



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

PRISCILLA RODRIGUES E RODRIGUES

**Avaliação dos processos de cozimento e defumação  
líquida sobre aspectos físicos, sensoriais e de  
estabilidade do camarão regional (*Macrobrachium  
amazonicum*)**

BELÉM  
2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

PRISCILLA RODRIGUES E RODRIGUES

**Avaliação dos processos de cozimento e defumação  
líquida sobre aspectos físicos, sensoriais e de  
estabilidade do camarão regional (*Macrobrachium  
amazonicum*)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADOR:

Prof. Dr.: Antonio Manoel da Cruz Rodrigues

CO-ORIENTADOR

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>.: Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro

**BELÉM  
2009**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**PRISCILLA RODRIGUES E RODRIGUES**

**Avaliação dos processos de cozimento e defumação líquida sobre  
aspectos físicos, sensoriais e de estabilidade do camarão regional  
(*Macrobrachium amazonicum*)**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. Antônio Manoel da Cruz Rodrigues**  
(FEA /ITEC/ UFPA – Orientador)

---

**Profª. Drª. Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro**  
(UEPA – Co-orientador)

---

**Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena**  
(FEA /ITEC/ UFPA – Membro)

---

**Drª. Laura Figueiredo Abreu**  
(Embrapa/Cpatu – Membro)

## Dedicatória

*Aos meus pais, José Cristóvão e Maria Benta,  
razões da minha vida, que comigo  
compartilham sonhos, esperanças e conquistas;  
a minha irmã Jéssica, pelo companheirismo;  
e aos meu filhos caninos: Tj, Lilica, Lupita e Fran,  
pelos momentos divertidos de descontração.*

## Agradecimentos

A Deus, que sempre esteve ao meu lado e nunca me abandonou nas horas mais difíceis, e porque sem ele nada disso seria possível.

Aos meus pais, pelo apoio, incentivo, carinho e até pelas broncas em algumas vezes. Agradeço principalmente a educação a mim dispensada. Ainda chegarei muito longe!

Ao meu vô Álvaro (*in memorian*). Queria muito que estivesse aqui para ver esse momento, mais infelizmente não foi possível. Sei que de onde estás sempre torces por mim.

A minha vó Cecília (*in memorian*), por pagar meus estudos quando meus pais não puderam e pelo amor, dedicação e carinho que nem o Alzheimer vai apagar da memória, e a minha madrinha Arlete pelo apoio e compreensão.

A minha irmã Jéssica, pelos momentos de descontração, pela amizade e carinho.

A minha amiga e irmã Kate pelo companheirismo, amizade, palavras de incentivo e apoio nos momentos difíceis.

Ao professor Antônio Manoel, pela orientação neste trabalho.

A professora Luiza Meller, pelo apoio e incentivo.

A professora e amiga Suezilde Amaral, pela co-orientação, amizade e paciência a mim dedicadas.

Aos professores Rosinelson Pena, Lúcia Lourenço e Alessandra Lopes pela atenção dada as minhas inúmeras dúvidas.

As minhas amigas e amigos conquistados nesse mestrado Jardilene Moura, Luiza Martins, Daniela Cavalcante, Helena Lima, Thaís Franco e Thiago Tavares. Agradeço as risadas, o ombro pra chorar, as brincadeiras e a enorme ajuda que me deram durante essa jornada. Amo vocês!

Aos amigos da graduação, Katiúscia Machado, Thaís Souza, Thayse Ferreira e Danilo Oliveira, e todos que colaboraram direta ou indiretamente com este trabalho.

A Tayná Furtado (bolsista), pela ajuda na parte experimental do trabalho.

A D. Célia e Suely e às bolsistas do Laboratório de Microbiologia. Pela paciência e ajuda a mim dispensadas.

Ao Sr. Mário Carneiro, D. Rosa (FAE), e Saulo de Souza e Socorro (Usina de Alimentos) pela atenção e préstimos durante as análises físico-químicas.

A Universidade Federal do Pará, AMASA e a Secretaria Especial de Pesca e Aqüicultura (SEAP), pelo apoio neste estudo.

A Capes, pela bolsa concedida.

## Epígrafe

*“Tu te tornas eternamente responsável por aquilo que cativas.”*

*Antoine de Saint-Exupéry.*

## RESUMO

Foi estudado neste trabalho o processo de cozimento seguido de defumação líquida do camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*), como forma de agregar valor. O camarão sem processamento apresentou rendimento de 40,50% em média do peso total dos exemplares analisados, sendo o do camarão cozido de 34,61% e do camarão defumado de 8%. A composição demonstrou que o mesmo é uma ótima fonte de proteínas de origem animal (19,73%) sendo este valor superior no produto defumado (40,31%). No processo de cozimento em solução salina, foram utilizadas as concentrações de 3, 5 e 7% (p/p), nas proporções de camarão/solução de 1:3, 1:4 e 1:5 e nos tempos de cozimento de 3, 5 e 7 minutos, avaliando-se a influência destes parâmetros no processo. Com base nas respostas foi escolhido o ensaio de cozimento otimizado (7% de solução salina, proporção camarão/solução de 1:5 e tempo de cozimento de 7 minutos). A avaliação microbiológica da matéria prima e do produto final apresentou-se de acordo com a legislação vigente. Para o processo de defumação líquida foram utilizadas as concentrações de fumaça líquida de 2, 6 e 10% e tempos de secagem de 60 minutos, 90 minutos e 120 minutos. Após a avaliação sensorial das amostras defumadas, o ensaio otimizado foi o de concentração de fumaça líquida de 2% e 60 minutos de secagem. Na cinética de secagem (amostras sem processamento, cozida e defumada) observou-se que o modelo de Fick se ajustou aos dados experimentais e os valores das difusividades efetivas variaram na ordem de  $10^{-7}$  e  $10^{-9}$   $m^2/s$ . O perfil de ácidos graxos do camarão sem processamento determinou a presença de 18 variedades, com destaque para o palmítico-16:0 (19,36%), o oléico-18:1n-9 (18,36%) e o linoléico-18:2n-6 (13,15%), e para os camarões defumados a presença de 12 variedades, com destaque para o palmítico-16:0, de 22,62 a 24,67%; o oléico-18:1n-9 de 18,10 a 20,91%; o esteárico-18:0, de 11,54 a 14,75% e o Docosenóico-22:1 de 10,45 a 12,56%. As isotermas de sorção do camarão defumado comportaram-se como isotermas do tipo III, sendo o modelo tri-paramétrico de Anderson o que melhor se ajustou aos dados experimentais.

