

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE ISOTÓPICA, FÍSICO-QUÍMICA, CENTESIMAL E  
ENERGÉTICA DE ÁGUA DE COCO**

**VITOR MASSAMI IMAIZUMI**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Julho – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE ISOTÓPICA, FÍSICO-QUÍMICA, CENTESIMAL E  
ENERGÉTICA DE ÁGUA DE COCO**

**VITOR MASSAMI IMAIZUMI**

Orientador: Prof. Dr. Waldemar Gastoni Venturini Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Julho – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO- BOTUCATU (SP)

Imaizumi, Vitor Massami, 1989-  
I31a Análise isotópica, físico-química, centesimal e energética de água de coco / Vitor Massami Imaizumi. - Botucatu : [s.n.], 2015  
ix, 50 f. : grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015  
Orientador: Waldemar Gastoni Venturini Filho  
Inclui bibliografia

1. Coco - Produtos - Análise. 2. Bebidas não-alcoólicas  
3. Bebidas - Embalagens. I. Venturini Filho, Waldemar Gastoni. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. III. Título.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** ANÁLISE ISOTÓPICA, FÍSICO-QUÍMICA, CENTESIMAL E ENERGÉTICA DE ÁGUA DE COCO

**AUTOR:** VITOR MASSAMI IMAIZUMI

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. WALDEMAR GASTONI VENTURINI FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA) , pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. WALDEMAR GASTONI VENTURINI FILHO  
Dep de Horticultura / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu 

Prof. Dr. CARLOS DUCATTI   
Departamento de Física e Biofísica / Instituto de Biociências de Botucatu

Profa. Dra. MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI   
Depto de Produção e Melhoramento Vegetal - FCA

Data da realização: 27 de julho de 2015.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado mais essa chance de evoluir espírito e intelectualmente

Ao Professor Doutor Waldemar Gastoni Venturini Filho pela orientação, amizade, atenção, dedicação e confiança

Aos Professores doutores Carlos Ducatti e Maria Márcia Pereira Sartori pela atenção e conselhos dados na qualificação, bem como em toda ajuda fornecida

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por todo o apoio financeiro e científico para a execução desse trabalho (processo 2013/10342-6)

À minha família que todo esse momento esteve ao meu lado me apoiando e me aconselhando a sempre continuar em meu caminho e nunca desistir

À Natália Tamagusko Miura pelo amor e carinho que me dedicou, estando sempre ao meu lado e me ajudando em todos os momentos difíceis

Aos meus amigos João Arthur Antonangelo, Ricardo Hideaki Miyajima, Humberto de Jesus Eufraide Júnior, João Victor Ribeiro da Silva de Souza, Luís Eduardo Fagian Serrano pela amizade e por todos os momentos de felicidade e descontração

À Luciana Trevisan Brunelli pela amizade e por toda ajuda, conselhos e ensinamento de práticas laboratoriais

Obrigado a todos aqueles que de forma direta ou indireta me auxiliaram nessa conquista.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
CAPITULO I.....	5
1.1 INTRODUÇÃO.....	6
1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
1.2.1 Legislação.....	7
1.2.2 Mercado.....	9
1.2.3 Matéria-prima.....	9
1.2.3.1 Coco.....	9
1.2.4 Processamento.....	10
1.2.5 Isótopos Estáveis.....	11
1.2.6 Enriquecimento Isotópico.....	12
1.2.7 Plantas de ciclo fotossintético C <sub>3</sub> e C <sub>4</sub> .....	12
1.2.8 Diluição Isotópica.....	13
1.2.9 Análise energética pelo método de composição centesimal.....	14
1.3 REFERÊNCIAS.....	14
CAPITULO II.....	17
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DE ÁGUA DO COCO <i>IN NATURA</i> E INDUSTRIALIZADA.....	18
RESUMO.....	18
SUMMARY.....	19
2.1 INTRODUÇÃO.....	20
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
2.2.1 Materiais.....	21
2.2.1.1 Amostras.....	21
2.2.2 Métodos.....	22
2.2.2.1 Extração da água de coco.....	22
2.2.2.2 Análises físico-químicas.....	22

2.2.2.3	Análise energética.....	22
2.2.2.4	Análise estatística.....	24
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
2.3.1	Análises físico-químicas das bebidas <i>in natura</i> e industrializadas.....	24
2.3.1.1	Sólidos Solúveis (Brix).....	24
2.3.1.2	pH.....	27
2.3.1.3	Acidez titulável.....	28
2.3.1.4	Açúcares redutores.....	28
2.3.1.5	Açúcares redutores totais.....	28
2.3.1.6	Cinzas.....	29
2.3.1.7	Sólidos insolúveis.....	29
2.3.1.8	Turbidez.....	29
2.3.2	Análise energética.....	29
2.4	CONCLUSÕES.....	30
2.5	REFERÊNCIAS.....	31
CAPÍTULO III.....		34
USO DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DO CARBONO NA DETECÇÃO DE ADULTERAÇÃO EM ÁGUA DE COCO.....		35
RESUMO.....		35
SUMMARY.....		36
3.1	INTRODUÇÃO.....	37
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
3.2.1	Metodologia.....	38
3.2.2	Planejamento experimental.....	39
3.2.2.1	Análise isotópica de água de coco <i>in natura</i> .....	39
3.2.2.2	Análise isotópica de açúcares.....	40
3.2.2.3	Análise isotópica de aditivos.....	40
3.2.2.4	Análise de sólidos solúveis.....	40
3.2.2.5	Estudo de erro do método de análise.....	40
3.2.2.6	Influência dos aditivos.....	41
3.2.2.7	Desenvolvimento da curva de legalidade.....	41
3.2.2.8	Análise isotópica de água de coco industrializada.....	41

3.2.2.9 Determinação de adulteração nas águas de coco industrializadas.....	41
3.2.2.10 Análise estatística.....	42
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
3.3.1 Análise isotópica de água de coco <i>in natura</i> , açúcar e aditivos.....	42
3.3.1.1 Água de coco <i>in natura</i> .....	42
3.3.1.2 Açúcar.....	42
3.3.1.3 Aditivos.....	43
3.3.1.4 Estudo de erro do método de análise.....	44
3.3.1.5 Influência dos aditivos.....	44
3.3.1.6 Desenvolvimento da curva de legalidade.....	45
3.3.1.7 Análise isotópica da água de coco industrializada.....	46
3.3.1.8 Determinação de adulteração nas águas de coco industrializadas.....	47
3.4 CONCLUSÕES.....	48
3.5 REFERÊNCIAS.....	48

## LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I.....	5
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	6
Tabela 1.1. Características físico-químicas da água de coco anão-verde com sete meses de idade de acordo com Rosa e Abreu (2000) e Silva et al. (2009).....	10
Tabela 1.2. Porcentagem da abundância natural (átomos %) dos isótopos estáveis no meio ambiente.....	12
CAPÍTULO II.....	17
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DE ÁGUA DO COCO <i>IN NATURA</i> E INDUSTRIALIZADA .....	18
Tabela 2.1. Cidades, estados e região de origem das amostras de cocos <i>in natura</i> .....	21
Tabela 2.2. Valores médios da composição físico-química das águas de coco <i>in natura</i> de diferentes localidades (n=2).....	25
Tabela 2.3. Valores médios da composição físico-química de diferentes marcas de águas de coco industrializadas (n=2).....	26
Tabela 2.4. Valores medianos das variáveis físico-químicas de água de coco <i>in natura</i> (n=14) e água de coco industrializada (n=17) .....	27
Tabela 2.5. Valores energéticos informados nos rótulos das águas de coco industrializadas, com intervalo de tolerância de $\pm 20\%$ e estimados pelo cálculo centesimal.....	30
CAPÍTULO III.....	34
USO DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DO CARBONO NA DETECÇÃO DE ADULTERAÇÃO EM ÁGUA DE COCO .....	35
Tabela 3.1. Médias e desvios padrão do enriquecimento isotópico relativo do carbono das amostras de água de coco <i>in natura</i> de acordo com o local de origem.....	42
Tabela 3.2. Valores máximos e mínimos de enriquecimento isotópico relativo do carbono das amostras de açúcar.....	43
Tabela 3.3. Médias e desvios padrão do enriquecimento isotópico relativo do carbono dos aditivos permitidos para água de coco industrializada.....	43
Tabela 3.4. Estimativa de erro entre cálculo teórico e prático da quantificação da fonte C3 (n=2).....	44
Tabela 3.5. Influência do carbono dos aditivos no sinal isotópico de água de <i>coco in natura</i> e adoçada (n=2).....	45

Tabela 3.6. Balanço de massa para obtenção da %C <sub>3</sub> teórica de água de coco adoçada com açúcar de cana na concentração máxima de 1g/100ml.....	46
Tabela 3.7. Médias e desvios padrão do enriquecimento isotópico relativo, teor de sólidos solúveis e intervalo da quantidade da fonte C <sub>3</sub> em águas de coco industrializadas (n=2).....	47

**LISTA DE FIGURAS**

CAPÍTULO I.....	5
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	6
Figura 1.1. Processamento da água de coco-verde para comercialização.....	11
CAPÍTULO III.....	34
USO DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DO CARBONO NA DETECÇÃO DE ADULTERAÇÃO EM ÁGUA DE COCO .....	35
Figura 3.1. Determinação da legalidade das amostras de água de coco Industrializadas.....	48

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos realizar, em águas de coco brasileiras, análises físico-químicas, energética e isotópica de carbono, a fim de caracterizá-las, atestar a veracidade das informações energéticas contidas no rótulo das embalagens e verificar a presença de adulteração por adição de açúcar de cana acima dos limites legais, respectivamente. Neste trabalho, foram utilizadas águas de coco *in natura*, fabricadas em laboratório (com adulteração conhecida) e industrializadas. Amostras de água de coco *in natura* e industrializadas foram analisadas para os seguintes parâmetros: proteína bruta, lipídio, carboidrato, valor calórico, açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART), açúcares não redutores (ANR), sólidos solúveis, acidez titulável (AT), pH, *Ratio*, (sólidos solúveis/acidez titulável) e turbidez. As análises isotópicas das amostras de água de coco *in natura*, fabricadas em laboratório e industrializadas foram realizadas em espectrômetro de massa de razão isotópica. Os valores obtidos da análise isotópica das bebidas fabricadas em laboratório permitiram estimar o erro do método. Com base nas informações da legislação, foi construída uma curva de legalidade em um gráfico cartesiano. Após analisar isotopicamente amostras da bebida industrializada, foi possível calcular a porcentagem de carbono do ciclo fotossintético C<sub>3</sub> (água de coco) e de carbono do ciclo fotossintético C<sub>4</sub> (açúcar de cana)

e confrontá-la com a curva de legalidade para identificar possíveis adulterações. As análises energéticas de água de coco foram realizadas pelo método da composição centesimal, sendo os resultados confrontados com as informações do rótulo. As águas de coco industrializadas apresentaram maiores teores de teor de sólidos solúveis, AR, ART, ANR e turbidez, e valor menor de pH, em relação às bebidas *in natura*. Não houve diferença significativa nos resultados das análises de *ratio*, cinzas e acidez titulável. Ao analisar o carbono das bebidas industrializadas, das 17 marcas analisadas, 6 foram consideradas dentro dos limites legais para adição de açúcar. Com relação à análise energética, uma das 6 marcas consideradas legais pela análise isotópica, está em desacordo com a informação contida no rótulo e das 5 restantes, 2 estão com o valor de pH em desacordo com o estabelecido por lei. Em conclusão, apenas 3 marcas foram consideradas legais.

---

Palavras-chave: *Cocus nucifera* L., bebida não alcoólica, legalidade, composição centesimal

ISOTOPIC, PHYSICOCHEMICAL AND ENERGETIC ANALYSIS OF COCONUT WATER  
Botucatu, 2015. 50p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) –  
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: VITOR MASSAMI IMAIZUMI

Adviser: WALDEMAR GASTONI VENTURINI FILHO

## **SUMMARY**

This study aimed to perform, in Brazilian coconut water, physicochemical, energy and isotopic carbon analysis in order to characterize, attest the veracity of the energy information contained in the packaging label and check for tampering by addition of sugar cane above the legal limit, respectively. In this paper, coconut water were used fresh, manufactured in the laboratory (with known tampering) and industrialized. Coconut water samples fresh and industrialized were analyzed for the following parameters: crude protein, lipid, carbohydrate, calories, reducing sugars (RS), total reducing sugars (TRS), not reducing sugars (NRS), soluble solids, acidity titratable (AT), pH, ratio (soluble solids / titratable acidity) and turbidity. The isotopic analysis of fresh coconut water samples, made in the laboratory and industrialized were conducted in isotopic ratio mass spectrometer. The values obtained from isotopic analysis of beverages manufactured in the laboratory allowed to estimate the error of the method. Based on law information, a legality curve was built in a Cartesian graph. After isotopically analyze industrialized drink samples, it was possible to calculate the percentage of carbon from photosynthetic cycle  $C_3$  (coconut water) and carbon from photosynthetic cycle  $C_4$  (sugar cane) and compare it with the legality curve for possible tampering. Energy analysis of coconut water were carried out by the method of proximate analysis and the results are confronted with the label information. The

industrialized coconut water had higher values for soluble solids contents, RS, TRS, NRS and turbidity, and lower levels in pH, for fresh beverages. There was no significant difference in the results of ratio analysis, ash and titratable acidity. By analyzing the carbon of industrialized beverages, in 17 brands analyzed, six were found within legal limits for added sugar. In energy analysis, one of the 6 brands considered legal by isotopic analysis, is in disagreement with the information on the label and in the 5 remaining samples, 2 are with the pH value in disagreement with the established by law. In conclusion, only 3 were considered legal brands.

