Instituto de Tecnologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental/BRASILFOODS (1998). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-USP**. Versão 5.0. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela>>. Acesso em: 17 abr.2010.

VELÁSQUEZ-MELÉNDEZ, G., et al. Consumo alimentar de vitaminas e minerais em adultos residentes em área metropolitana de São Paulo, Brasil. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 157-62, 1997.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. D. Arroz: composição e características nutricionais, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WHO - World Health Organization. Report of a Joint WHO/ FAO/UNU **Expert Consultation. Protein and amino acid requirements in human nutrition**. Geneva: WHO; 2007. WHO Technical Report Series, n. 935.

## 6 CONCLUSÃO GERAL

As matérias-primas utilizadas na mistura, pré-estabelecida, para o enriquecimento da rapadura foram diferentes entre si, em relação às características químicas, sendo que cada uma contribuiu de maneira distinta para as características químicas e físicas finais das rapaduras enriquecidas.

Tanto as rapaduras formuladas com a mistura farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru torradas, quanto as formuladas com a mistura farelo de arroz extrusado e amendoim torrado apresentaram características distintas entre as formulações, o que demonstra que o tipo de mistura e suas quantidades interferem no resultado final da rapadura formulada.

Ambas as misturas apresentaram valores satisfatórios em relação ao incremento de nutrientes na rapadura, que passou a ser um alimento mais balanceado, contemplando todos os macronutrientes necessários ao funcionamento do metabolismo humano, chegando a ser fonte de alguns.

As misturas inseridas nas rapaduras influenciaram, também a luminosidade e a textura das rapaduras, de acordo com as quantidades adicionadas.

As rapaduras apresentaram-se microbiologicamente dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, podendo ser analisadas sensorialmente sem oferecer riscos aos provadores.

Sensorialmente, as duas formulações testadas foram bem aceitas em todos os atributos, o que comprova que as rapaduras formuladas, além de balanceadas nutricionalmente, são apreciadas sensorialmente pelos provadores, comprovando a possibilidade de inserção desta rapadura na merenda escolar e até mesmo no comércio local.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A.** Ficha de avaliação de análise sensorial e intenção de compra das rapaduras formuladas selecionadas.

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_  
Sexo:  Feminino  Masculino Idade: \_\_\_\_\_

**Avaliação sensorial de rapadura enriquecida com farelo de arroz extrusado e amêndoa de baru/amendoim torrados**

A) Por favor, avalie cada amostra usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto:

- |                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| 9- Gostei muitíssimo       | Amostra nº: _____ |
| 8- Gostei muito            | Sabor: _____      |
| 7- Gostei moderadamente    | Odor: _____       |
| 6- Gostei ligeiramente     | Textura: _____    |
| 5- Indiferente             | Aparência: _____  |
| 4- Desgostei ligeiramente  |                   |
| 3- Desgostei moderadamente |                   |
| 2- Desgostei muito         |                   |
| 1- Desgostei muitíssimo    |                   |

B) Se este produto estivesse à venda, você:

- Certamente compraria
- Provavelmente compraria
- Talvez comprasse/Talvez não comprasse
- Possivelmente não compraria
- Certamente não compraria

**APÊNDICE B.** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), de uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra do pesquisador responsável. Em caso de dúvida **sobre os seus direitos** você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás pelos telefones (62) 3521-1076 / 3521-1215.

**INFORMAÇÕES IMPORTANTES SOBRE A PESQUISA**

- Título: Qualidade de rapaduras enriquecidas com farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru
- Pesquisador responsável: Célia Caroline Florindo da Silva
- Telefone: (62) 81195952 (inclusive para ligação à cobrar)

Esta pesquisa tem por objetivo avaliar a aceitação de rapadura enriquecida com farelo de arroz e amêndoa de baru, utilizando-se análises das características sensoriais.