**Palavras-chave:** camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*), cozimento, defumação líquida, camarão defumado.



## ABSTRACT

It was studied in this work, the boiling process followed of liquid smoking of fresh shrimp (*Macrobrachium amazonicum*) as a way to improve the raw material. The shrimp without processing presented yield of 40,50% on average of total weight of the analyzed samples, being the boiling shrimp with yield of 34,61% and smoked shrimp with 8%. The composition demonstrated that shrimp is a good source of animal protein (19,73%) being this value higher on smoked product (40,31%). In boiling process on saline solution were used concentrations of 3, 5 and 7% (p/p), with proportions of 1:3, 1:4 and 1:5 (w/v) and with boiling times of 3, 5 and 7 minutes, evaluating the influence of these parameters on process. Based on answers, the optimal condition was chosen 7% saline solution, 1:5 proportion (w/v) and boiling time of 7 minutes. The microbiological evaluation of raw material and final product presented in accordance with current legislation. For liquid smoking process were used liquid smoke concentrations of 2, 6 and 10% and drying times of 60, 90 and 120 minutes. After sensory evaluation of smoked samples, the optimal condition was that with 2% liquid smoke concentration and 60 minutes of drying. On kinetic of drying (samples without processing, boiling and smoked) was observed that Fick's model fitted to experimental data and the effective diffusivity values varied around  $10^{-7}$  and  $10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s. The fatty acid profile of shrimp without processing determined the presence of 18 varieties, mainly palmitic acid – 16:0 (19,36%), oleic acid – 18:1n-9 (18,36%) and linoleic acid – 18:2n-6 (13,25%), and to smoked shrimps determined 12 varieties, mainly palmitic acid – 16:0 (22,62 to 24,67%); oleic acid – 18:1n-9 (18,10 to 20,91%); stearic acid – 18:0 (11,54 to 14,75%) and docosaenoic acid – 22:1 (10,45 to 12,56%). The sorption isotherms of smoked shrimp behaved like type III isotherms, being Anderson's triparametric model which fitted to experimental data better.

**Keywords:** regional shrimp (*Macrobrachium amazonicum*), boiling, liquid smoking, smoked shrimp.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b>	Aspectos da morfologia externa dos camarões de água doce.	19
<b>Figura 2.2.</b>	Camarão regional ( <i>Macrobrachium amazonicum</i> ) vivo.	21
<b>Figura 2.3.</b>	Via de bioconversão dos carotenóides no camarão <i>Penaeus</i> .	25
<b>Figura 2.4.</b>	Etapas do processo de produção do extrato de fumaça líquida.	35
<b>Figura 2.5.</b>	Velocidade relativa de reações em função da atividade de água.	46
<b>Figura 2.6.</b>	Textura dos alimentos como função da atividade de água (adaptado de BOURNE, 1987).	49
<b>Figura 2.7.</b>	Isoterma genérica de adsorção – dessorção.	50
<b>Figura 2.8.</b>	Esquema de uma isoterma de sorção com os pontos principais marcados.	52
<b>Figura 3.1.</b>	Localização geográfica da Ilha das Araras, município de Currálinho/PA.	54
<b>Figura 3.2.</b>	Esquema simplificado da câmara de secagem.	56
<b>Figura 3.3.</b>	Medidas de comprimento (a), largura (b) e espessura (c) do camarão regional.	57
<b>Figura 3.4.</b>	Fluxograma de processo na elaboração do camarão seco e defumado.	61
<b>Figura 3.5.</b>	Camarão sem processamento em caixa térmica misturado com gelo.	62
<b>Figura 4.1.</b>	Teor de Cloreto no camarão cozido em solução salina nas concentrações (b <sub>1</sub> ) 3%, (b <sub>2</sub> ) 5% e (b <sub>3</sub> ) 7%.	78
<b>Figura 4.2.</b>	Teor de Cloreto no camarão cozido em solução salina nas proporções (a <sub>1</sub> ) 1:3, (a <sub>2</sub> ) 1:4 e (a <sub>3</sub> ) 1:5.	79
<b>Figura 4.3.</b>	Umidade do camarão cozido em solução salina nas concentrações (a <sub>1</sub> ) 3%, (a <sub>2</sub> ) 5% e (a <sub>3</sub> ) 7%.	81
<b>Figura 4.4.</b>	Umidade do camarão cozido em solução salina nas concentrações (b <sub>1</sub> ) 1:3, (b <sub>2</sub> ) 1:4 e (b <sub>3</sub> ) 1:5.	82
<b>Figura 4.5.</b>	Representação esquemática da variação de cor entre o camarão sem processamento e o camarão cozido.	83
<b>Figura 4.6.</b>	Efeito do cozimento na textura do camarão cozido, a) proporção 1:3; b) proporção 1:4 e c) proporção 1:5.	85
<b>Figura 4.7.</b>	Perfil de temperatura do camarão cozido em solução salina nas concentrações (a) 3%, (b) 5% e (c) 7%.	88
<b>Figura 4.8.</b>	Perfil de temperatura do camarão cozido em solução salina nas proporções (a) 1:3, (b) 1:4 e (c) 1:5.	88
<b>Figura 4.9.</b>	Curva de secagem para o camarão sem processamento.	89
<b>Figura 4.10.</b>	Curvas de secagem para o camarão sem processamento, cozido e defumado.	90
<b>Figura 4.11.</b>	Taxa de secagem a T = 50°C do camarão.	91
<b>Figura 4.12.</b>	Ajuste do modelo de Fick aos dados de secagem do camarão sem processamento: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico de valores observados vs valores preditos.	93
<b>Figura 4.13.</b>	Ajuste do modelo de Fick aos dados de secagem do camarão cozido: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico de valores observados vs valores preditos.	93
<b>Figura 4.14.</b>	Ajuste do modelo de Fick aos dados de secagem do camarão defumado: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico de valores observados vs valores preditos.	94