---

Key-words: *Cocus nucifera* L., non-alcoholic beverage, legality, proximate analysis

# **CAPÍTULO I**

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1.1 INTRODUÇÃO

A água de coco é um produto provindo dos frutos do coqueiro anão-verde *Cocos nucifera* L., sendo utilizada para diversos fins, como medicinal, por ser uma bebida naturalmente isotônica. A população atualmente busca um meio de vida mais saudável, o que causa o aumento na procura dessa bebida. Contudo, para que a população de grandes centros urbanos possa ter acesso a esse produto, a indústria alimentícia realiza seu processamento para aumentar a conservação e facilidade de transporte e armazenamento.

A lei brasileira exige que produtos alimentícios contenham informações energéticas e nutricionais em suas embalagens, porém nem sempre há uma fidedignidade das características físico-químicas do produto com as informações contidas em seu rótulo, colocando em risco a saúde das pessoas.

Em função do aumento da concorrência entre as empresas do setor, começam a surgir adulterações nas bebidas industrializadas. Empresários desonestos podem “esticar” a bebida com água e açúcar de cana. O Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) da água de coco faculta a empresa adicionar à bebida uma quantidade não superior a 1g de açúcar de cana para cada 100ml de matéria-prima, acima desse valor confere adulteração e, portanto, ilegalidade.

A partir dos métodos convencionais de análises químicas não é possível identificar a origem e tampouco as quantidades de açúcar e água (exógenos) adicionadas à bebida durante seu processo de fabricação, dificultando assim a fiscalização e controle de qualidade. Contudo, a técnica de isótopos estáveis de carbono nos permite identificar a origem botânica e assim mensurar a quantidade de açúcar de cana adicionado à água de coco, dado à diferenciação fisiológica da utilização do carbono atmosférico no ciclo fotossintético C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> dessas plantas.

O presente trabalho teve como objetivo analisar águas de coco *in natura* e industrializadas comercializadas em território nacional, utilizando técnicas de isótopos estáveis e de composição centesimal, a fim de verificar a ocorrência de adulteração nessas bebidas e a veracidade das informações contidas no rótulo do produto, respectivamente. Analisou-se também a composição físico-química dessas bebidas, para sua caracterização.

## 1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.2.1 Legislação

O Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, artigo 20, define água de coco como a bebida obtida da parte líquida do fruto do coqueiro (*Cocus nucifera* L.) não diluída e não fermentada, extraída e conservada por processo tecnológico adequado (BRASIL, 2009a).

A Instrução Normativa nº 27, de 22 de julho de 2009 (BRASIL, 2009b) estabelece:

Art. 3º Para efeito desta Instrução Normativa, as águas de coco são classificadas em:

I - água de coco resfriada: é o produto envasilhado logo depois de ser extraído e, sem descontinuidade, submetido a um processo adequado de resfriamento;

II - água de coco pasteurizada: é o produto submetido a um processo adequado de pasteurização e posterior resfriamento;

III - água de coco congelada: é o produto submetido a um processo adequado de congelamento, podendo ou não ser pasteurizado;

IV - água de coco esterilizada: é o produto submetido a um processo adequado de esterilização;

V - água de coco concentrada: é o produto submetido a um processo adequado de concentração, cujo teor de sólidos solúveis, medidos em graus Brix, seja de, no mínimo, seis inteiros e setenta e cinco centésimos;

VI - água de coco desidratada: é o produto submetido a um processo adequado de desidratação, cujo teor de umidade seja igual ou inferior a três por cento; e

VII - água de coco reconstituída: é o produto submetido a um processo adequado de reidratação, a partir do produto definido no inciso V ou VI, deste artigo, atendendo aos padrões de identidade e qualidade previstos no art. 10, além de observado o previsto nos §§1º e 2º, do art. 4º, todos desta Instrução Normativa.

Parágrafo único. É obrigatória a declaração, na lista de ingredientes, da matéria-prima utilizada na obtenção do produto descrito no inciso VII, deste artigo, seja a água de coco concentrada ou desidratada.

A Instrução Normativa nº 27, de 22 de julho de 2009 (BRASIL, 2009b) estabelece:

Art. 4º A água de coco é composta do endosperma líquido do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), podendo ser adicionada de:

I - açúcares, exclusivamente para correção e padronização do Brix do produto, em quantidade não superior a um grama por cem mililitros; e

II - vitaminas, conforme legislação específica para nutrientes essenciais.

§ 1º Somente a água de coco definida no inciso VII, do art. 3º, desta Instrução Normativa, poderá ser reconstituída com água potável e água de coco, ou ambas, e apenas na quantidade suficiente para atingir as características estabelecidas nesta Instrução Normativa.

§ 2º Para a obtenção da água de coco reconstituída, deverá ser adotado o procedimento tecnológico de uma das seguintes classes de produto:

I - água de coco resfriada;

II - água de coco pasteurizada;

III - água de coco congelada; ou

IV - água de coco esterilizada.

Art. 6º As águas de coco resfriadas, pasteurizadas e congeladas deverão possuir as seguintes características físico-químicas:

Parâmetros	Mínimo	Máximo
pH	4,30	4,50
Sólidos solúveis em °Brix, a 20°C	-	6,70
Potássio em mg/100 mL	140,00	230,00
Sódio em mg/100ml	2,00	30,00

Art. 7º A água de coco esterilizada deverá possuir as seguintes características físico-químicas:

Parâmetros	Mínimo	Máximo
pH	4,60	5,40
Sólidos solúveis em °Brix, a 20°C	-	6,70
Potássio em mg/100 mL	140,00	230,00
Sódio em mg/100 mL	2,00	30,00

Art. 8º A água de coco concentrada deverá possuir as seguintes características físico-químicas:

Parâmetros	Mínimo	Máximo
Sólidos solúveis em °Brix, a 20°C	6,75	-
Potássio em mg/100 mL	210,00	-
Sódio em mg/100 mL	3,00	-

Art. 9º A água de coco desidratada deverá possuir as seguintes características físico-químicas no produto reconstituído para consumo:

Parâmetros	Mínimo	Máximo
pH	4,30	-
Sólidos solúveis em °Brix, a 20°C	4,50	6,70
Potássio em mg/100 mg	140,00	230,00
Sódio em mg/100 mg	2,00	30,00

Art. 10. A água de coco reconstituída deverá possuir as seguintes características físico-químicas para consumo:

Parâmetros	Mínimo	Máximo
pH	4,30	-
Sólidos solúveis em °Brix, a 20°C	4,50	6,70
Potássio em mg/100 mg	140,00	230,00
Sódio em mg/100 mg	2,00	30,00

### 1.2.2 Mercado

Em 2013 o cultivo mundial de coco ocupou uma área de 51.026,67 ha, com uma produção de 61.965.165,18 toneladas. A produção brasileira para esse mesmo ano foi de 2.820.468 toneladas, ocupando uma área de 109.678,83 ha (FAO, 2015).

Segundo Noel (2008) o nordeste brasileiro detém cerca de 80% dos coqueirais que produzem água de coco no Brasil. As grandes empresas Ducoco, Amacoco e Sococo dominam o mercado brasileiro, sendo que cerca de 70% do mercado de água envasada no país são produzidas por elas.

De acordo com Esperancini (2011) com base em uma pesquisa realizada pela Amacoco, o consumo anual de água de coco no Brasil é de 125 milhões de litros, sendo 700ml por habitante e desse total, a partir de dados obtidos da Associação Brasileira de Refrigerantes e Bebidas Não Alcoólicas, 39 milhões de litros se referem à água de coco embalada.

### 1.2.3 Matéria-prima

#### 1.2.3.1 Coco

O coco verde é fruto do coqueiro anão-verde, classificado botanicamente como drupa, tendo em sua constituição uma epiderme lisa que envolve o mesocarpo, o qual contém grande quantidade de fibras e na parte interior uma camada

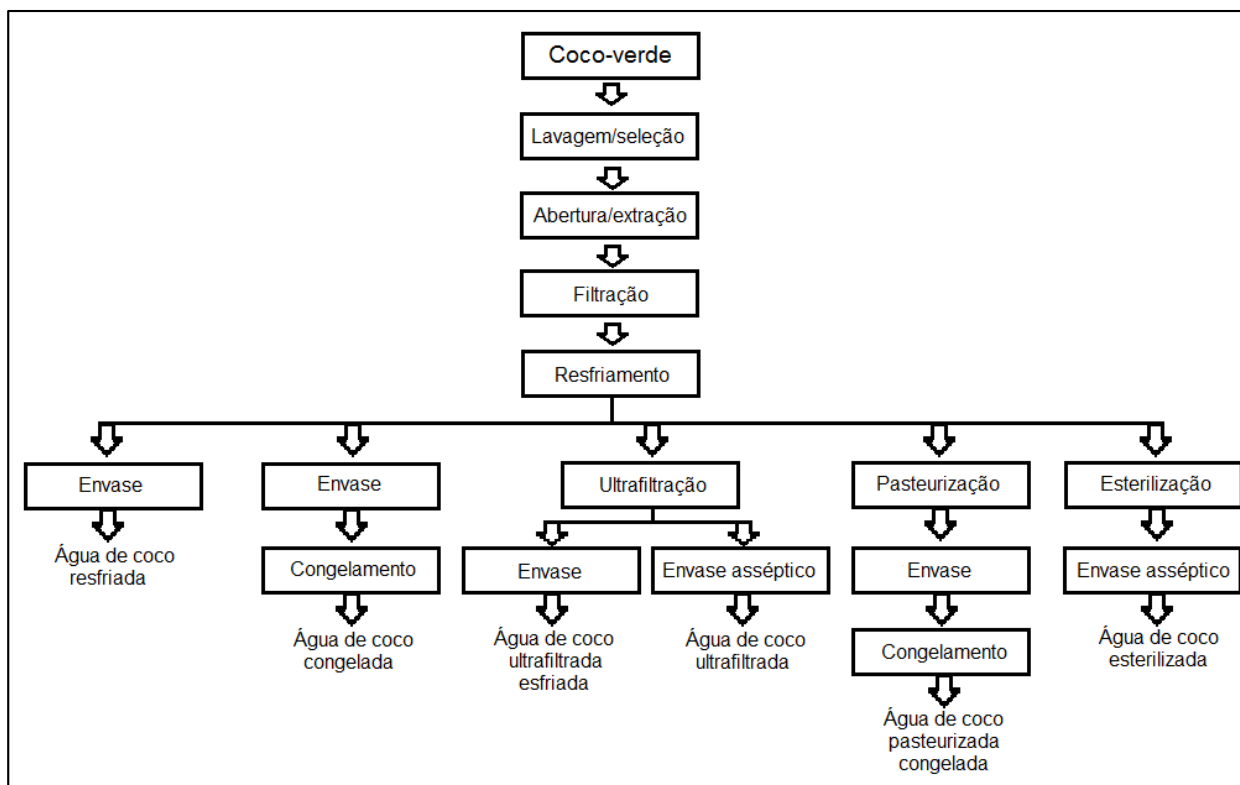
muito dura, o endocarpo (PASSOS, 2003). Esse coco é o mais utilizado para a extração de água de coco, pois com idade de seis a sete meses possui maior quantidade de água na sua cavidade interior (PENHA et al., 2010). As características físico-químicas da água de coco são apresentadas na Tabela 1.1 de acordo com Rosa e Abreu, (2000) e Silva et al., (2009).

**Tabela 1.1.** Características físico-químicas da água de coco anão-verde com sete meses de idade de acordo com Rosa e Abreu (2000) e Silva et al. (2009).

	<b>Rosa e Abreu (2000)</b>	<b>Silva et al. (2009).</b>
Açúcares redutores	-	4,29%
Açúcares totais	3460 (mg/100g)	-
Sacarose	280 (mg/100ml)	-
Glicose	2378 (mg/100ml)	-
Frutose	2400 (mg/100ml)	-
Sólidos totais	5,84 (g/100g)	4,66%
Brix	5,00	5,58
Acidez titulável	1,11 (%v/p)	0,064%
pH	4,91	4,96
<i>Ratio</i>	-	93,17
P	7,40 (mg/100g)	3,31 (mg/100g)
Ca	17,10 (mg/100g)	31,95 (mg/100g)
Na	7,05 (mg/100g)	7,67 (mg/100ml)
Mg	4,77 (mg/100g)	13,93 (mg/100ml)
Mn	0,52 (mg/100g)	0,19 (mg/100ml)
Fe	0,04 (mg/100g)	0,14 (mg/100ml)
K	156,86 (mg/100g)	152,00 (mg/100ml)
Cloretos	-	163,56
Sulfatos	-	4,82
C.E.	-	4,82 (ms/cm)
Vitamina C	1,2 (mg/100ml)	-
Proteínas	370 (mg/100g)	-
Turbidez	-	12,08 (NTU)
Valor calórico	27,51 (cal/100g)	-

#### 1.2.4 Processamento

Após extraída, a água de coco é submetida a um processamento para diminuir o contato do produto com o ar atmosférico, cujo propósito é reduzir as chances de contaminação por microrganismos, oxidação, atividade enzimática indesejável e preservar suas qualidades sensoriais originais (PENHA et al., 2010). O processamento da água de coco é mostrado na Figura 1.1.



**Figura 1.1.** Processamento da água de coco-verde para comercialização (PENHA et al., 2010).

### 1.2.5 Isótopos estáveis

A palavra isótopo se origina da língua grega (*iso*=mesmo; *topos*=lugar), ou seja, mesmo lugar, referindo-se à posição na tabela periódica. Outra definição seria a de átomos que possuem o mesmo número de prótons, mas diferentes números de nêutrons. A definição “estáveis” é dada pelo fato de não serem radioativos e não haver alteração em sua massa ao longo de sua existência (KELLY, 2003; MARTINELLI et al., 2009).