O (a) senhor (a) tem liberdade de recusar a participar da pesquisa em qualquer momento sem qualquer prejuízo. A pesquisa não lhe trará danos morais, ou psicológicos. Os riscos que podem estar associados a essa análise são os de contaminação alimentar (química, biológica ou física). Desta forma, com a finalidade de preveni-los, os produtos utilizados foram avaliados no processo de fabricação quanto às boas práticas de manipulação e fabricação, de acordo com legislação vigente. Também foram tomados todos os devidos cuidados de manipulação pela equipe de pesquisa no manuseio das amostras. Além disso, caso algum provador apresente reação adversa comprovada ao produto oferecido na presente pesquisa, o pesquisador responsável assumirá todos os danos provocados à saúde e tomará as providências necessárias, inclusive o encaminhamento para atendimento médico.

Se o (a) senhor (a) aceitar participar, irá avaliar os produtos por meio da análise sensorial. A análise sensorial será realizada com teste afetivo de aceitação, feito com 50 pessoas adultas de ambos os sexos. Serão excluídos os sujeitos com disfunção que

comprometa a acuidade sensorial e aqueles que possuam alguma restrição em relação aos componentes da rapadura formulada. Para a avaliação dos atributos aparência, textura, sabor e odor as amostras serão servidas em pratos brancos descartáveis nas cabines individuais. Cada provador avaliará as amostras, marcando na ficha o valor correspondente à sua análise.

As pessoas selecionadas para o teste de aceitação serão convidadas a irem ao laboratório para avaliação das amostras uma única vez, em período entre refeições. O resultado da avaliação dos provadores será de uso exclusivo nesta pesquisa e de acesso limitado aos pesquisadores. O (a) senhor (a) não terá nenhuma despesa para participar da pesquisa bem como nada será pago por sua participação.

Nome e Assinatura do pesquisador \_\_\_\_\_

### **CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA**

Eu, \_\_\_\_\_, RG/ CPF/ n.º de prontuário/ n.º de matrícula \_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar do estudo \_\_\_\_\_, como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido(a) pelo pesquisador(a) \_\_\_\_\_ sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento, se for o caso).

Local e data: \_\_\_\_\_

Nome e Assinatura do sujeito: \_\_\_\_\_

**ANEXOS**

**ANEXO A.** Composição centesimal e valor energético total (VET) médio, seguidos dos desvios-padrão, em base seca, das rapaduras enriquecidas com FAE e ABT, de acordo com o delineamento de misturas.

Composição centesimal	Rapadura pura	Tratamentos**						
		1V	2V	3V	4V	5C	5C1	5C2
<b>Cinzas<sup>1</sup></b>	1,56±0,06	2,26±0,05	3,27 ±0,06	2,62 ±0,02	2,93 ±0,04	2,71±0,02	2,89 ±0,02	2,84 ±0,06
<b>Proteínas<sup>1</sup></b>	0,28±0,01	3,28 ±0,06	5,47±0,21	5,85 ± 0,24	5,90 ±0,12	5,19 ±0,24	5,39 ±0,18	5,25 ±0,11
<b>Lipídios<sup>1</sup></b>	-	3,87 ±0,03	5,80±0,04	7,11 ± 0,31	7,67±0,38	6,21 ±0,26	6,80 ±0,26	5,99 ±0,07
<b>Carboidratos<sup>1</sup></b>	98,16±0,05	90,67 ± 0,04	85,46±0,26	84,42 ± 0,25	83,50 ± 0,43	85,90±0,50	84,91±0,42	85,92±0,13
<b>Fibra Alimentar total<sup>1</sup></b>	-	1,47±0,02	2,67±0,09	2,01 ±0,05	2,58 ±0,03	2,40 ±0,07	2,44±0,03	2,45±0,07
<b>Fibra solúvel<sup>1</sup></b>	-	0,29 ±0,01	0,50±0,07	0,36±0,07	0,43 ±0,02	0,36 ±0,04	0,38±0,03	0,37±0,02
<b>Fibra insolúvel<sup>1</sup></b>	-	1,18 ±0,02	2,17 ±0,05	1,65 ±0,05	2,15±0,02	2,04±0,03	2,06±0,01	2,07±0,02
<b>VET<sup>2</sup></b>	393,76±0,23	409,02±0,58	415,94±0,30	425,05±1,62	426,62±0,41	420,22±0,41	422,47±1,36	418,61±0,55

<sup>1</sup> g (100 g)<sup>-1</sup>

<sup>2</sup> kcal g<sup>-1</sup>

**ANEXO B.** Composição centesimal e valor energético total (VET) médio, seguidos dos desvios-padrão, em base seca, das rapaduras enriquecidas com FAE e AT, de acordo com o delineamento de misturas.