<b>Figura 4.15.</b>	Representação esquemática da variação de cor entre o camarão sem processamento, cozido e defumado.	98
<b>Figura 4.16.</b>	Histograma de frequência dos valores atribuídos.	100
<b>Figura 4.17.</b>	Variações do teor de umidade do camarão defumado em 35 dias de armazenagem.	108
<b>Figura 4.18.</b>	Variações da textura em termos de firmeza do camarão defumado em 35 dias de armazenagem.	109
<b>Figura 4.19.</b>	Variações da atividade de água para o camarão defumado em 35 dias de armazenagem.	110
<b>Figura 4.20.</b>	Acompanhamento das variações do parâmetro de luminosidade (L), das variáveis de cromaticidade (a e b) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) para o camarão defumado durante 35 dias de armazenagem.	112
<b>Figura 4.21.</b>	Isotermas de sorção do camarão cozido e defumado a 25 °C	113
<b>Figura 4.22.</b>	Correlação entre m experimental e m predito para (a) adsorção e (b) dessorção.	117

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1.</b>	Composição centesimal (%) de diversas espécies de camarão.	26
<b>Tabela 2.2.</b>	Composição de porções do camarão, <i>M. amazonicum</i> , salgado e frito.	26
<b>Tabela 2.3.</b>	Conteúdo de lipídeos e colesterol de diversas espécies de camarão.	28
<b>Tabela 2.4.</b>	$a_w$ mínima para crescimento e para produção de toxina de alguns microorganismos importantes para a saúde pública.	45
<b>Tabela 2.5.</b>	Modelos bi-paramétricos utilizados na predição de isotermas de adsorção.	50
<b>Tabela 2.6.</b>	Modelos tri-paramétricos utilizados na predição de isotermas de adsorção.	51
<b>Tabela 3.1.</b>	Codificação dos ensaios de cozimento.	57
<b>Tabela 3.2.</b>	Codificação dos ensaios de defumação.	59
<b>Tabela 3.3.</b>	Modelos bi-paramétricos utilizados na predição de isotermas de adsorção.	71
<b>Tabela 3.4.</b>	Modelos tri-paramétricos utilizados na predição de isotermas de adsorção.	71
<b>Tabela 4.1.</b>	Caracterização física do camarão sem processamento.	72
<b>Tabela 4.2.</b>	Caracterização físico-química do camarão sem processamento.	74
<b>Tabela 4.3.</b>	Caracterização microbiológica do camarão sem processamento.	75
<b>Tabela 4.4.</b>	Teor de $Cl^-$ no camarão cozido.	79
<b>Tabela 4.5.</b>	Umidade no camarão cozido. (Apêndice 1)	133
<b>Tabela 4.6.</b>	Efeito do cozimento na cor instrumental do camarão.	83
<b>Tabela 4.7.</b>	Textura instrumental em termos de firmeza (N).	85
<b>Tabela 4.8.</b>	Atividade de água.	87
<b>Tabela 4.9.</b>	Difusividade efetiva do camarão sem processamento, cozido e defumado.	94
<b>Tabela 4.10.</b>	Umidade, atividade de água e textura (em termos de força).	96
<b>Tabela 4.11.</b>	Cor instrumental do camarão defumado.	98
<b>Tabela 4.12.</b>	Aceitação sensorial do atributo sabor das amostras de camarão defumado. (valores em notas).	99
<b>Tabela 4.13.</b>	Resultados das análises físico-químicas.	101
<b>Tabela 4.14.</b>	Caracterização microbiológica do camarão defumado.	102
<b>Tabela 4.15.</b>	Perfil de ácidos graxos para o camarão sem processamento e defumado.	104
<b>Tabela 4.16.</b>	Percentual de redução das somatórias de ácidos graxos.	105
<b>Tabela 4.17.</b>	Parâmetros de umidade, textura (em termos de firmeza) e $a_w$ .	106
<b>Tabela 4.18.</b>	Parâmetros de cor (L, a, b e $\Delta E$ ) para o camarão defumado.	110
<b>Tabela 4.19.</b>	Dados de sorção a 25°C para o camarão defumado. (Apêndice 1).	134
<b>Tabela 4.20.</b>	Parâmetros para os dados de sorção de camarão defumado.	111
<b>Tabela 4.21.</b>	Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtidos através dos ajustes.	112
<b>Tabela 4.22.</b>	Desvios médios relativos (P) obtidos através dos ajustes.	113

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS .....	17
1.1.1 Geral .....	17
1.1.2 Específicos .....	17
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
2.1. CAMARÃO REGIONAL ( <i>Macrobrachium amazonicum</i> ) .....	18
2.2. BIOMETRIA DO CAMARÃO .....	20
2.3. O VALOR NUTRITIVO DO PESCADO .....	21
2.4 PERECIBILIDADE E ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS DO CAMARÃO .....	26
2.5 ALTERNATIVAS PARA A CONSERVAÇÃO DO CAMARÃO .....	29
2.5.3 Defumação .....	32
2.5.4 Defumação Líquida .....	34
2.5.5 Secagem .....	36
2.6 ANÁLISE SENSORIAL .....	38
2.6.1 Textura .....	40
2.6.2 Cor .....	42
2.7 ATIVIDADE DE ÁGUA .....	43
2.8 ISOTERMAS DE SORÇÃO DE UMIDADE .....	49
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>54</b>
3.1 MATERIAL .....	54
3.1.1 Matéria-prima .....	54
3.1.2 Solução salina, fumaça líquida e embalagem .....	55
3.1.3 Instalação da câmara de secagem .....	55
3.2 MÉTODOS .....	56
3.2.1 Determinações Analíticas .....	56
3.2.1.1 Análise biométrica .....	56
3.2.1.2 Rendimento do camarão sem processamento, cozido e defumado .....	57
3.2.1.3 Atividade de água .....	58
3.2.1.4 Análises Microbiológicas .....	58
3.2.1.5 Análises físico-químicas .....	58
3.2.1.6 Análise colorimétrica .....	59
3.2.1.7 Análise de textura .....	60
3.2.2 Fluxograma do processo .....	61
3.2.3 Transporte do Camarão .....	61
3.2.4 Preparo da matéria-prima .....	62
3.2.5 Cozimento em solução salina (PCSS) .....	62
3.2.6 Perfil de temperatura do camarão durante o cozimento .....	64
3.2.7 Pré-Secagem .....	64
3.2.8 Defumação líquida .....	65
3.2.9 Secagem .....	65
3.2.9.1 Cinética de Secagem (CS) .....	66
3.2.9.2 Modelagem Matemática da Cinética de Secagem .....	66
3.2.10 Análise sensorial .....	69
3.2.11 Determinação do perfil de ácidos graxos .....	70