Os isótopos estáveis mais importantes e de maior ocorrência na natureza são Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio e Enxofre. Esses elementos por sua vez possuem isótopos de maior ocorrência na natureza (tabela 1.2) com menor massa atômica: Carbono ( $^{12}\text{C}$ ), Hidrogênio ( $^1\text{H}$ ), Oxigênio ( $^{16}\text{O}$ ), Nitrogênio ( $^{14}\text{N}$ ) e Enxofre ( $^{32}\text{S}$ ) e isótopos de menor ocorrência na natureza e com maior massa atômica ( $^{13}\text{C}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{34}\text{S}$ ) (DUCATTI, 2007).

**Tabela 1.2.** Porcentagem da abundância natural (átomos %) dos isótopos estáveis no meio ambiente.

<b>Elemento</b>	<b>Isótopo leve</b>	<b>Isótopo pesado</b>
<b>Carbono</b>	$^{12}\text{C} = 98,892$	$^{13}\text{C} = 1,108$
<b>Hidrogênio</b>	$^1\text{H} = 99,985$	$^2\text{H} = 0,015$
<b>Oxigênio</b>	$^{16}\text{O} = 99,759$	$^{18}\text{O} = 0,2035$
<b>Nitrogênio</b>	$^{14}\text{N} = 99,6337$	$^{15}\text{N} = 0,3663$
<b>Enxofre</b>	$^{32}\text{S} = 95,018$	$^{34}\text{S} = 4,215$

Fonte: DUCATTI (2007)

### 1.2.6 Enriquecimento Isotópico

A relação entre isótopos estáveis de carbono é determinada pelo espectrômetro de massa de razão isotópica (IRMS), o qual detecta a concentração dos isótopos ( $^{13}\text{C}$  e  $^{12}\text{C}$ ) de uma amostra. O valor do enriquecimento isotópico é simbolizado pela letra grega *delta* ( $\delta$ ) na razão  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  em relação ao padrão internacional PeeDeeBelemnite (PDB) (KELLY, 2003), sendo calculado pela equação 1:

$$\delta^{13}\text{C} (\text{Amostra, PDB}) = \left( \frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \right) \quad (1)$$

Onde:

$\delta^{13}\text{C}$  = enriquecimento isotópico do carbono-13 da amostra em relação ao padrão internacional PDB - adimensional;

$R_{\text{amostra}}$  = razão isotópica da amostra – adimensional

$R_{\text{padrão}}$  = razão isotópica do padrão PDB - adimensional

### 1.2.7 Plantas de ciclo fotossintético $\text{C}_3$ e $\text{C}_4$

Na natureza existem três grupos de plantas que se diferenciam na forma de assimilar o carbono atmosférico para transformar energia luminosa em química por meio da fotossíntese: plantas  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  e CAM.

A maioria das plantas terrestres pertencem ao grupo de ciclo fotossintético  $\text{C}_3$  (goiaba, manga, laranja, cevada, coco, etc.). A maneira como essas

plantas captam e utilizam o CO<sub>2</sub> atmosférico para a fotossíntese, discrimina o <sup>13</sup>CO<sub>2</sub>, o que na relação <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C resulta em δ<sup>13</sup>C relativamente baixos (média de -27‰).

As plantas de ciclo fotossintético C<sub>4</sub> (cana de açúcar, milho, sorgo, etc.) discriminam de forma diferente o <sup>13</sup>CO<sub>2</sub> atmosférico durante a fotossíntese, onde a relação <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C promove valores de δ<sup>13</sup>C relativamente mais altos (média de -13‰) quando comparadas com plantas de ciclo fotossintético C<sub>3</sub>. (VOZNESENSKAYA et al., 2010; DUCATTI, 2007; OLIVEIRA et al., 2002; TAIZ; ZEIGER, 2009).

### 1.2.8 Diluição Isotópica

O princípio da diluição isotópica se dá na mistura uniforme de duas fontes isotopicamente diferentes, onde a composição do produto formado é resultado da união e contribuição de isótopos dessas duas fontes, bem como da quantidade de cada uma delas (DUCATTI, 2007).

Dessa forma, na elaboração de uma bebida comercial, por exemplo, água de coco, esta matéria-prima *in natura* (C<sub>3</sub>) e açúcar de cana (C<sub>4</sub>) são misturados. Essa mistura por sua vez terá valor isotópico intermediário entre as duas fontes (açúcar de cana e água de coco *in natura*), cujo valor dependerá da proporção de cada uma delas.

É possível realizar uma mensuração quantitativa do carbono das fontes C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> a partir das equações 2 e 3 (KELLY, 2003):

$$\delta_a * A + \delta_b * B = \delta_p \quad (2)$$

$$A + B = 1 \quad (3)$$

Onde:

δ<sub>a</sub> = enriquecimento isotópico relativo das fontes de carbono C<sub>3</sub> (água de coco) – adimensional;

δ<sub>b</sub> = enriquecimento isotópico relativo da fonte de carbono C<sub>4</sub> (açúcar de cana) – adimensional;

δ<sub>p</sub> = enriquecimento isotópico relativo do produto – adimensional;

A = proporção relativa da fonte C<sub>3</sub> no produto – adimensional;

B = proporção relativa da fonte C<sub>4</sub> no produto – adimensional.

### 1.2.9 Análise energética pelo método de composição centesimal

Pode-se determinar o valor energético de um alimento por meio da composição centesimal. Neste caso, é calculado pela somatória dos valores energéticos de proteínas, lipídios e carboidratos, multiplicados por seus respectivos valores de conversão, (equação 4) (MORETTO et al., 2008).

Fatores de conversão (BRASIL, 2003).

- Proteína: 4 kcal/g – 17 kJ/g;
- Lipídio: 9 kcal/g – 37 kJ/g;
- Carboidrato: 4 kcal/g – 17 kJ/g;
- 1 kcal equivale aproximadamente 4,25 kJ

$$VE = FC \times CN \quad (4)$$

Onde:

VE = valor energético (kcal/100g);

FC = fator de conversão específico (kcal/g);

CN = concentração do componente nutricional na bebida (g/100g).

### 1.3 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Disponível em:

<[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a6809d8047457a1c86c0d63fbc4c6735/Compendio\\_marco\\_2011.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a6809d8047457a1c86c0d63fbc4c6735/Compendio_marco_2011.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 01 mar. 2015.

BRASIL. Decreto n. 6.871, de 04 de junho de 2009a. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm)> Acesso em: 15 Abr. 2013.

BRASIL. Instrução Normativa n. 27, de 22 de Julho de 2009b. Estabelece os procedimentos mínimos de controle higiênico-sanitário, padrões de identidade e características mínimas de qualidade gerais para a água de coco. Disponível em: <<http://www.ivegetal.com.br/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Referenciada/IN%20N%C2%BA%2027%20de%2022%20de%20julho%20de%202009.htm>> Acesso em: 15 Abr. 2013.

DUCATTI, C. Aplicação dos isótopos estáveis em aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, p.1-10, 2007. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982007001000001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982007001000001&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 29 Abr. 2013

ESPERANCINI, M. S. T. Mercado brasileiro de bebidas. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Indústria de bebidas: inovação, gestão e produção**. São Paulo: Blucher, 2011. v.3, cap. 14, p. 316-318.

FIGUEIRA, R.; NOGUEIRA, A.M.P.; DUCATTI, C.; VENTURINI FILHO, W.G.; MISCHAN, M. M. Análise Isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e Legalidade em Néctares de Laranja. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 211-219, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bjft/v14n3/05>> Acesso em: 08 Mai. 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 28 jan. 2015.

KELLY, S. D. Using isotope ratio mass spectrometry (IRMS) in food authentication and traceability. In: Lees, M. **Food authenticity and traceability**. Cambridge, Woodhead, 2003. cap. 7, p. 156-181.

MARTINELLI, L.A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERRAZ, E. S.; VICTORIA, R. L.; CAMARGO, P. B.; MOREIRA, M. Z. **Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 144 p.

MORETTO, E. et al. Composição centesimal dos produtos alimentícios. In: \_\_\_\_\_. **Introdução à ciência de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 2008, cap. 1, p. 17-50.

NOEL, F. L. Verão movido à água de coco. **Problemas Brasileiros**, São Paulo: SESC, ano 46, n. 386, 2008. Disponível em: <[http://www.sescsp.org.br/sesc/revistas\\_sesc/pb/artigo.cfm?Edicao\\_Id=302&Artigo\\_ID=4754&IDCategoria=5434&reftype=1](http://www.sescsp.org.br/sesc/revistas_sesc/pb/artigo.cfm?Edicao_Id=302&Artigo_ID=4754&IDCategoria=5434&reftype=1)>. Acesso em: 15 Abr. 2013.

OLIVEIRA, A. C. B.; SALIMON, C.I.; CALHEIROS, D. F.; FERNANDES, F.A.; VIEIRA, I.; CHARBEL, L. F.; PIRES, L. F.; SALOMÃO, M.S.M.B.; NOGUEIRA, S.F.; VIEIRA, S.; MOREIRA, M.Z.; MARTINELLI, L.A.; CAMARGO, P.B. Isótopos estáveis e produção de bebidas: de onde vem o carbono que consumimos?. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 285-288, 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612002000300015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612002000300015&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 08 Mai. 2013.

PASSOS, E. E. M. Aspectos Botânicos. In: FONTES, H. R.; RIBEIRO, F. E.; FERNANDES, M. F. **Coco Produção: Aspectos técnicos**, Brasília -DF: Embrapa, 2003. v. 1, cap. 3, p. 14-17. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/124963574/Ricardo-Dr05>> Acesso em: 23 Abr. 2013.

PENHA, E. M.; CABRAL, L. M. C.; DA MATTA, V. M. Água de coco. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Bebidas não alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2010. v. 2, cap. 1, p. 1-11.

ROSA, M. F.; ABREU, F. A. P. **Água-de-coco**: métodos de conservação. Fortaleza: Embrapa - CNPAT / SEBRAE/CE, 2000. Documentos 37, 40 p. Disponível em: <[http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo\\_1906.pdf](http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_1906.pdf)>. Acesso em: 23 Abr. 2013.

SILVA, D. L.V.; ALVES, R. E.; FIGUEIREDO, R. W.; MACIEL, V. T.; FARIS, J. M.; AQUINO, A. R. L. Características físicas, físico-químicas e sensoriais da água de frutos de coqueiro anão verde oriundo de produção convencional e orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1079-1084, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542009000400019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000400019&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 23 Abr. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER E. Fotossíntese: Reações de carboxilação. In: \_\_\_\_\_. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed. 2009. cap. 8, p.182-219.

VOZNESENSKAYA, E. V.; KOTEYEVA, N. K.; EDWARDS, G. E.; OCAMPO, G. Revealing diversity in structural and biochemical forms of C<sub>4</sub> photosynthesis and a C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> intermediate in genus *Portulaca* L. (Portulacaceae). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 61, n. 13, p. 3647-3662, 2010. Disponível em: <<http://jxb-oxfordjournals-org.ez87.periodicos.capes.gov.br/content/61/13/3647>> Acesso em: 26 Abr. 2013.

## **CAPÍTULO II**

## ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DE ÁGUA DO COCO *IN NATURA* E INDUSTRIALIZADA

### RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram caracterizar físico-quimicamente águas de coco *in natura* e industrializadas comercializadas em território brasileiro e calcular os valores energéticos das bebidas industrializadas, para compará-los com os declarados nos rótulos dos produtos. Foram realizadas análises de açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART), açúcares não redutores (ANR), sólidos solúveis, acidez titulável (AT), pH, *Ratio* (sólidos solúveis/acidez titulável) e turbidez. Os resultados das análises físico-química foram comparados com os do Padrão de Identidade e Qualidade da água de coco. O valor calórico das bebidas foi calculado a partir da sua composição centesimal. As águas de coco industrializadas apresentaram maiores teores de sólidos solúveis, AR, ART, ANR e turbidez, e menor de pH, em relação às bebidas *in natura*. Não houve diferença significativa entre as bebidas nos resultados de *ratio*, cinzas e acidez titulável. Das 17 marcas analisadas, duas estão com seus valores de pH em desacordo com o estabelecido por lei e apenas uma revelou desacordo entre seu rótulo e os resultados das análises energéticas.

---

**Palavras-chave:** *Cocos nucifera* L., bebida não alcoólica, análise química, valor calórico, padrão de identidade e qualidade, rótulo

## PHYSICOCHEMICAL AND ENERGETIC ANALISYS OF FRESH AND INDUSTRIALIZED COCONUT WATER

### SUMMARY

The objectives of this work were to characterize physicochemically fresh and industrialized coconut water sold in Brazil and calculate the energy values of industrialized beverages, to compare them with the information on product labels. Analisis of reducing sugar (RS), total reducing sugars (TRS), not reducing sugars (NRS), soluble solids, titratable acidity (TA), pH, ratio (soluble solids / titratable acidity) and turbidity were made. The results of physicochemical analyzes were compared with the Identity and Quality Standard of coconut water. The calorie content of the drinks was calculated from its chemical composition. The industrialized coconut water had higher values for soluble solids contents, RS, TRS, NRS and turbidity, and lower levels in pH, for fresh beverages. There was no significant difference in the results of ratio analysis, ash and titratable acidity. Of the 17 brands analyzed, two are with their pH values in disagreement with the established by law and only one revealed disagreement between your label and the results of the proximate analisis.