Composição centesimal	Rapadura	Tratamentos**						
		1v	2v	3v	4v	5c	5c1	5c2
<b>Cinzas<sup>1</sup></b>	1,53±0,06	2,47±0,04	3,35 ±0,05	2,43 ±0,04	2,76 ±0,04	2,72 ±0,03	2,77 ±0,04	2,66 ±0,01
<b>Proteínas<sup>1</sup></b>	0,28±0,01	4,37 ±0,11	6,09±0,17	6,36 ± 0,25	7,17±0,12	6,29±0,17	6,06±0,11	5,99±0,28
<b>Lipídios<sup>1</sup></b>	-	4,91 ±0,14	6,69±0,03	7,65 ± 0,29	9,00±0,38	6,90±0,10	7,43 ±0,18	6,97±0,15
<b>Carboidratos<sup>1</sup></b>	98,16±0,05	88,25 ± 0,16	83,88±0,20	83,55 ± 0,42	81,07 ± 0,43	84,39±0,33	83,74±0,26	84,38±0,43
<b>Fibra Alimentar total<sup>1</sup></b>	-	1,14±0,03	2,30±0,05	1,48±0,11	1,99±0,08	1,81±0,05	1,82±0,02	1,88±0,05
<b>Fibra solúvel<sup>1</sup></b>	-	0,25 ±0,04	0,40±0,04	0,23 ±0,01	0,34 ±0,02	0,30±0,01	0,28±0,02	0,29±0,01
<b>Fibra insolúvel<sup>1</sup></b>	-	0,89±0,02	1,91 ±0,04	1,25 ±0,11	1,65±0,08	1,51±0,05	1,54±0,03	1,59±0,04
<b>VET<sup>2</sup></b>	393,76±0,23	414,67±0,87	420,05±0,04	428,53±1,45	433,96±0,41	424,80±0,85	426,03±1,03	424,19±0,77

<sup>1</sup> g (100 g)<sup>-1</sup>

<sup>2</sup> kcal g<sup>-1</sup>

**ANEXO C.** Valores médios, seguidos dos desvios-padrão de a\* e b\* das rapaduras enriquecidas com FAE e ABT.

Propriedade	Rapadura pura	Tratamento**						
		1V	2V	3V	4V	5C	5C1	5C2
<b>a*</b>	6,30±0,17 <sup>b</sup>	6,85±0,87 <sup>b</sup>	6,17±0,47 <sup>b</sup>	7,03±0,48 <sup>b</sup>	7,03±0,51 <sup>b</sup>	6,91±0,15 <sup>b</sup>	8,34±0,15 <sup>a</sup>	6,7±0,31 <sup>b</sup>
<b>b*</b>	15,40±1,21 <sup>b,c</sup>	14,95±1,79 <sup>b,c</sup>	10,23±0,92 <sup>d</sup>	15,71±1,67 <sup>b,c</sup>	21,08±1,03 <sup>a</sup>	13,29±0,48 <sup>c</sup>	20,50±0,42 <sup>a</sup>	16,83±1,60 <sup>b</sup>

**ANEXO D.** Valores médios, seguidos dos desvios-padrão de a\* e b\* das rapaduras enriquecidas com FAE e AT.

Propriedade	Rapadura pura	Tratamento**						
		1V	2V	3V	4V	5C	5C1	5C2
<b>a*</b>	6,30±0,17	5,01±0,86	6,04±0,15	6,43±1,00 <sup>a,b</sup>	7,46±0,74	4,78±0,81	7,43±0,23	6,39±0,44
<b>b*</b>	15,40±1,21	12,92±1,92	20,40±0,40	13,21±1,66 <sup>c</sup>	20,05±2,24	9,60±1,31	16,98±0,60	13,78±1,32