3.2.12 Avaliação das características físicas do camarão durante a estocagem.....	71
3.2.13 Obtenção das isotermas de sorção .....	71
3.2.14 Ajuste dos modelos as isotermas .....	72
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>74</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA .....	74
4.2 RENDIMENTO DO CAMARÃO REGIONAL SEM PROCESSAMENTO, COZIDO E DEFUMADO.....	75
4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	75
4.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	77
4.5 PROCESSO DE COZIMENTO EM SOLUÇÃO SALINA (PCSS).....	78
4.5.1 Efeito do PCSS no conteúdo de cloretos.....	78
4.5.2 Efeito do PCSS na umidade do camarão.....	80
4.5.3 Efeito do PCSS na cor do camarão.....	82
4.5.4 Efeito do PCSS na Textura .....	83
4.5.5 Atividade de água.....	85
4.5.6 Perfil de temperatura durante o cozimento.....	87
4.6 PROCESSO DE SECAGEM .....	89
4.6.1 Cinética de Secagem.....	89
4.6.2 Modelagem matemática da cinética de secagem .....	92
4.7 PROCESSO DE DEFUMAÇÃO LÍQUIDA.....	96
4.7.1 Análise de Umidade, atividade de água e textura .....	96
4.7.2 Análise de cor.....	97
4.7.3 Análise Sensorial .....	99
4.8 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO CAMARÃO COZIDO E DEFUMADO	100
4.9 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DO CAMARÃO COZIDO E DEFUMADO.....	102
4.10 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS.....	103
4.11 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CAMARÃO DEFUMADO DURANTE ESTOCAGEM.....	107
4.12 ISOTERMAS DE SORÇÃO.....	111
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>117</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>119</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A pesca é considerada uma das mais importantes fontes de geração de empregos, renda e alimento. Globalmente, a pesca equivale a 15% do consumo total de proteína animal, contribuindo com US\$ 63 bilhões ao mercado mundial em 2003 (FAO, 2005). Segundo IBAMA (2007), no Brasil, em 2004, a pesca extrativa estuarina e marinha comportou uma produção de 746.216,5 t. O estado do Pará foi responsável pela produção de 93.625,0 t em 2004, o que lhe assegurou o segundo lugar em termos de volume de desembarque da pesca extrativa marinha.

A atividade pesqueira sempre desempenhou papel de destaque no contexto econômico e social da Amazônia, constituindo-se numa das mais valiosas e tradicionais atividades extrativistas da região (DORIA E QUEIROZ, 2008). O próprio processo de ocupação da Amazônia, que se desencadeou após os séculos XVII e XVIII e que foi centralizado ao longo das calhas dos principais rios da região, é uma representação da importância destes rios e seus respectivos recursos naturais na vida do homem amazônico (SANTOS; SANTOS, 2005). A partir da segunda metade do século XX a atividade pesqueira na região passou constituir uma cadeia de processos inter-relacionados que incluem a captura, o processamento, o comércio e a demanda do consumidor pelo pescado.

O Estuário Amazônico é considerado uma das regiões mais produtivas do país (OLIVEIRA et al, 2007). Paralelo a isso se destaca a dependência das populações que habitam as margens dos rios e lagos da região, por este recurso que representa a sua principal fonte de proteína para consumo humano e cujo consumo *per capita* estima-se entre 360 e 500 g/dia (BARTHEM e FABRÉ, 2004).

Os crustáceos constituem um dos grupos mais importantes de organismos aquáticos, representando cerca de 4% das capturas mundiais. Deste grupo, quase todas as espécies são consideradas de alto valor comercial. Porém, os camarões e as lagostas são as espécies de maior relevância, sendo capturadas em quase todo o mundo (LOPES, 2006).

O camarão (*Macrobrachium amazonicum*) desempenha funções ecológicas importantes nos ecossistemas aquáticos como componente da cadeia trófica, contribuindo para a dieta de peixes, mamíferos e alimento básico de várias espécies de aves. Destaca-se também na economia como um dos recursos explorados no estuário amazônico (Região do Marajó), por pescadores artesanais e populações ribeirinhas, os quais detêm amplo conhecimento da biologia desse crustáceo e principalmente dos fatores abióticos relacionados ao seu ciclo de vida.

Os pescados, em geral, são produtos altamente perecíveis e para aumentar sua vida de prateleira necessitam de tratamento adequado e de processamento tão logo ocorra à captura, exceto quando o destino é a comercialização *in natura* (GONÇALVES; PRENTICE, 1998). Com tais características intrínsecas, os processos de conservação do pescado *in natura* e de transformações tecnológicas ganham significativo destaque e importância (SOUZA et al, 2004). Isto por que ao realizar o processamento, está se agregando valor ao pescado, que de matéria-prima perecível, passa a ser um produto com maior vida útil e com novas opções de consumo.

Para aproveitar com maior eficiência a produção de pescado, é necessário tanto o desenvolvimento de novas tecnologias, quanto de um controle de qualidade eficiente que garantam maior aceitabilidade, aliada à maior vida de prateleira e à exploração das potencialidades do mercado regional e nacional.

A defumação, embora seja uma técnica de conservação antiga, vem sendo utilizada como um artifício para melhorar a qualidade dos pescados em geral, uma vez que gera mudanças em atributos sensoriais como odor, sabor, cor e textura. A fumaça líquida é atualmente a melhor forma de produzir alimentos defumados, com melhor



uniformidade e maior praticidade, além de ser um processo mais higiênico. O uso da fumaça líquida elimina também a presença de altos níveis de elementos cancerígenos nos produtos defumados (PEZANTES, 2006).