---

**Keywords:** *Cocus nucifera* L., non-alcoholic beverage, chemical analisis, caloric value, identity and quality standard, label

## 2.1 INTRODUÇÃO

Há muitos anos a água de coco é um produto consumido no Brasil, principalmente no litoral, como substituto da água para matar a sede. Atualmente a população busca uma vida mais saudável, fazendo que o consumo de água de coco se dê não somente por ser uma bebida refrescante e agradável, mas também devido à sua quantidade equilibrada de sais e açúcares, importante para a reidratação corporal e por suas funções energéticas, nutricionais, terapêuticas e qualidades sensoriais (ARAGÃO, 2001).

A Instrução Normativa nº 27, de 22 de julho de 2009 define que a água de coco é composta do endosperma líquido do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), podendo, para sua industrialização, ser adicionada de açúcares, exclusivamente para correção e padronização do Brix do produto, em quantidade não superior a um grama por cem mililitros e vitaminas. Seu teor de sólidos solúveis (°Brix) deve ser superior a 4,5 e inferior a 6,7, para ambas águas de coco esterilizada e pasteurizada, sendo o pH exigido no intervalo de 4,3 a 4,5 para águas de coco pasteurizadas e o intervalo de 4,6 a 5,4 para águas de coco esterilizadas (BRASIL, 2009b).

Ao consumir água de coco industrializada a população pode estar colocando em risco sua saúde ao confiar nas informações nutricionais contidas nos rótulos das embalagens. Pode-se definir rótulo nutricional como sendo uma descrição destinada a informar o consumidor as propriedades nutricionais presentes em um alimento, compreendendo a declaração de seu valor energético e os principais nutrientes nele presentes (CAVADA et al, 2012).

Informações corretas e confiáveis são direito do consumidor, asseguradas pelo Código de Proteção e Defesa do Consumidor. A veracidade da real composição do produto confrontado com as informações apresentadas pelo rótulo nutricional deve ser garantida e cumprida, para que essas informações possam auxiliar o consumidor em suas escolhas e aos profissionais de saúde, na formulação de uma dieta. (LOBANCO et al, 2009).

O valor energético pode ser determinado pelo método direto, por meio de bomba calorimétrica ou indireto, por cálculo a partir da composição centesimal (MORETTO et al, 2008; BRASIL, 2003).

O objetivo desse trabalho foi analisar as águas de coco *in natura* e industrializadas brasileiras, quanto à sua composição físico-química e centesimal para sua caracterização e comparação, e também para atestar a veracidade das informações contidas nos rótulos dos produtos industrializados.

## 2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.2.1 Materiais

#### 2.2.1.1 Amostras

Frutos maduros do coqueiro anão-verde foram comprados de diversas cidades do Brasil, entre os meses de setembro e outubro de 2013. Para todas as localidades de origem dos cocos (Tabela 2.1), foram adquiridos 2 frutos por localidade, perfazendo um total de 28 cocos.

As águas de coco industrializadas foram adquiridas em redes de supermercado, totalizando 17 marcas que foram nomeadas com letras de A até Q, sendo 15 marcas de água de coco esterilizada e 2 marcas de água de coco pasteurizada (M e Q). Os critérios de compra das amostras foram três embalagens de mesmo tamanho por marca, mesmo lote e o maior número possível de marcas brasileiras. Foram utilizadas duas embalagens da mesma marca para realizar as análises, e uma terceira congelada a fim de se manter uma contraprova.

**Tabela 2.1.** Cidades, estados e região de origem das amostras de cocos *in natura*.

<b>Origem</b>	<b>Região</b>
Rodelas-BA	Nordeste
Juazeiro-BA	Nordeste
Santa Maria Eterna-BA	Nordeste
Sousa-PB	Nordeste
Patroa de Neópolis-SE	Nordeste
Sergipe	Nordeste
Alagoas	Nordeste
São Gabriel da Palha-ES	Sudeste
Nova Venécia-ES	Sudeste
Tupaciguara-MG	Sudeste
Bady Bassit-SP	Sudeste
Marília-SP	Sudeste
Botucatu-SP	Sudeste

### 2.2.2 Métodos

#### 2.2.2.1 Extração da água de coco

A água dos cocos foi extraída com a abertura do pedicelo dos frutos, conhecido também por “olho” do coco, com auxílio de uma faca (EMBRAPA, 2005), filtradas em tecido sintético de malha fina “*voil*” e posteriormente armazenadas em garrafas de polietileno e congeladas para que fosse possível realizar as análises sem que houvesse deterioração das amostras.

### 2.2.2.2 Análises físico-químicas

As águas de coco *in natura* e industrializadas foram analisadas quanto ao teor de sólidos solúveis (Brix), pH, acidez titulável, turbidez, cinzas (BRASIL, 2005), açúcares redutores e açúcares redutores totais, calculando-se posteriormente açúcares não redutores e *ratio* (COPERSUCAR, 1978).

### 2.2.2.3 Análise energética

A análise energética foi realizada pelo método de composição centesimal, a partir da análise da concentração de proteína, lipídio, umidade e cinzas existentes na água de coco industrializada, e posteriormente calculado o carboidrato a partir desses parâmetros. O valor energético foi expresso em kcal (BRASIL, 2005).

-Umidade: determinada por secagem da amostra em estufa à temperatura de 105°C até peso constante;

-Proteínas: determinada pelo método de Kjeldahl, com o fator de conversão 5,30;

-Lipídios: determinados pela metodologia de Bligh e Dyer (1959);

-Cinzas: determinadas pela incineração da amostra em mufla à temperatura de 550°C;

-Carboidratos: obtido do cálculo de 100 menos a soma dos resultados de proteínas, umidade, cinzas e lipídios.

Utilizou-se os fatores de conversão energética para cálculo do valor energético, expressos em kcal e kJ (BRASIL, 2003).

- Proteína: 4 kcal/g – 17 kJ/g;

- Lipídio: 9 kcal/g – 37 kJ/g;

- Carboidrato: 4 kcal/g – 17 kJ/g;

- 1 kcal equivale aproximadamente 4,25 kJ.

No cálculo do valor energético das bebidas, o método da composição centesimal apresenta os dados obtidos em kcal/100g, porém a informação energética fornecida pelas empresas é em kcal por volume estipulado individualmente,

ou seja, cada empresa coloca um volume diferente da outra. Sendo assim, os valores de kcal foram ajustados para o volume de 100ml e depois convertidos para 100g, por meio da densidade de cada bebida.

De acordo com o anexo 3.5.1 da RDC 360 de 23 de dezembro de 2003, a tolerância para informações nutricionais nos rótulos dos produtos brasileiros é de +20%. No entanto, ao ser questionado sobre a possibilidade de ser  $\pm 20\%$  de tolerância, a ANVISA, órgão responsável pela citada lei, respondeu em 16/04/2015:

“Em atenção à sua solicitação, informamos que é permitido uma tolerância de +/- 20% com relação aos valores de nutrientes declarados no rótulo, de acordo com o item 3.5.1 do anexo da RDC 360/2003, houve uma retificação desta Resolução no DOU DE 12/06/2013, corrigindo esta informação.”

Dessa forma, a amostra de água de coco analisada em laboratório, cujo valor energético extrapolar o limite de  $\pm 20\%$  do valor energético contido no rótulo do produto, será considerada em desacordo com a legislação (BRASIL, 2003).

#### **2.2.2.4 Análise estatística**

As variáveis das análises físico-químicas não apresentaram distribuição normal, sendo aplicado o teste de Mann-Whitney, comparando-se as bebidas *in natura* e bebidas industrializadas. A análise estatística foi realizada pelo programa MiniTab 16 e considerou-se significativo quando  $p < 0,05$ .

### **2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **2.3.1 Análises físico-química das bebidas *in natura* e industrializadas**

As Tabelas 2.2 e 2.3 apresentam os valores obtidos das análises físico-químicas e seus desvios padrão de cada amostra das águas de coco *in natura* e industrializada. Na Tabela 2.4 estão representados os valores de medianos das análises físico-químicas com a comparação estatística entre águas de coco *in natura* e industrializada.

##### **2.3.1.1 Sólidos Solúveis (Brix)**

Analisando os dados de teor de sólidos solúveis, podemos verificar que em geral as águas de coco industriais possuem maior concentração de sólidos solúveis, dado a sua maior mediana de 5,75 contra 5,35 da água de coco *in*

*natura*, indicando que essas bebidas podem ter recebido açúcar de cana durante seu processamento (Tabela 2.4).

Tan et al. (2013), encontraram valores médios de teor de sólidos solúveis variando de 4,85 a 6,15 °Brix, em frutos de diferentes estágios de maturação.

Silva et al. (2009) analisando águas de coco de cultivo convencional e orgânico, obtiveram valores médios de 5,58° Brix para água de coco convencional e 6,0° Brix para água de coco orgânica. Rosa e Abreu (2000) realizando caracterização físico-química de água de coco obtiveram valor médio de 5,0° Brix.

Vale lembrar que a legislação brasileira determina para água de coco industrializada o limite máximo de sólidos solúveis de 6,7 °Brix. As marcas A e E possuem em média os valores de 7,2 e 6,9 °Brix, respectivamente, indicando adulteração da bebida industrial, por adição de açúcar em excesso (Tabela 2.3).

**Tabela 2.2.** Valores médios da composição físico-química das águas de coco *in natura* de diferentes localidades (n=2).

Localidade	pH	Ac. Titulável (%Ác. Málico)	Sólidos Solúveis (°Brix)	AR (g/100ml)	ART (g/100ml)	ANR (g/100ml)	Ratio	Cinzas (%m/m)	Turbidez (NTU)
<b>Bady Bassit - SP</b>	5,97 ±0,01	0,027 ±0,00	5,8 ±0,07	3,6 ±0,23	4,3 ±0,09	0,62 ±0,09	215,67 ±4,93	0,3629 ±0,0240	81,1 ±0,71
<b>Marília - SP</b>	5,10 ±0,00	0,096 ±0,00	5,8 ±0,00	4,2 ±0,06	4,7± 0,06	0,48 ±0,02	60,54 ±0,60	0,5089 ±0,0324	17,0 ±0,42
<b>Botucatu - SP</b>	5,13 ±0,02	0,060 ±0,00	4,0 ±0,35	2,9 ±0,03	3,3 ±0,11	0,31 ±0,02	67,97 ±7,01	0,2936 ±0,0092	10,0 ±0,21
<b>Linhares - ES</b>	5,18 ±0,02	0,064 ±0,00	4,7 ±0,00	3,8 ±0,05	4,0 ±0,11	0,24 ±0,03	73,87 ±2,20	0,2998 ±0,0035	12,4 ±0,14
<b>São Gabriel da Palha - ES</b>	5,11 ±0,07	0,072 ±0,00	5,6 ±0,00	4,3 ±0,15	4,8 ±0,91	0,31 ±0,08	78,85 ±3,07	0,3735 ±0,0080	12,1 ±0,00
<b>Nova Venécia - ES</b>	5,30 ±0,03	0,056 ±0,01	5,9 ±0,00	4,1 ±0,11	4,4 ±0,13	0,28 ±0,01	109,54 ±22,99	0,4492 ±0,0056	14,0 ±0,21
<b>Tupaciguara - MG</b>	7,11 ±0,01	0,023 ±0,00	5,8 ±0,00	3,6 ±0,21	3,9± 0,11	0,21 ±0,07	254,61 ±0,00	0,6974 ±0,0052	190,5 ±2,12
<b>Santa Maria Eterna - BA</b>	5,23 ±0,00	0,057 ±0,02	4,1 ±0,00	3,9 ±0,00	3,6 ±0,15	0,00 ±0,00	74,95 ±23,18	0,3687 ±0,0099	13,9 ±0,07
<b>Juazeiro - BA</b>	5,00 ±0,04	0,078 ±0,00	5,0 ±0,00	2,2 ±0,03	3,8 ±0,12	1,45 ±0,02	63,79 ±1,16	0,2930 ±0,0149	9,6 ±0,99
<b>Rodelas - BA</b>	5,02 ±0,01	0,062 ±0,00	5,5 ±0,00	4,3 ±0,35	4,5 ±0,15	0,02 ±0,02	88,75 ±0,68	0,2878 ±0,0117	13,0 ±0,49
<b>Sousa - PB</b>	5,66 ±0,03	0,036 ±0,00	6,1 ±0,00	4,3 ±0,20	4,6 ±0,35	0,40 ±0,01	172,01 ±13,34	0,5651 ±0,0052	55,0 ±0,35
<b>Patroa de Neápolis - SE</b>	6,09 ±0,04	0,030 ±0,00	4,7 ±0,00	2,7 ±0,08	3,5 ±0,05	0,71 ±0,02	156,75 ±23,27	0,4147 ±0,0044	52,1 ±0,57
<b>Sergipe</b>	5,72 ±0,01	0,047 ±0,01	5,2 ±0,00	4,6 ±0,10	4,9 ±0,26	0,20 ±0,28	111,84 ±14,69	0,5029 ±0,0073	46,4 ±0,14
<b>Alagoas</b>	5,11 ±0,04	0,066 ±0,00	4,5 ±0,00	3,1 ±0,13	3,4 ±0,06	0,23 ±0,02	67,67 ±0,24	0,3659 ±0,0092	9,5 ±0,00

**Tabela 2.3.** Valores médios da composição físico-química de diferentes marcas de águas de coco industrializadas (n=2).

<b>Marca</b>	<b>pH</b>	<b>Ac. Titulável (%Ác. Málico)</b>	<b>Sólidos Solúveis (°Brix)</b>	<b>AR (g/100ml)</b>	<b>ART (g/100ml)</b>	<b>ANR (g/100ml)</b>	<b>Ratio</b>	<b>Cinzas (%m/m)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>
<b>A</b>	4,71 ±0,01	0,074 ±0,00	7,2 ±0,00	6,1 ±0,20	6,9 ±0,11	0,88 ±0,16	97,72 ±4,31	0,3435±0,0114	47,75±1,91
<b>B</b>	5,20 ±0,01	0,023 ±0,00	5,8 ±0,00	3,9 ±0,09	5,4 ±0,10	1,43 ±0,04	253,77 ±5,56	0,3877±0,0040	28,05±0,19
<b>C</b>	4,82 ±0,01	0,066 ±0,00	5,3 ±0,00	3,7 ±0,08	4,7 ±0,30	0,89 ±0,32	80,85 ±1,83	0,3656±0,0147	57,58±0,67
<b>D</b>	4,91 ±0,01	0,032 ±0,00	5,5 ±0,06	3,6 ±0,10	5,1 ±0,06	1,35 ±0,05	172,31 ±6,57	0,3662±0,0044	18,68±0,48
<b>E</b>	4,60 ±0,03	0,068 ±0,01	6,9 ±0,05	6,0 ±0,14	6,8 ±0,08	0,87 ±0,20	103,13 ±14,82	0,2631±0,0052	52,75±0,54
<b>F</b>	4,83 ±0,02	0,085 ±0,00	5,8 ±0,58	3,4 ±0,05	5,4 ±0,05	1,91 ±0,04	67,97 ±7,59	0,4772±0,0092	28,35±0,48
<b>G</b>	4,84 ±0,01	0,064 ±0,00	5,7 ±0,00	4,0 ±0,04	5,4 ±0,08	1,43 ±0,09	88,53 ±1,83	0,3094±0,0032	83,75±0,83
<b>H</b>	5,24 ±0,01	0,024 ±0,00	5,6 ±0,00	3,9 ±0,05	5,1 ±0,17	1,14 ±0,19	234,29 ±12,25	0,3340±0,0141	32,70±0,87
<b>I</b>	5,17 ±0,00	0,054 ±0,00	6,3 ±0,06	1,2 ±0,01	4,6 ±0,04	3,18 ±0,04	115,56 ±9,59	0,4933±0,0017	131,00±22,58
<b>J</b>	4,60 ±0,01	0,040 ±0,00	5,6 ±0,00	5,0 ±0,10	5,3 ±0,08	0,30 ±0,15	141,71 ±2,93	0,4529±0,0082	47,95±0,17
<b>K</b>	4,62 ±0,01	0,039 ±0,00	5,7 ±0,00	4,8 ±0,23	5,3 ±0,09	0,56 ±0,24	148,03 ±3,75	0,4154±0,0048	46,55±2,32
<b>L</b>	4,85 ±0,00	0,081 ±0,00	6,3 ±0,00	3,3 ±0,08	5,3 ±0,02	1,92 ±0,06	78,23 ±3,42	0,4800±0,0040	38,13±1,58
<b>M</b>	5,13 ±0,08	0,067 ±0,01	6,4 ±0,00	4,8 ±0,15	5,6 ±0,18	0,85 ±0,25	95,84 ±11,20	0,4418±0,0179	109,45±36,44
<b>N</b>	5,31 ±0,01	0,035 ±0,00	5,7 ±0,00	4,4 ±0,09	5,9 ±0,16	1,43 ±0,19	163,43 ±7,04	0,3739±0,0033	12,43±0,15
<b>O</b>	5,17 ±0,01	0,059 ±0,00	5,7 ±0,00	5,3 ±0,19	5,8 ±0,07	0,52 ±0,17	96,17 ±2,31	0,3884±0,0155	60,78±0,56
<b>P</b>	5,01 ±0,00	0,094 ±0,00	6,2 ±0,00	4,7 ±0,05	6,3 ±0,12	1,55 ±0,14	66,29 ±3,41	0,3658±0,0106	66,83±8,40
<b>Q</b>	4,83 ±0,02	0,095 ±0,00	6,5 ±0,00	5,1 ±0,21	6,3 ±0,19	1,07 ±0,06	68,25 ±2,06	0,4925±0,2027	12,43±0,15

**Tabela 2.4.** Valores medianos das variáveis físico-químicas de água de coco *in natura* (n=14) e água de coco industrializada (n=17).

<b>Análise</b>	<b><i>In natura</i></b>	<b>Industrial</b>
Sólidos Solúveis (°Brix)	5,35b	5,75a
AR (g/100ml)	3,83b	4,37a
ART (g/100ml)	4,04b	5,40a
ANR (g/100ml)	0,30b	1,16a
<i>Ratio</i>	88,75a	97,79a
pH	5,21a	4,85b
Acidez (% ác. Málico)	0,06a	0,06a
Cinzas (% m/m)	0,3780a	0,3847a
Turbidez (NTU)	13,85b	48,00a

Medianas seguidas de letras diferentes, na linha, diferem pelo teste de Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ).

### 2.3.1.2 pH

Pode-se observar que o valor do pH das bebidas *in natura* é maior que o das bebidas industrializadas (5,21 contra 4,85). Isso se dá provavelmente pelo fato de que ao envasar a água de coco, a indústria adiciona ácido cítrico para baixar seu pH, visando equilibrar o *ratio*, para compensar o açúcar adicionado, e melhorar sua conservação, e assim sua vida de prateleira (ROSA; ABREU, 2000). Analisando os valores de pH das letras M (5,13) e Q (4,83) na Tabela 2.3, verifica-se que, por se tratarem de amostras do tipo pasteurizadas, as mesmas estão fora do intervalo de 4,30 a 4,50 estipulado por lei. O pH ideal para conter a proliferação de microrganismos patogênicos, como *Clostridium botulinum*, é abaixo de 4,5 (EVANGELISTA, 2008). Outro fator relevante é o descrito por Tan et al. (2013) que observaram um valor crescente nas médias de pH de cocos com diferentes estágios de maturação, sendo 4,78 para cocos imaturos, 5,34 para cocos maduros e 5,71 para cocos muito

maduros, o que sugere uma possibilidade de a indústria estar usando cocos de diferentes estágios de maturação.

### 2.3.1.3 Acidez titulável

Analisando a Tabela 2.4, pode-se verificar que o valor das medianas é igual a 0,06 para ambas não havendo diferença estatística entre elas. No entanto, esperava-se uma acidez titulável maior na água de coco industrial em função de seu menor pH. Esses baixos valores de acidez em ambas águas de coco, tem por consequência elevados valores de *ratio*, com destaque para a amostra de Tupaciguara-MG a qual apresentou o menor valor de acidez (0,023 %) e o maior valor de pH (7,11) e *ratio* (254,61) das amostras *in natura*. Esses valores discrepantes se deram provavelmente devido ao avançado grau de maturação do fruto. A possibilidade de contaminação da água de coco foi descartada, dado que todas as amostras foram acondicionadas em garrafas de polietileno e congeladas imediatamente após sua extração.

Silva et al. (2009) comparando águas de coco *in natura* de cultivo orgânico com de cultivo convencional encontraram valores de acidez titulável de 0,058 para produção orgânica e 0,064 para produção convencional, não havendo diferença estatística entre si.

### 2.3.1.4 Açúcares Redutores

A água de coco *in natura* possui açúcares redutores, como mostra os resultados da análise de AR na Tabela 2.2. As águas de coco industrializadas possuem teores de AR mais elevados do que as bebidas *in natura*, indicando que receberam açúcar durante seu processamento, o que é permitido por lei federal, desde que não ultrapasse o limite máximo de 1 g/100ml. Os valores medianos mais elevados de AR nas águas de coco industriais evidenciam que uma parcela da sacarose adicionada foi hidrolisada, já que este açúcar não possui poder redutor.

### 2.3.1.5 Açúcares Redutores Totais

Os valores de ART são maiores que os de AR tanto nas bebidas *in natura* quanto nas industrializadas (com exceção da amostra de número 9), indicando a presença de sacarose em ambas as bebidas.

Ao analisarmos os valores de ART nas águas de coco *in natura*, podemos observar a presença de sacarose (açúcar não redutor) em pequenas concentrações. Já nas águas de coco industriais, as concentrações de sacarose são maiores devido à adição de açúcar durante o processamento da bebida. Jackson et al. (2004), analisando a água de coco de frutos com diferentes idades de maturação, encontraram resultados de ART maiores que os de AR, confirmando a presença de sacarose na água de coco *in natura*.

#### **2.3.1.6 Cinzas**

Todas as bebidas (*in natura* e industriais) apresentam valores abaixo de 1% m/m, não havendo diferença significativa na comparação das medianas. A TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011) apresenta o valor de 0,5 % m/m aproximado à mediana de 0,38 % m/m encontrada nesse trabalho. Yong et al. (2009) encontraram valores de 0,87 % m/m em cocos jovens e 0,47 % m/m em cocos maduros.

#### **2.3.1.7 Sólidos Insolúveis**

Os valores obtidos das análises de sólidos insolúveis em ambas águas de coco foram abaixo de 0,0005; assim, esses valores foram considerados como traços. Para este parâmetro, o resultado estatístico das águas de coco *in natura* e industrial não foi significativo.

#### **2.3.1.8 Turbidez**

Ao comparar os resultados obtidos dos dois tipos de bebidas (*in natura* e industrial) pode-se verificar que a água de coco *in natura* possui valor mediano menor que a água de coco industrial. Uma possível explicação para este fato pode ser o uso de açúcar cristal de baixa qualidade para a correção do Brix nas bebidas industrializadas (GUERRA; MUJICA, 2010). Outra possível explicação é baseada nos resultados de Tan et al. (2013) que obtiveram valores de turbidez significativamente diferentes conforme o estágio de maturação do fruto, havendo um aumento gradativo em frutos imaturos, maduros até excessivamente maduros. A indústria pode estar utilizando cocos em vários estágios de maturação para envase e comercialização.

### 2.3.2 Análise energética

Os valores energéticos das bebidas industrializadas foram confrontados com as informações contidas no rótulo das embalagens (Tabela 2.5). Esses valores foram calculados em kcal e kJ, conforme exigência legal.

**Tabela 2.5.** Valores energéticos informados nos rótulos das águas de coco industrializadas, com intervalo de tolerância de  $\pm 20\%$  e estimados pelo cálculo centesimal.

Marca	RT (kcal/100g)	+20% <sup>1</sup>	-20% <sup>1</sup>	AC (kcal/100g)
	kcal / kJ	kcal / kJ	kcal / kJ	kcal / kJ
A	21,88 / 92,99	26,26 / 111,60	17,50 / 74,37	23,20 / 98,59
B	17,60 / 74,80	21,12 / 89,76	14,08 / 59,84	19,43 / 82,57
C	22,04 / 93,67	26,45 / 112,41	17,63 / 74,93	16,77 / 71,27
D	17,62 / 74,88	21,14 / 89,84	14,10 / 59,92	17,59 / 74,74
E	21,90 / 93,07	26,28 / 111,69	17,52 / 74,46	24,65 / 104,77
F	21,56 / 91,63	25,87 / 109,95	17,25 / 73,31	20,91 / 88,86
G	21,91 / 93,12	26,30 / 111,78	17,53 / 74,50	19,25 / 81,82
H	17,61 / 74,84	21,13 / 89,80	14,09 / 59,88	19,30 / 82,04
I	21,86 / 92,90	26,23 / 111,48	17,49 / 74,33	19,25 / 81,82
J	17,81 / 75,69	21,37 / 90,82	14,25 / 60,56	17,26 / 73,36
K	19,56 / 83,13	23,47 / 99,75	15,65 / 66,51	19,20 / 81,61
L	21,47 / 91,25	25,76 / 109,48	17,18 / 73,01	21,65 / 91,99
M	19,51 / 82,92	23,41 / 99,49	15,61 / 66,34	20,66 / 87,79
N	21,52 / 91,46	25,82 / 109,73	17,22 / 73,18	19,91 / 84,63
O	22,01 / 93,54	26,41 / 112,24	17,61 / 74,84	19,38 / 82,36
P	22,45 / 95,41	26,94 / 114,49	17,96 / 76,33	21,40 / 90,97
Q	19,50 / 82,87	23,40 / 99,45	15,6 / 66,30	20,23 / 85,97

<sup>1</sup>Tolerância de  $\pm 20\%$  na variação da informação contida no rótulo (BRASIL, 2003); RT=Rótulo do produto; AC= valores calculados a partir da análise centesimal.

Considerando o limite de tolerância de  $\pm 20\%$  permissível por lei, das 17 marcas analisadas, apenas o valor discriminado no rótulo da marca C se encontra em desacordo com o analisado nesse trabalho.

Os valores energéticos calculados neste trabalho estão em concordância com os valores apresentados por TACO, (2011) - 22 kcal/100g, Philippi (2013) - 19 a 20 kcal/100g, Franco (2008) - 18,1 kcal/100g e Yong, et al (2009) – 19 kcal/100g.

## 2.4 CONCLUSÕES

- As amostras A e E estão adulteradas dado ao elevado teor de sólidos solúveis (7,2 e 6,9 °Brix, respectivamente) que superam o limite máximo de 6,7 °Brix exigido por lei;
- Os dados evidenciam o uso de açúcar exógeno para correção de Brix e ácidos orgânicos para correção de acidez por parte das indústrias processadoras de água de coco;
- As amostras M e Q estão com seus valores de pH em desacordo com a legislação brasileira para águas de coco pasteurizadas;
- Apenas o valor energético da marca C mostrou-se em desacordo com o limite de tolerância estipulado por lei, o que corresponde aproximadamente a 6% das amostras analisadas;
- A maior parte das empresas brasileiras mantém a fidedignidade do rótulo de seu produto em relação as suas informações energéticas.

## 2.5 REFERÊNCIAS

ARAGAO, W. M.; ISBERNER, I. V.; CRUZ, E. M. O. **Água de coco**. Aracaju: Embrapa, 2001. 32 p. (Tabuleiros costeiros n° 24).