É importante ressaltar que pouco se sabe sobre a grande biodiversidade da região amazônica. Isto é válido para diversos organismos que tem importância econômica, como é o caso do camarão regional. Porém, em função do desconhecimento de tecnologias que produzam ou transformem essa espécie em alimentos ou fontes de matérias primas, com qualidade para utilização na indústria de alimentos, tem proporcionado a subutilização dessa espécie e à levando elaboração de produtos com baixo valor comercial, devido às más condições de captura, manuseio, transporte e processo de conservação. Neste contexto fica clara a necessidade de ações que contemplem todas às etapas da cadeia produtiva de recursos pesqueiros na região, ou seja, a aplicação, o uso do conhecimento técnico e científico para a solução do problema, que leve à melhoria do produto e/ou do processo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Geral

O objetivo deste estudo foi o de aprimorar o beneficiamento do recurso pesqueiro subutilizado que é o camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*), oriundo da região da Ilha das Araras, estado do Pará, através da aplicação de operações ou técnicas apropriadas de beneficiamento e conservação, procurando viabilizar um produto com características nutricionais, funcionais e sensoriais que permitam um maior apelo em sua comercialização, como forma de agregar valor.

### 1.1.2 Específicos

- Caracterizar a matéria-prima e o produto final através de análises físicas, químicas e microbiológicas;
- Realizar o processo de cozimento do camarão em soluções salinas, avaliando a influência da concentração de NaCl na solução, bem como do tempo de cozimento utilizado no processo;
- Realizar a defumação líquida do camarão regional cozido, avaliando a influência da concentração das soluções de fumaça líquida, e do tempo de secagem na aceitabilidade do produto final;
- Identificar e quantificar os ácidos graxos da matéria-prima bem como do produto final;
- Estudar a evolução do processo de transferência de massa na cinética de secagem do camarão regional em todas as fases (sem tratamento, cozido e defumado);
- Avaliar as alterações físico-químicas durante a estocagem do camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*) cozido e defumado através dos parâmetros: umidade, cor, atividade de água e textura;
- Avaliar o comportamento higroscópico do camarão cozido e defumado, através das isotermas de sorção.

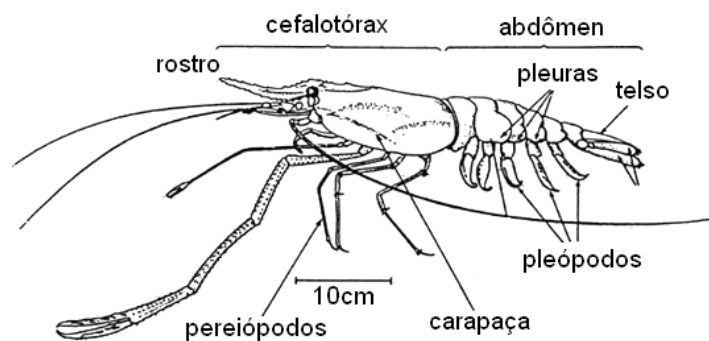
## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. CAMARÃO REGIONAL (*Macrobrachium amazonicum*)

Os crustáceos diferenciam-se dos demais Artrópodes por apresentarem um exoesqueleto mais espesso e rígido, (crusta: carapaça dura). Contam com, aproximadamente, 38.000 espécies, ocorrendo nos ecossistemas terrestres e aquáticos (dulcícola, marinho e salobro), das quais cerca de 8.500 são integrantes da Ordem Decápoda (deca: dez podos: pé). Os crustáceos mais popularmente conhecidos são: camarões, lagostas e caranguejos. No Brasil existem 30 espécies de camarão dentre as catalogadas pela FAO, sendo 22 de ambiente marinho e 8 de água doce (CARNEIRO, 1996).

Os camarões apresentam o corpo dividido em duas partes: cefalotórax e abdômen (Figura 2.1). O cefalotórax é constituído por vários segmentos (6 cefálicos e 8 torácicos) formando uma peça única, a carapaça. Dos segmentos cefálicos o primeiro só é visível nos estágios embrionários, desaparecendo na fase adulta. O abdômen é constituído por seis segmentos seguidos de uma estrutura pontiaguda, o telso (ALVES et al, 2005).

O corpo é alongado, achatado lateralmente e revestido por um exoesqueleto formado basicamente por quitina (carboidrato) e sais de cálcio. A extremidade anterior da carapaça apresenta um prolongamento em forma de espinho, o rostro, ao longo do qual se encontram estruturas dentadas em sua superfície superior e inferior. Localizado inferiormente à base do rostro estão inseridos os pedúnculos oculares (ALVES et al. 2005).



**Figura 2.1.** Aspectos da morfologia externa dos camarões de água doce.

**Fonte:** VALENTI, 1989.

O camarão de água doce (*Macrobrachium amazonicum*) é uma espécie que se caracteriza por uma ampla distribuição mundial nas águas doces e salobras. Na América do Sul a espécie apresenta grande distribuição geográfica, ocorrendo nas áreas costeiras do norte e nordeste, nas bacias do Orenoco, do rio Amazonas e do rio Paraguai. Na Região Amazônica povoam as águas brancas ricas em sedimentos e sais dissolvidos de cálcio e de magnésio, assim como nos lagos e açudes de várzea alagados durante a cheia. O *Macrobrachium amazonicum* é pouco freqüente nas águas pretas, ácidas e pobres em nutrientes, assim como nos igarapés de terra firme. A espécie apresenta características migratórias (ODINETZ-COLLART, 1987, ODINETZ - COLLART, 1988; COLLART, 1993).

As espécies do gênero *Macrobrachium* são crepusculares, com atividades mais acentuadas no início e fim do dia, quando saem à procura de alimento. Seu período reprodutivo está intimamente associado ao regime de chuvas e as variações térmicas. Odinetz-Collart (1991) comenta que na Amazônia Central as populações de *Macrobrachium amazonicum* caracterizam-se por apresentarem atividade reprodutiva contínua, podendo observar-se fêmeas ovadas durante o ano todo. É possível em uma mesma coleta ou em uma mesma amostra encontrar fêmeas com ovários em diferentes estágios de maturação independente da estação do ano. Para concluir o processo reprodutivo a espécie poderá ter preferência por áreas estuarinas ou interioranas (PEIXOTO, 2002). Como conseqüências do seu ciclo de vida realizam grandes

migrações rio acima, podendo ser encontrados a mais de 300 km dos locais de nascimento (VALENTI, 1989).

O *M. amazonicum* tem importância ecológica e econômica, sendo largamente explorado pela pesca artesanal do Nordeste e nos estados do Pará (Região do Marajó) e Amapá (ODINETZ-COLLART, 1987; ODINETZ-COLLART; MOREIRA, 1993; MORAES-RIODADES; VALENTI, 2002). Dentre as espécies nativas do Brasil é a que apresenta maior potencial para a aquicultura. Coelho et al. (1982) realizaram a criação em viveiros de *M. amazonicum* observando o crescimento desta espécie em diferentes níveis de densidade e de povoamento em condições de cultivo intensivo.