BLIGH, E. G.; DYER; W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, p. 911-917, 1959.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde. 2005. 1080p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC n° 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a6809d8047457a1c86c0d63fbc4c6735/Compendio\\_marco\\_2011.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a6809d8047457a1c86c0d63fbc4c6735/Compendio_marco_2011.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 01 mar. 2015.

BRASIL. Instrução Normativa n. 27, de 22 de Julho de 2009b. Estabelece os procedimentos mínimos de controle higiênico-sanitário, padrões de identidade e características mínimas de qualidade gerais para a água de coco. Disponível em: <<http://www.ivegetal.com.br/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Referenciada/IN%20N%C2%BA%2027%20de%2022%20de%20julho%20de%202009.htm>> Acesso em: 15 Abr. 2013.

CAVADA, G. S. et al. Rotulagem nutricional: você sabe o que está comendo?. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, p. 84-88, Maio 2012. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1981-67232012000500015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232012000500015&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 27 Fev. 2015.

COPERSUCAR. **Controle químico da fabricação de açúcar**. Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo, 1978. 127 p.

EMBRAPA. **Água de coco verde refrigerada**. Coleção Agroindústria Familiar. Brasília, 2005, p.17, 34p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100270/1/FL-0171.pdf>> Acesso em: 24 Mar. 2015.

EVANGELISTA, J. Noções de Microbiologia de Alimentos. In: \_\_\_\_\_. **Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. cap. 5. p.71-72.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 307 p.

GUERRA, M. J.; MUJICA, M. V. Physical and chemical properties of granulated cane sugar "panelas". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 250-257, Mar. 2010 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612010000100037&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612010000100037&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 20 Maio 2015.

JACKSON, J. C. et al. Changes in chemical composition of coconut (Cocos nucifera) water during maturation of the fruit. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**. Botswana, p. 1049-1052, 2004. Disponível em: <[LOBANCO, C. M. et al. Fidedignidade de rótulos de alimentos comercializados no município de São Paulo, SP. \*\*Revista Saúde Pública\*\*, São Paulo, v.43, n.3, p.499-505, jun. 2009. Disponível em: <\[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\\_arttext&pid=S0034-89102009000300014&lng=en&nrm=iso\]\(http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0034-89102009000300014&lng=en&nrm=iso\)>. Acesso em: 27 Fev. 2015.](http://www.scopus.com/record/display.url?eid=2-s2.0-3042810132&origin=resultlist&sort=plf-f&src=s&st1=Changes+in+chemical+composition+of+coconut&nlo=&nlr=&nls=&sid=D34E79BE3D77822CB755629346C52008.CnvicAmOODVwpVrjSeqQ%3a580&sot=b&sdt=cl&cluster=scopubyr%2c%222004%22%2ct&sl=47&s=ALL%28Changes+in+chemical+composition+of+coconut%29&relpos=33&relpos=13&citeCnt=24&searchTerm=ALL%28Changes+in+chemical+composition+of+coconut%29+AND+%28LIMIT-TO%28PUBYEAR%2C2004%29+%29+> . Acesso em: 01 mar. 2015.</p>
</div>
<div data-bbox=)

MORETTO, E. et al. Composição centesimal dos produtos alimentícios. In: \_\_\_\_\_. **Introdução à ciência de alimentos**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2008. cap. 1. p. 17-50.

PHILIPPI, S. T. **Tabela de composição de alimentos: Suporte para decisão nutricional**. 4. ed. Barueri: Manole, 2013. 164 p.

ROSA, M. F.; ABREU, F. A. P. **Água-de-coco: métodos de conservação**. Fortaleza: Embrapa - CNPAT / SEBRAE/CE, 2000; Documentos 37, 40 p. Disponível em: <[http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo\\_1906.pdf](http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_1906.pdf)>. Acesso em: 23 Abr. 2013.

SILVA, D. L. V.; ALVES, R. E.; FIGUEIREDO, R. W.; MACIEL, V. T.; FARIS, J. M.; AQUINO, A. R. L. Características físicas, físico-químicas e sensoriais da água de frutos de coqueiro anão verde oriundo de produção convencional e orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1079-1084, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542009000400019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000400019&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 23 Abr. 2013.

TABELA brasileira de composição dos alimentos. 4. ed. rev. ampl. Campinas: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação, 2011. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

TAN, T. et al. Composition, physicochemical properties and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase from coconut (*Cocos nucifera*) water obtained from immature, mature and overly-mature coconut. **Food Chemistry**, Penang, v.142, p. 121-128, jul. 2013. Disponível em: <<http://www.scopus.com/record/display.url?eid=2-s2.0-84880884620&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=coconut+water&nlo=&nlr=&nls=&sid=373E7790C39C634EB65D8B422092C4E1.N5T5nM1aaTEF8rE6yKCR3A%3a1010&sot=b&sdt=b&sl=47&s=TITLE-ABS-KEY%28coconut+water%29+AND+PUBYEAR+%3E+2012&relpos=93&relpos=13&citeCnt=2&searchTerm=TITLE-ABS-KEY%28coconut+water%29+AND+PUBYEAR+%26gt%3B+2012>> Acesso em: 01 Mar. 2015.

YONG, J. W. H. The Chemical Composition and Biological Properties of Coconut (*Cocos nucifera* L.) Water. **Molecules**, Nanyang, v.14, p. 5144-5164, dez. 2009. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1420-3049/14/12/5144/pdf>>. Acesso em: 16 maio 2015.

## **CAPÍTULO III**

## USO DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DO CARBONO NA DETECÇÃO DE ADULTERAÇÃO EM ÁGUA DE COCO

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi detectar adulteração em águas de coco industrializadas produzidas no Brasil e mensurar o enriquecimento isotópico relativo de águas de coco *in natura*, utilizando as técnicas de isótopos estáveis do carbono. De acordo com a legislação brasileira, as águas de coco industrializadas podem receber a adição de no máximo 1 g de açúcar para cada 100 ml da bebida. Foram analisadas amostras de água de coco *in natura* de 13 municípios brasileiros de diferentes regiões do país e 17 amostras de água de coco industrializada de diferentes marcas. As amostras foram analisadas por espectrômetro de massa de razão isotópica acoplado a um analisador elementar. A variação do enriquecimento isotópico relativo encontrada para as amostras de água de coco *in natura* foi de -26,40 a -23,76. Dentre as 17 marcas comerciais de água de coco analisadas, 11 estavam adulteradas por excesso de açúcar, das quais duas já se encontravam adulteradas por apresentar teor de sólidos solúveis acima do permitido por lei.

---

Palavras-chave: Bebida não alcoólica, *Cocos nucifera* L., análise isotópica, legislação, fraude.

## USE OF STABLE ISOTOPES OF CARBON IN COCONUT WATER TAMPERING DETECTION

### SUMMARY

The objective of this study was to detect tampering in industrialized coconut water produced in Brazil and measure the relative isotopic enrichment of fresh coconut water, using the techniques of stable isotopes of carbon. According to Brazilian law, industrialized coconut water can receive the addition of a maximum of 1 g of sugar per 100 ml of the drink. Fresh coconut water samples were analyzed from 13 cities of different regions of the country and 17 industrialized coconut water samples from different brands. Samples were analyzed by isotope ratio mass spectrometer coupled to an elemental analyzer. The variation of the relative isotopic enrichment found in fresh coconut water samples was -26.40 -23.76. Among the 17 brands of coconut water analyzed, 11 were tampered by excess sugar, two of them were already tampered by presenting soluble solids content higher than permitted by law.

---

Key-words: Beverage, *Cocos nucifera* L., isotope analysis, law, fraud.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A lei nº 6871 de 4 de junho de 2009 define água de coco como *a bebida obtida da parte líquida do fruto do coqueiro (Cocos nucifera L.) não diluída e não fermentada, extraída e conservada por processo tecnológico adequado* (BRASIL, 2009a).

Apesar de ser uma bebida tradicionalmente consumido dentro do próprio coco, a comercialização desse fruto acarreta problemas de armazenamento e transporte em grandes centros urbanos, dado ao volume que o coco ocupa. Para facilitar seu consumo longe das regiões produtoras, a indústria promove a extração e envase da água de coco para que sejam reduzidos volume e peso, e como consequência do processamento, o aumento da sua vida de prateleira (ROSA; ABREU, 2000).

Ao passo que o mercado de bebidas se desenvolve, as falsificações e adulterações crescem, fazendo com que as metodologias de análises físico-químicas ordinárias se tornem obsoletas devido à impossibilidade de se detectar a origem botânica das matérias-primas. Dessa forma, o método de análise isotópica pode ser útil para identificar adulterações em bebidas, já que permite a identificação das diversas origens botânicas do carbono presente nas bebidas. Instituições de fiscalização estão rotineiramente utilizando a técnica de isótopos estáveis no controle de qualidade, como ferramenta para autuação de produtos adulterados (FIGUEIRA et al., 2010).

A razão isotópica de  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  mostra-se eficaz, não somente para o controle de qualidade dos alimentos, mas também para a caracterização da origem das matérias-primas. O uso do espectrômetro de massa de razão isotópica (IRMS) tem se mostrado muito eficiente na detecção de adulterações de bebidas, como adição de água e açúcar além dos limites permitidos pela legislação (MAGDAS et al, 2012).

A mensuração da razão isotópica  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  é feita por espectrometria de massa. O valor do enriquecimento isotópico relativo do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) é calculado a partir da razão  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  da amostra em relação ao padrão internacional PeeDeeBelemnite (PDB).

As plantas de modo geral podem ser classificadas quanto ao seu ciclo fotossintético em  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$ . As plantas de ciclo fotossintético  $\text{C}_3$  (uva, arroz, maçã, cevada, coco, etc.) formam ácidos de 3 carbonos na captação do  $\text{CO}_2$  atmosférico para a fotossíntese, reduzindo o  $\text{CO}_2$  para fosfoglicerato com auxílio da enzima RuBP-carboxilase. Esta enzima discrimina o  $^{13}\text{CO}_2$ , resultando em valores de enriquecimento isotópico relativo relativamente baixos (média de -27‰).

As plantas de ciclo fotossintético  $\text{C}_4$  (cana de açúcar, milho, sorgo, etc.) formam ácidos de 4 carbonos na redução do  $\text{CO}_2$  a ácido aspártico ou ácido málico, com auxílio

da enzima PEP-carboxilase. Desta forma, as plantas C<sub>4</sub> têm valores de  $\delta^{13}\text{C}$  relativamente mais altos (média de -13‰) quando comparadas com plantas C<sub>3</sub>.

Essa diferença de ciclo fotossintético faz com que os derivados dessas plantas fiquem com o sinal isotópico do  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  diferenciado. Dessa forma, torna-se possível mensurar a quantidade de açúcar colocado em uma bebida, dado ao fato da cana de açúcar apresentar carbono do ciclo fotossintético C<sub>4</sub> e a maioria das plantas agrícolas, como coco, possuírem carbono do ciclo fotossintético C<sub>3</sub> (MAGDAS et al, 2012; DUCATTI, 2007).

O Padrão de Identidade e Qualidade da água de coco estabelece a adição da quantidade limite de 1g de açúcar para cada 100ml de água de coco e o teor de sólidos solúveis (°Brix) mínimo de 4,5 e máximo de 6,7. Assim, adição de açúcar acima do valor máximo preconizado pela legislação caracteriza adulteração da bebida (BRASIL, 2009b).

A diluição isotópica se dá quando duas fontes isotopicamente diferentes são misturadas entre si, formando um produto uniforme. Cada fonte irá contribuir quantitativa e isotopicamente na mistura (DUCATTI, 2007).

A partir da mistura de 2 fontes (C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>) isotopicamente diferentes como água de coco *in natura* e açúcar no intuito de se produzir uma bebida industrializada, a contribuição de cada fonte resultará em um valor isotópico intermediário entre os dois apresentados.

O objetivo desse trabalho foi detectar adulteração, por adição de açúcar de cana acima do limite legal, em águas de coco industrializadas e comercializadas no Brasil, pela técnica de isótopos estáveis. Um segundo objetivo foi analisar isotopicamente águas de coco *in natura*.

## 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2.1 Metodologia

#### 3.2.1.1 Enriquecimento isotópico relativo

O enriquecimento isotópico relativo do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) da amostra em relação ao padrão internacional PDB é definido matematicamente pela equação 1.

$$\delta^{13}\text{C} (\text{Amostra, PDB}) = \left( \frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \right) \quad (1)$$

Onde:

$\delta^{13}\text{C}$  = enriquecimento isotópico do carbono-13 da amostra em relação ao padrão internacional PDB - adimensional;

$R_{\text{amostra}}$  = razão isotópica da amostra – adimensional

$R_{\text{padrão}}$  = razão isotópica do padrão PDB – adimensional

### 3.2.1.2 Diluição isotópica

As equações 2 e 3 foram utilizadas para cálculo da diluição isotópica. Esse cálculo permite quantificar no produto final, a partir dos valores de enriquecimento isotópico relativo, a contribuição de cada fonte (C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>) quando misturadas.

$$\delta_a * A + \delta_b * B = \delta_p \quad (2)$$

$$A + B = 1 \quad (3)$$

Onde:

$\delta_a$  = enriquecimento isotópico relativo das fontes de carbono C<sub>3</sub> (água de coco) – adimensional;

$\delta_b$  = enriquecimento isotópico relativo da fonte de carbono C<sub>4</sub> (açúcar de cana) – adimensional;

$\delta_p$  = enriquecimento isotópico relativo do produto – adimensional;

A = proporção relativa da fonte C<sub>3</sub> no produto – adimensional;

B = proporção relativa da fonte C<sub>4</sub> no produto – adimensional.