A espécie é bem aceita nos mercados consumidores do Norte e Nordeste porque sua carne apresenta textura mais firme, com um sabor mais acentuado quando comparado com *M. rosenbergii* (MORAES-RIODADES; VALENTI, 2002). No Estado do Pará, o camarão *Macrobrachium amazonicum* é comumente conhecido como camarão-regional, camarão-canela ou camarão-cascudo (MORAES-RIODADES et al.1999).

## 2.2. BIOMETRIA DO CAMARÃO

O camarão da espécie *Macrobrachium amazonicum* vivo apresenta coloração transparente, hialina (Figura 2.2) e comprimento máximo de 150 mm para machos e 125 mm para fêmeas (PENAFORT, 1992). Estudando espécies capturadas no Baixo Tocantins, Odinetz-Collart (1987) observou exemplares com comprimento máximo de cefalotórax de 28 mm e comprimento total de 132 mm, enquanto que no lago da represa encontrou exemplares com comprimento máximo de cefalotórax de 18 mm e comprimento total de 82 mm.



**Figura 2.2.** Camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*) vivo.

Estudando populações de *Macrobrachium amazonicum* naturais (selvagens) e cultivadas Romero (1980) e Guest (1979), observaram que as espécies observadas não ultrapassaram a medida de 100 mm de comprimento. Odinetz-Collart (1993) estudando características biométricas de populações de *Macrobrachium amazonicum* verificou que os comprimentos máximos de exemplares coletados apresentaram 132 mm e 126 mm, para machos e fêmeas, respectivamente. Geralmente, os machos apresentam comprimento superior que fêmeas. Cabe também mencionar que essas espécies quando coletados em águas correntes apresentam comprimentos significativamente maiores que os capturados em lagos (ODINETZ-COLLART; MOREIRA, 1993).

### 2.3. O VALOR NUTRITIVO DO PESCADO

Mais de duzentas espécies de peixes e crustáceos encontram-se disponíveis para consumo, disponibilizando quantidades generosas de proteínas, uma grande variedade de vitaminas, minerais e ácidos graxos essenciais, e tudo isso acompanhado de um baixo valor calórico (SIKORSKI; KOLAKOWSKA; BURT, 1994).

Sob o ponto de vista nutricional o pescado é reconhecidamente um dos alimentos mais completos, graças a disponibilidade de nutrientes essenciais, sendo um alimento ideal para dietas que requerem baixo teor de lipídeos e alto teor de proteína. Apresenta

todos os aminoácidos essenciais, com elevado teor em lisina, aminoácido “starter” do processo digestivo (DUARTE; SOUSA, 2001; OETTERER, 2002).

O camarão regional é uma espécie de água doce, constituindo fonte de proteína para a dieta humana, com grande aceitação no mercado interno e externo, devido à qualidade de sua carne, fato que tem estimulado o interesse econômico (DUARTE; SOUSA, 2001).

A composição da parte comestível do pescado varia entre 60 a 85% de umidade, aproximadamente 20% de proteína, 0,6 a 36 % de lipídeos, 0,3 a 1% de carboidratos e 1 a 2% de cinzas. A Tabela 2.1 apresenta a composição centesimal de diferentes espécies de camarão. Estes componentes são muito importantes no que se refere ao valor nutritivo, características de textura, qualidades organolépticas e capacidade de amaciamento da carne. Outros constituintes, como as vitaminas e minerais, estão presentes em quantidades menores, mas também desempenham papel significativo nos processos bioquímicos de pós-morte. A proporção desses componentes depende da espécie, do sexo e do ciclo biológico do animal analisado, assim como devem ser também considerados fatores ecológicos, tais como, estação do ano, local, abundância de nutrientes, temperatura e salinidade da água (OGAWA; SILVA; SANTOS-FILHO, 1999).

**Tabela 2.1** Composição centesimal (%) de diversas espécies de camarão.

<b>Espécie</b>	<b>Umidade</b>	<b>Proteína</b>	<b>Lipídeos</b>	<b>Cinzas</b>
(1) Camarão-branco-do-pacífico ( <i>L. vannamei</i> )	75,96	17,83	2,45	1,55
(2) Camarão rosa ( <i>Parapenaeus longirostris</i> )	85,49	11,00	0,35	2,43
(3) Camarão de água doce ( <i>M. rosenbergii</i> )	78,54	19,50	0,15	1,35
(4) Camarão ( <i>Acetes chinensis</i> )	77,50	15,40	2,10	4,10
(5) Camarão rosa ( <i>Penaeus brasiliensis</i> )	88,34	10,62	0,36	1,05

**Fonte:** (1) Vasconcelos; Silveira (2004); (2) Cadun; Cakli; Kisla (2005); (3) Kirschnik; Viegas (2004); (4) Lee et al. (2002); (5) Pedrosa; Cozzolino (2001)

Estudando a composição centesimal do camarão *Macrobrachium amazonicum* salgado e frito Vieira, (2003) verificaram que as partes comestíveis são ricas em proteínas e, além disso, o cefalotórax e os resíduos também são boas fontes de proteína como demonstrado na Tabela 2.2.

**Tabela 2.2.** Composição de porções do camarão *Macrobrachium amazonicum* salgado e frito.

DETERMINAÇÕES (%)	RESULTADOS		
	Parte Comestível	Cefalotórax	Resíduo
Umidade	51,60	50,20	53,25
Lipídios	1,30	2,10	1,48
Proteínas	29,10	16,97	13,72
Cinzas	16,60	24,04	22,35
Cloretos	13,74	18,34	12,69

Fonte: Vieira, (2003).

Em experimento realizado por Moura et al. (2002), o teor médio de lípides totais em amostras comerciais refrigeradas de camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) foi de  $1,13 \pm 0,09$  g/100g. Quanto ao perfil de ácidos graxos, este revelou a presença de 33% de saturados, 20% de monoinsaturados e 41% de polinsaturados. Foram identificados e quantificados 18 ácidos graxos, sendo 7 saturados (14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0, 22:0), 4 monoinsaturados (16:1 $\omega$ 7, 17:1  $\omega$ 9, 18:1  $\omega$ 9, 20:1  $\omega$ 9) e 7 polinsaturados (18:2  $\omega$ 6, 18:3  $\omega$ 3, 20:2  $\omega$ 6, 20:4  $\omega$ 6, 20:5  $\omega$ 3, 22:5  $\omega$ 3, 22:6  $\omega$ 3).