### 3.2.2 Planejamento experimental

Os ensaios e estudos foram feitos na seguinte ordem cronológica:

- a) Análise isotópica de água de coco *in natura*;
- b) Análise isotópica de açúcares;
- c) Análise isotópica dos aditivos;
- d) Análise do teor de sólidos solúveis
- e) Estudo de erro do método de análise;
- f) Influência dos aditivos;
- g) Desenvolvimento da curva de legalidade;
- h) Análise isotópica da água de coco industrializada;
- i) Determinação de adulteração nas águas de cocos industrializadas;
- j) Análise estatística.

#### 3.2.2.1 - Análise isotópica de água de coco *in natura*

Foram adquiridos cocos de 13 diferentes localidades brasileiras, no segundo semestre de 2013. De cada localidade, foram adquiridos dois frutos. A água de coco foi extraída pelo pedicelo (“olho do coco”) (EMBRAPA, 2005), acondicionada em recipientes de polietileno e congelada em freezer (-15 a -18°C). No momento da análise isotópica, a água de coco foi descongelada, pipetada (0,6 µL) em cápsula de estanho e introduzida no IRMS.

### 3.2.2.2 Análise isotópica de açúcares

Foram adquiridos açúcares de cana de três tipos: cristal, refinado e extra fino. O açúcar cristal foi moído em moinho criogênico (Spex CertiPrep 6750 Freezer/Mill) com nitrogênio líquido durante três minutos, obtendo-se um material homogêneo e com textura fina ( $\leq 65\mu\text{m}$ ). Para todas as amostras de açúcar pesou-se de 50 a 70 $\mu\text{g}$  em cápsulas de estanho que foram introduzidas no IRMS. As amostras de açúcar refinado e extra fino foram analisadas diretamente no espectrômetro, sem moagem.

### 3.2.2.3 Análise isotópica dos aditivos

Dos aditivos usados no presente trabalho (benzoato de sódio, metabissulfito de sódio, ácido ascórbico), apenas aqueles que apresentam átomos de carbono em sua composição foram submetidos à análise isotópica. Para a análise isotópica, pesou-se de 50 a 70  $\mu\text{g}$  de cada aditivo em cápsulas de estanho (6 cápsulas por aditivo) que foram introduzidas no IRMS.

### 3.2.2.4 Análise de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis das águas de coco industrializadas foi analisado em um refratômetro de bancada marca Reichert, modelo r<sup>2</sup>I300 e expresso em °Brix.

### 3.2.2.5 Estudo de erro do método de análise

Foram elaboradas águas de coco contendo açúcar de cana nas seguintes proporções: 0,5g/100ml, 1,0g/100ml, 1,5g/100ml, 2,0g/100ml. Calculou-se a percentagem de carbono C<sub>3</sub> teórico, com base nos sólidos solúveis das bebidas, por meio das equações 4 e 5.

$$B_{\text{Água de coco}} * M_{\text{Água de coco}} + B_{\text{Açúcar}} * M_{\text{Açúcar}} = B_{\text{Produto}} * M_{\text{Produto}} \quad (4)$$

$$\%C_3 = \frac{B_{\text{Água de coco}} * M_{\text{Água de coco}}}{B_{\text{Água de coco}} * M_{\text{Água de coco}} + B_{\text{Açúcar}} * M_{\text{Açúcar}}} \quad (5)$$

Onde:

B = °Brix

M = Massa (g)

% C<sub>3</sub> = percentagem do carbono de ciclo fotossintético C<sub>3</sub> com base nos sólidos solúveis da bebida

A percentagem de carbono C<sub>3</sub> prática (real) nas bebidas foi determinada por meio das equações de balanço de massa isotópico 2 e 3.

O estudo de erro do método foi feito pela comparação (diferença) dos valores teóricos e práticos da percentagem de carbono C<sub>3</sub> das bebidas.

### **3.2.2.6 Influência dos aditivos**

A legislação brasileira (BRASIL, 2009a e BRASIL, 2011) permite a adição de conservantes e antioxidantes na água de coco, tais como ácido ascórbico (0,03g/100ml), metabissulfito de sódio (0,004 g/100ml como SO<sub>2</sub>) e benzoato de sódio (0,05g/100ml como ácido benzoico). Foram preparadas bebidas com e sem aditivos, conforme o limite de concentração permitido pela legislação brasileira (BRASIL, 2011). Os valores da quantificação da fonte C<sub>3</sub> das bebidas, calculados pelas equações 4 e 5, foram comparados estatisticamente.

### **3.2.2.7 Desenvolvimento da curva de legalidade**

A legislação brasileira (BRASIL, 2009b) estabelece que a água de coco pode receber açúcar na quantidade máxima de 1g/100mL. Com base nesta informação, é possível calcular a percentagem de fonte de carbono C<sub>3</sub> em função do teor de sólidos solúveis (Brix) das bebidas, conforme equações 4 e 5. A curva de legalidade é representada em um gráfico cartesiano, plotando os valores de sólidos solúveis das bebidas no eixo x e os valores de percentagem da fonte de carbono C<sub>3</sub> no eixo y.

### **3.2.2.8 Análise isotópica da água de coco industrializada**

Foram adquiridas águas de coco de 17 diferentes marcas brasileiras. Para cada marca, foram compradas três amostras, de mesmo volume e do mesmo lote. Para a análise isotópica, foram usadas duas amostras e a terceira foi mantida como contraprova. Após a compra, as embalagens foram abertas e as bebidas transferidas para recipientes de polietileno e congeladas. No momento da análise isotópica, as amostras foram descongeladas, pipetadas (0,6 µL) em cápsula de estanho e introduzida no IRMS.

### **3.2.2.9 Determinação de adulteração nas águas de cocos industrializadas**

A partir dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  das águas de coco industrializadas, calcularam-se os valores de percentagem da fonte de carbono C<sub>3</sub>, conforme equações 2 e 3. Os valores dessas percentagens foram plotados no gráfico da curva de legalidade, citado no item anterior. As bebidas, cujos valores ficaram alocados acima da curva de legalidade, foram consideradas legais. Aquelas, cujos valores permaneceram abaixo da curva, foram consideradas adulteradas. As águas de coco, cujos valores tocaram na curva de legalidade, por estarem numa região de incerteza, foram consideradas legais.

### 3.2.2.10 Análise estatística

Foi aplicado teste de Mann-Whitney nos resultados obtidos da análise de influência dos aditivos. Considerou-se significativo quando  $p < 0,05$ . A análise estatística foi realizada pelo programa Minitab 16.

## 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.3.1 Análise isotópica de água de coco *in natura*, açúcar e aditivos

#### 3.3.1.1 Água de coco *in natura*

Os valores de enriquecimento isotópico relativo obtidos das águas de coco *in natura* são mostrados na tabela 3.1. Observa-se que não há relação dos valores isotópicos com a latitude das localidades onde os cocos foram colhidos, pois os dados referentes ao estado de São Paulo foram semelhantes aos do estado da Paraíba.

**Tabela 3.1.** Médias e desvios padrão do enriquecimento isotópico relativo do carbono das amostras de água de coco *in natura* de acordo com o local de origem.

Localidade	$\delta^{13}\text{C} * 10^3$
Bady Bassit - SP	-23,76±0,04
Marília - SP	-23,82±0,06
Botucatu - SP	-24,47±0,05
São Gabriel da Palha - ES	-25,69±0,07
Linhares - ES	-25,47±0,10
Nova Venécia - ES	-25,56±0,02
Santa Maria Eterna - BA	-26,11±0,16
Juazeiro - BA	-26,22±0,03
Rodelas - BA	-25,49±0,07
Sergipe	-24,70±0,19
Patroa de Neópolis - SE	-26,40±0,12
Alagoas	-26,18±0,05
Sousa - PB	-23,89±0,14

$\delta^{13}\text{C}$  = Enriquecimento isotópico relativo do carbono das amostras.

#### 3.3.1.2 Açúcar

Os dados apresentados na Tabela 3.2 mostram a variação observada nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  dos açúcares comerciais de cana analisados. A maior variação foi encontrada no açúcar cristal (-14,79‰/ -13,82‰), provavelmente porque o número de amostras analisadas foi maior para este tipo de açúcar.

**Tabela 3.2.** Valores máximos e mínimos de enriquecimento isotópico relativo do carbono das amostras de açúcar.

<b>Tipo</b>	<b>Número de marcas</b>	<b>Média ± desvio padrão</b> $\delta^{13}\text{C} * 10^3$	<b>Máximo/Mínimo</b> $\delta^{13}\text{C} * 10^3$
<b>Extra fino</b>	2	-14,16±0,05	-14,28/-14,03
<b>Refinado</b>	3	-14,24±0,16	-14,48/-13,84
<b>Cristal</b>	9	-14,21±0,11	-14,79/-13,82
<b>Média geral</b>	-	-14,20±0,11	-

$\delta^{13}\text{C}$  = Enriquecimento isotópico relativo do carbono do açúcar.

Outros autores publicaram valores isotópicos de açúcares de cana (refinado e cristal) próximos aos encontrados no presente trabalho. Figueira et al. (2011; 2013) encontraram valores variando de -13,38‰ a -12,62‰ e -13,06‰ a -12,51‰, respectivamente, enquanto Nogueira et al (2011), de -13,10‰ a -12,56‰. Observa-se que no passado recente, os açúcares comerciais eram mais ricos no isótopo  $^{13}\text{C}$  em relação aos açúcares cujos dados estão publicados neste trabalho.

### 3.3.1.3 Aditivos

Os dados da Tabela 3.3 apresentam o valor médio do enriquecimento isotópico relativo dos aditivos. Nota-se se que a média dos valores isotópicos do ácido ascórbico tem maior proximidade com os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  encontrados em plantas de ciclo fotossintético  $\text{C}_4$ , enquanto que os do benzoato de sódio aproxima-se daqueles encontrados em plantas de ciclo fotossintético  $\text{C}_3$ .

**Tabela 3.3.** Médias e desvios padrão do enriquecimento isotópico relativo do carbono ( $\delta^{13}\text{C} * 10^3$ ) dos aditivos permitidos para água de coco industrializada.

<b>Aditivo</b>	<b>Ácido Ascórbico</b>	<b>Benzoato de Sódio</b>
<b>Fórmula química</b>	<b><math>\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6</math></b>	<b><math>\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_2</math></b>
<b>Média ± Desvio Padrão</b>	-11,03±0,35	-29,83±0,81

O aditivo metabissulfito de sódio não foi analisado isotopicamente, pois possui fórmula química  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  não havendo, portanto, carbono em sua composição.

### 3.3.1.5 Análise de sólidos solúveis

Os valores do teor de sólidos solúveis das amostras são apresentados na Tabela 3.7. Verifica-se que as marcas A e E estão com seus teores de sólidos solúveis acima do intervalo estabelecido por lei (4,5 a 6,7 °Brix), indicando que nesse parâmetro, estão em

desacordo com a legislação brasileira. As amostras restantes estão com seus valores de sólidos solúveis dentro do intervalo permitido por lei.

#### 3.3.1.4 Estudo de erro do método de análise isotópica

Os dados da Tabela 3.4 apresentam a estimativa de erro entre os cálculos teórico e prático da quantificação da fonte C<sub>3</sub>. À medida que a concentração de açúcar de cana na água de coco se eleva, a porcentagem de C<sub>3</sub> diminui, como esperado.

**Tabela 3.4.** Estimativa de erro entre cálculo teórico e prático da quantificação da fonte C<sub>3</sub> (n=2).

Concentração (g/100ml)	C <sub>3</sub> teórico (%)	C <sub>3</sub> prático (%)	Erro (%)
0,5	87,66	91,16	3,50
1,0	79,64	81,53	1,89
1,5	71,48	74,11	2,63
2,0	65,95	69,14	3,19
MÉDIA	-	-	2,80
DESVIO PADRÃO	-	-	0,71

Observa-se que a metodologia apresenta erros na mensuração da porcentagem de fonte C<sub>3</sub> das amostras de águas de cocos processadas em laboratório, quando se compara os valores teóricos (calculados) com os práticos (lidos no espectrômetro de massa). A variação de resultados teóricos e práticos ocorre em função da combinação de dois tipos de erros: de manipulação e do aparelho de leitura.

#### 3.3.1.5 Influência dos aditivos

A Tabela 3.5 mostram os resultados da influência dos aditivos (ácido ascórbico e benzoato de sódio) no sinal isotópico das águas de coco. Nota-se que apenas o açúcar de cana causa variação estatística significativa nos valores isotópicos das águas de cocos. Os aditivos não interferem nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  das bebidas.

**Tabela 3.5.** Influência dos aditivos no sinal isotópico de água de coco *in natura* e adoçada (n=2).

Número	Comparação	$\delta^{13}\text{C} * 10^3$ (medianas)	Estatística
1	ACO x (ACO+3AD)	-23,70 x -23,68	Não significativo
2	ACO x (ACO+AÇÚ)	-23,70 x -21,89	Significativo
3	ACO x (ACO+AÇÚ+3AD)	-23,70 x -21,91	Significativo
4	(ACO+AÇÚ) x (ACO+3AD)	-21,89 x -23,68	Significativo
5	(ACO+AÇÚ) x (ACO+AÇÚ+3AD)	-21,89 x -21,91	Não significativo

Teste de Mann-Whitney significativo com  $p < 0,05$ ; onde: ACO= Água de coco *in natura*; 3AD= 3Aditivos; AÇÚ= Açúcar;  $\delta^{13}\text{C}$  = Enriquecimento isotópico relativo do carbono.

Figueira et al. (2010; 2011), analisando a influência de aditivos (ácidos ascórbico e cítrico) em néctares de uva e de laranja, respectivamente, concluíram que os mesmos não interferem significativamente na quantificação da fonte  $\text{C}_3$ . Contudo, Nogueira et al. (2011) relataram que os aditivos interferem nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de néctares de pêsego *light*.