De acordo com Vazquez; Sánchez-Muniz (1994), o consumo de pescado tem sido recomendado para a prevenção e tratamento de acidentes cardiovasculares e cérebro vasculares. Essas recomendações fundamentam-se no papel benéfico da fração lipídica do pescado (rica em ácidos graxos poliinsaturados da família  $\omega$ 3), sobre diferentes aspectos relacionados com o metabolismo lipoprotéico, como por exemplo na formação de placas ateromatosas e na possível função de alguns aminoácidos constituintes de sua proteína sobre o metabolismo do colesterol. Os ácidos graxos  $\omega$ 3



atuam como antiinflamatório e antialérgico, diminuindo agregação de placas e reduzindo a síntese de mediadores químicos da inflamação, ao mesmo tempo em que aumentam as defesas do organismo.

Os fosfolipídios e esteróis estão presentes nos tecidos em pequenas quantidades (0,2 a 0,3% do peso fresco), desempenhando importante papel estrutural e participando das funções celulares básicas. A fração média de fosfolipídios do pescado contém, em média 60% de fosfatidil-colina, 20% de fosfatidil-etanol-amina, e o restante de fosfatidil-serina, esfingomiélna e outros fosfolipídios (SIKORSKI; KOLAKOWSKA; BURT, 1994).

Os esteróis marinhos, livres ou esterificados, são quase que exclusivamente colesterol. A maioria contém cerca de 20-40mg de colesterol por 100 g de carne. A carne de crustáceos e moluscos contém duas ou três vezes mais esteróides. (SIKORSKI; KOLAKOWSKA; BURT, 1994). A Tabela 2.3 apresenta o conteúdo de lipídeos e colesterol de diversas espécies de camarão.

**Tabela 2.3.** Conteúdo de lipídeos e colesterol de diversas espécies de camarão.

<b>Espécie</b>	<b>Origem</b>	<b>Colesterol (mg/100g)</b>	<b>Lipídios Totais (g/100g)</b>
Camarão Sete Barbas ( <i>X. kroyeri</i> )	São Paulo	134 ± 12	1,0 ± 0,0
Camarão da Malásia ( <i>M. rosenbergii</i> )	Santa Catarina	139 ± 5	1,1 ± 0,1
Camarão rosa ( <i>P. brasiliensis</i> )	São Paulo	127 ± 9	1,0 ± 0,1
Camarão rosa ( <i>Penaeus brasiliensis</i> )	Santa Catarina	134 ± 9	0,9 ± 0,1
Camarão rosa ( <i>Penaeus brasiliensis</i> )	Santa Catarina	114 ± 3	1,0 ± 0,1
Camarão legítimo ( <i>P. schimitii</i> )	Santa Catarina	121 ± 11	0,9 ± 0,2
Camarão legítimo ( <i>Penaeus schimitii</i> )	Santa Catarina	124 ± 7	1,0 ± 0,2

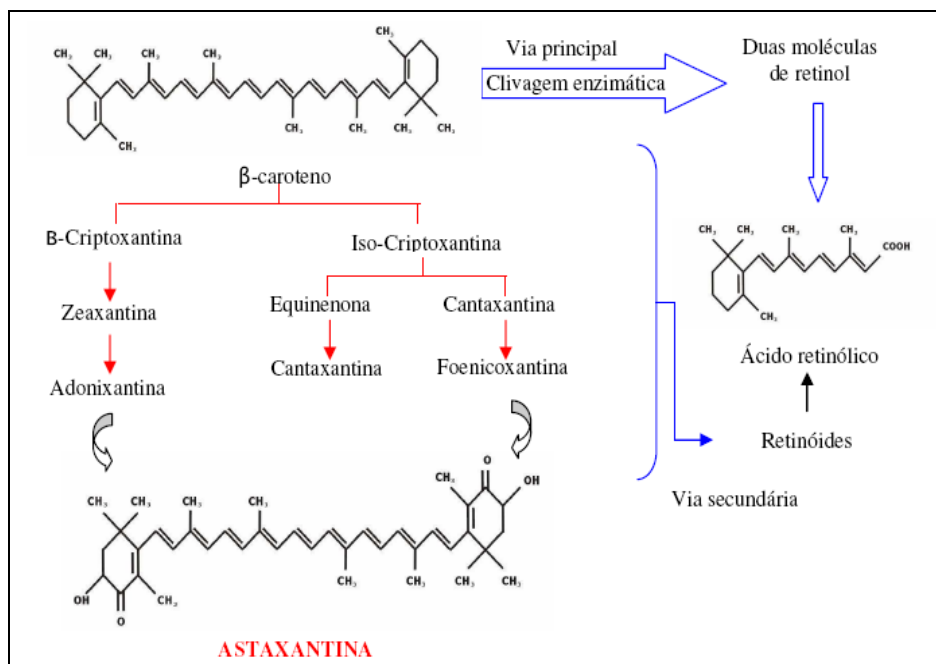
Fonte: BRAGAGNOLO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2001.

Crustáceos como a lagosta e o camarão são também importantes fontes de carotenóides naturais, podendo ser uma boa alternativa em substituição aos carotenóides sintéticos, pois além da sua disponibilidade os carotenóides naturais

possuem uma maior absorção quando relacionado aos sintéticos (SAHINDRA; MAENDRAKAR, 2004). Vários trabalhos têm sido realizados sobre a ocorrência e significância de carotenóides em camarões e lagostas (SACHINDRA; BHASKAR; MAHENDRAKAR, 2005). Considerando o valor potencial destes pigmentos, foi estudada a caracterização de carotenóides em *Streptocephalus dichotomu* e *Moina micuras* (VELU; CZECZUGA; MANUSWAMY, 2003).

Nos crustáceos, os carotenóides estão presentes na forma de complexos protéicos (carotenoproteínas), principalmente na carapaça, apêndices torácicos, sangue, olhos, ovos, hepatopâncreas e ovário (KUO et al. 1976). A astaxantina tem sido citada como principal carotenóide na maioria dos crustáceos como camarões, lagostas e caranguejos (KUO et al. 1976; CANO-LOPEZ; SIMPSON; HAARD, 1987; HOSANG, 2001; RODRIGUES-AMAYA, 2001).