### 3.3.1.6 Desenvolvimento da curva de legalidade

A Tabela 3.6 apresenta os dados utilizados para cálculo da curva de legalidade. Cada valor da coluna da direita (% $\text{C}_3$  teórico) indica o limite de legalidade em função do respectivo valor de Brix teórico do produto adoçado na concentração de 1g/100ml. Plotando-se num eixo cartesiano os valores de Brix do produto adoçado (eixo x) em função dos valores de percentagem de  $\text{C}_3$  (eixo y), tem-se a curva de legalidade.

**Tabela 3.6.** Balanço de massa para obtenção da %C<sub>3</sub> teórica de água de coco adoçada com açúcar de cana na concentração máxima de 1g/100ml.

Brix da água de coco <i>in natura</i>	Concentração de açúcar de cana (g/100ml)	Brix do produto adoçado (teórico)	%C <sub>3</sub> teórico
3,6	1	4,5	78,16
3,7	1	4,6	78,65
3,8	1	4,7	79,11
3,9	1	4,8	79,55
4,0	1	4,9	79,98
4,1	1	5,0	80,39
4,2	1	5,1	80,78
4,3	1	5,2	81,16
4,4	1	5,3	81,52
4,5	1	5,4	81,87
4,6	1	5,5	82,20
4,7	1	5,6	82,53
4,8	1	5,7	82,84
4,9	1	5,8	83,14
5,0	1	5,9	83,44
5,1	1	6,0	83,72
5,2	1	6,1	83,99
5,3	1	6,2	84,26
5,4	1	6,3	84,51
5,5	1	6,4	84,76
5,6	1	6,5	85,00
5,7	1	6,6	85,23
5,8	1	6,7	85,46

### 3.3.1.7 Análise isotópica da água de coco industrializada

Os valores de enriquecimento isotópico relativo e os intervalos de concentração da fonte C<sub>3</sub> das águas de coco industrializadas são apresentados na Tabela 3.7.

Os intervalos observados nos valores de percentagem de fonte C<sub>3</sub> nas bebidas analisadas, calculados pelas equações 2 e 3, decorrem fundamentalmente da variação isotópica natural do açúcar (-14,79 a -13,82) e da água de coco *in natura* (-26,40 a -23,76). Os pontos médios desses intervalos foram plotados no gráfico e utilizados na determinação de legalidade das bebidas industrializadas.

**Tabela 3.7.** Médias e desvios padrão do enriquecimento isotópico relativo do carbono, teor de sólidos solúveis e intervalos de concentração da fonte C<sub>3</sub> em águas de coco industrializadas (n=2).

Amostra	Sólidos solúveis (°Brix)	$\delta^{13}\text{C} \cdot 10^3 \pm$ Desvio padrão	Intervalo de concentração da fonte C <sub>3</sub> (%)	Ponto médio do intervalo de concentração da fonte C <sub>3</sub> (%)
A	7,2 ±0,00	-20,06 ± 0,07	66,73 - 41,41	54,07
B	5,8 ±0,00	-16,00 ± 0,05	24,56 - 7,80	16,18
C	5,3 ±0,00	-22,56 ± 0,20	92,69 - 62,10	77,40
D	5,5 ±0,06	-16,17 ± 0,28	26,35 - 9,22	17,78
E	6,9 ±0,05	-19,57 ± 0,08	61,67 - 37,37	49,52
F	5,8 ±0,58	-21,89 ± 0,01	85,80 - 56,61	71,21
G	5,7 ±0,00	-22,09 ± 0,07	87,80 - 58,20	73,00
H	5,6 ±0,00	-16,19 ± 0,56	26,52 - 9,36	17,94
I	6,3 ±0,06	-21,26 ± 0,09	79,26 - 51,40	65,33
J	5,6 ±0,00	-17,92 ± 0,11	44,49 - 23,68	34,09
K	5,7 ±0,00	-17,12 ± 0,09	36,15 - 17,03	26,59
L	6,3 ±0,00	-20,64 ± 0,39	72,80 - 46,25	59,52
M	6,4 ±0,00	-23,09 ± 0,02	98,25 - 66,53	82,39
N	5,7 ±0,00	-16,41 ± 0,15	28,85 - 11,21	20,03
O	5,7 ±0,00	-21,59 ± 0,14	82,68 - 54,12	68,40
P	6,2 ±0,00	-21,20 ± 0,36	78,60 - 50,87	64,74
Q	6,5 ±0,00	-24,43 ± 0,53	112,13 - 77,60	94,87

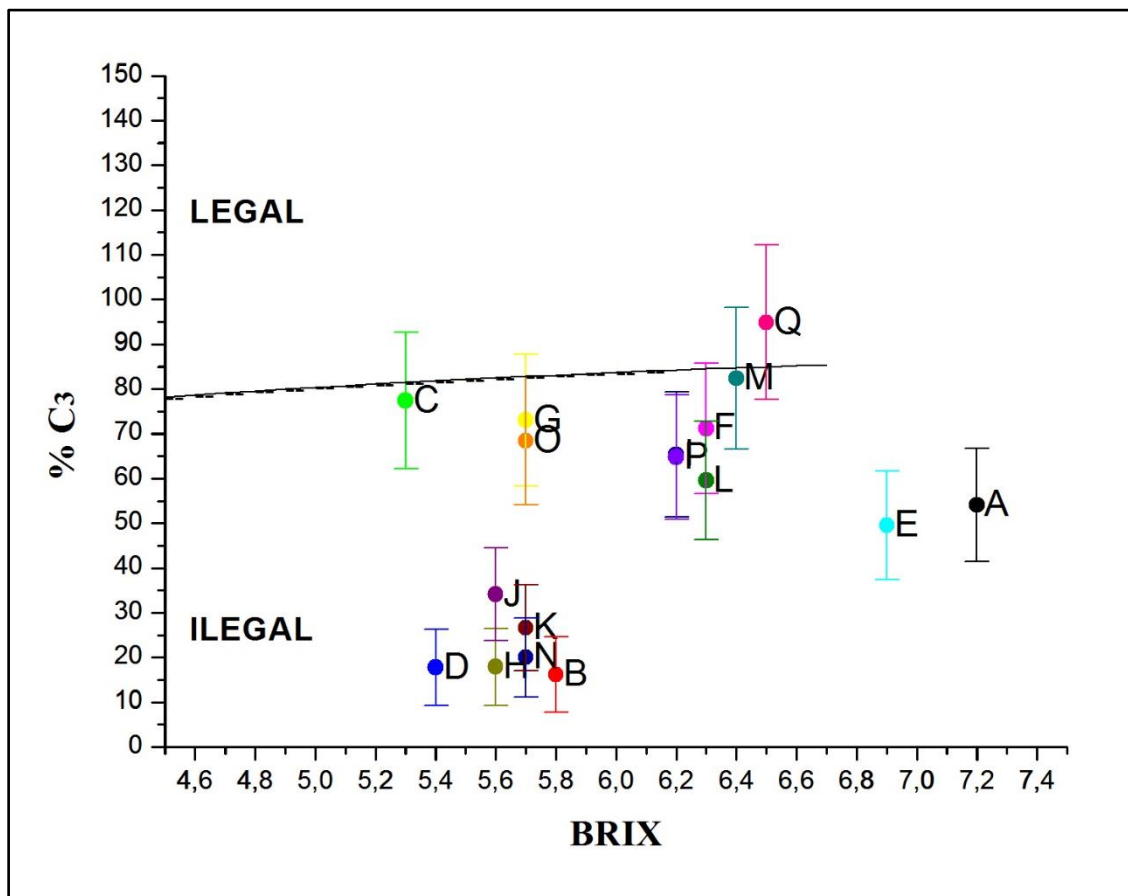
$\delta^{13}\text{C}$  = Enriquecimento isotópico relativo do carbono; C<sub>3</sub> (%) = percentagem da fonte C<sub>3</sub> no produto.

Pode-se observar na Tabela 3.7 que há amostras (B, D, H, J, K, N) em que o valor de  $\delta^{13}\text{C}$  aproxima-se mais dos valores isotópicos de açúcar de cana do que dos valores isotópicos de água de coco *in natura*. Certamente, essas bebidas estão adulteradas por excesso de açúcar, como será visto a seguir.

### 3.3.1.8 Determinação de adulteração nas águas de cocos industrializadas

Os percentuais de fonte C<sub>3</sub> das águas de coco industrializadas (Tabela 3.7), foram confrontados com a curva de legalidade (Figura 3.1). Pode-se observar nesta figura que as marcas B, D, H, I, J, K, L, N, P estão na região de ilegalidade determinada pela curva. As marcas C, F, G, M, O e Q cujo desvio padrão toca a reta de legalidade, situam-se em uma região de incerteza, portanto devem ser consideradas legais. Dado ao fato das amostras P e I possuírem um valor de Brix e %C<sub>3</sub> semelhantes, as mesmas encontram-se sobrepostas no gráfico dificultando a visualização. A legislação brasileira determina o Brix máximo de 6,7 para

água de coco. Dessa forma, as marcas A e E também estão adulteradas por ultrapassar o valor máximo de Brix permitido.



**Figura 3.1.** Determinação da legalidade das amostras de água de coco industrializadas.

A quantidade de águas de coco adulteradas por excesso de açúcar foi de aproximadamente 65%; índice considerado elevado. Recomenda-se ao MAPA providências junto às empresas que adulteram, intencionalmente ou não, suas bebidas, visando o saneamento do mercado, com ganhos evidentes para o público consumidor.

### 3.4 CONCLUSÕES

- As empresas brasileiras produtoras de água de coco envasadas fazem uso de açúcar de cana para correção e padronização do Brix das bebidas;
- Os aditivos permitidos por lei para água de coco industrializada não influenciam em seu enriquecimento isotópico relativo;
- O método de detecção de adulteração em água de coco por isótopos estáveis mostrou-se eficaz;

- As amostras A e E estão adulteradas dado ao elevado teor de sólidos solúveis (7,2 e 6,9 °Brix, respectivamente) que superam o limite máximo de 6,7 °Brix exigido por lei;
- 11 das 17 marcas analisadas apresentaram adulteração por excesso de açúcar;
- A maioria (65%) das empresas brasileiras não respeitam o limite legal de adição de açúcar de cana 1g/100ml, porém há empresas (35%) que adicionam açúcar em conformidade com a legislação vigente.

### 3.5 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA.

**Compêndio de aditivos.** 2011. Disponível em:

<[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a6809d8047457a1c86c0d63fbc4c6735/Compendio\\_marco\\_2011.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a6809d8047457a1c86c0d63fbc4c6735/Compendio_marco_2011.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 01 mar. 2015.

BRASIL. Decreto n. 6.871, de 04 de junho de 2009a. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm)> Acesso em: 15 Abr. 2013.

BRASIL. Instrução Normativa n. 27, de 22 de Julho de 2009b. Estabelece os procedimentos mínimos de controle higiênico-sanitário, padrões de identidade e características mínimas de qualidade gerais para a água de coco. Disponível em:

<<http://www.ivegetal.com.br/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Referenciada/IN%20N%C2%BA%2027%20de%2022%20de%20julho%20de%202009.htm>> Acesso em: 15 Abr. 2013.

DUCATTI, C. Aplicação dos isótopos estáveis em aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, p.1-10, 2007. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982007001000001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982007001000001&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 29 Abr. 2013.

EMBRAPA. **Água de coco verde refrigerada.** Coleção Agroindústria Familiar. Brasília, 2005, p.17, 34p. Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100270/1/FL-0171.pdf>> Acesso em: 24 Mar. 2015.

FIGUEIRA, R.; NOGUEIRA, A.M.P.; DUCATTI, C.; VENTURINI FILHO, W.G.; MISCHAN, M. M. Análise isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e legalidade em néctares de uva. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 28, n. 2, p.233-246, dez. 2010. Disponível em: <<http://base.repositorio.unesp.br/handle/11449/72136>> Acesso em: 08 Mai. 2013.

FIGUEIRA, R.; NOGUEIRA, A.M.P.; DUCATTI, C.; VENTURINI FILHO, W.G.; MISCHAN, M. M. Análise Isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e Legalidade em Néctares de Laranja. **Brazilian**

**Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 211-219, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bjft/v14n3/05>> Acesso em: 08 Mai. 2013.

FIGUEIRA, R.; VENTURINI FILHO, W. G.; DUCATTI, C. Carbon isotope analysis in apple nectar beverages. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 33, n. 1, p. 32-37, 2013, Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612013000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612013000100006&script=sci_arttext)> Acesso em: 1 Mai. 2013.

KELLY, S. D. Using isotope ratio mass spectrometry (IRMS) in food authentication and traceability. In: Lees, M. **Food authenticity and traceability**. Cambridge, Woodhead, 2003. cap. 7, p. 156-181.

MAGDAS, D. A.; DEHELEAN, A.; PUSCAS, R. Isotopic and Elemental Determination in Some Romanian Apple Fruit Juices. **The Scientificworld Journal**, Romania, v. 2012, p. 1-7, nov. 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3349163/>>. Acesso em: 23 Abr. 2015.

NOGUEIRA, A. M. P. et al. Análise isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ) para detecção de adulteração em néctares de pêsego. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 115-124, 2011. Disponível em: <<http://www.ital.sp.gov.br/bj/artigos/html/busca/PDF/v14n2452a.pdf>>. Acesso em: 23 Abr. 2013.

ROSA, M. F.; ABREU, F. A. P. **Água-de-coco: métodos de conservação**. Fortaleza: Embrapa - CNPAT / SEBRAE/CE, 2000; Documentos 37, 40 p. Disponível em: <[http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo\\_1906.pdf](http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_1906.pdf)>. Acesso em: 23 Abr. 2013.