A Figura 2.3 mostra a via de bioconversão dos carotenóides no camarão *Penaeus*, e via de conversão de retinóis (NÈGRE-SADARGUES; CASTILLO; SEGONZAC, 2000). Os intermediários na transformação de carotenóides dietéticos, como equinenona e cantaxantina são geralmente detectados em menor quantidade.



**Figura 2.3.** Via de bioconversão dos carotenóides no camarão *Penaeus*.

**Fonte:** NÈGRE-SADARGUES; CASTILLO; SEGONZAC, 2000.

As crustacianinas são proteínas pigmentadas freqüentemente encontradas no exoesqueleto de várias espécies de crustáceos marinhos e a sua coloração é proveniente do carotenóide astaxantina (STAINISLAW; BRITTON, 2001). A complexação deixa o carotenóide mais estável e estende a cor ao azul, verde ou púrpura. Com tratamento térmico, a desnaturação da proteína libera a astaxantina e sua cor vermelha se revela (ANDRADE, 2003). Carotenóides livres absorvem luz no comprimento de onda de 400-500 nm e são responsáveis por várias colorações naturais amarelas, laranjas e vermelhas (WEESIE et al. 1995).

## 2.4 PERECIBILIDADE E ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS DO CAMARÃO

Os pescados são produtos altamente perecíveis, dada a elevada atividade de água, composição química (pH próximo da neutralidade) e teor de gorduras insaturadas, facilmente oxidáveis (VIEIRA, 2004).

O pescado é entre os outros alimentos protéicos, o mais susceptível à autólise, oxidação e hidrólise de lipídeos. As alterações no sabor, odor, textura e cor refletem o nível de frescor ou decomposição, causada pela atividade microbiana decorrente da presença de altos níveis de compostos nitrogenados no músculo. Além disso, no caso específico dos camarões, certas substâncias do tipo aminofenol, oriundas do desdobramento de proteínas por ação de bactérias, podem ser oxidadas por enzimas do grupo das polifenolases, transformadas geralmente em melaninas, que conferem aspecto escuro à carne. O enegrecimento, portanto, deve-se ao aparecimento de estruturas melanínicas, formadas pela oxidação de compostos do tipo mono e polifenóis, através de reações enzimáticas na presença de oxigênio molecular (MACHADO, 1988; VIEIRA, 2004).

Laghmari; Elmarrakchi (2005) observaram a perecibilidade de camarões (*Parapenaeus longirotris*) armazenados em gelo e em temperatura ambiente, sendo estudados aspectos sensoriais e químicos. Determinou-se que os camarões apresentaram vida-útil de 6 horas em temperatura ambiente e 3 a 5 dias quando estocados em gelo.

Deve-se também considerar, no estudo da degradação, que os peixes, crustáceos e moluscos contêm grande quantidade de aminoácidos livres, cujo padrão é característico para as diferentes espécies. Segundo Navarro (1991), os aminoácidos livres, juntamente com o baixo conteúdo de tecido conjuntivo e a alta umidade, seriam os responsáveis pela rápida deterioração do pescado. Por ser rico em nutrientes, principalmente em proteína, o pescado é muito suscetível ao desenvolvimento microbiano. Dentre as bactérias que concorrem para a putrefação do pescado, tem-se *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Serratia* e *Bacillus* (SALES; SALES, 1990).

Germano; Germano e Oliveira (1998) alertaram para os problemas do consumo de pescado quanto ao fato desse alimento poder ser veiculador de microorganismos patogênicos para os seres humanos. A maior parte dos microorganismos patogênicos

encontrados em pescado advém da contaminação ambiental. Usualmente, há apenas duas espécies de bactérias que ocorrem naturalmente em pescados, o *Clostridium botulinum* (Tipo E) e o *Vibrio parahaemoliticus*, sendo o gênero *Vibrio* muito freqüente (PEDROSA-MENABRITO; REGENSTEIN, 1988).

O *Staphylococcus aureus* é um dos agentes patogênicos comumente associados à falta de condições adequadas ou manipulação inadequada de produtos pesqueiros, pois este microrganismo encontra-se principalmente presente nas mãos e trato respiratório dos manipuladores de alimentos (BARRETO, 2004).

A salmonela é amplamente distribuída na natureza, sendo o principal reservatório destas bactérias o trato intestinal do homem e animais de sangue quente e de sangue frio, exceto peixes, moluscos e crustáceos (VIEIRA, 2004). A possível presença deste microrganismo nos camarões indicaria a contaminação do mesmo após a pesca e por manipulação inadequada. A ausência de *Salmonella* e o valor de *Staphylococcus* coagulase positiva e coliformes a 45°C menores dos que os exigidos pela legislação confirmam que os procedimentos higiênico-sanitários foram corretamente seguidos desde a captura e transporte até a preparação da matéria-prima.

Pedrosa-Menabrito; Regenstein (1988), citam também a relevância da contaminação por, outras bactérias patogênicas que ocasionalmente estão associados aos pescados como o *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi* e *Salmonella paratyphi*, *Shigella spp*, *Streptococcus sp.*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*.

Apesar de o crescimento bacteriano representar a principal causa da deterioração do pescado, seu controle pode ser realizado através da utilização de agentes bactericidas e métodos adequados de esterilização (VIEIRA, 2004).

No caso do camarão, para seu processamento é imprescindível a operação de lavagem com água clorada (25ppm), pois na fase adulta o mesmo tem por hábito,

enterra-se na areia e quando capturado traz resíduos de areia e matéria orgânica que devem ser removidos para evitar a ação bacteriana (OETTERER, 2002).

## 2.5 ALTERNATIVAS PARA A CONSERVAÇÃO DO CAMARÃO

O pescado mantém seu frescor se conservado em gelo imediatamente após captura, mas para preservação superior a 10 - 14 dias são necessários o uso de técnicas como congelamento, desidratação osmótica, marinagem, defumação e secagem. O uso desses métodos, apesar de serem muito eficientes quanto à conservação, podem ocasionar alterações organolépticas significativas. A perda de qualidade durante a conservação por congelamento ou secagem é fundamentalmente resultado da desnaturação das proteínas miofibrilares que são mais facilmente degradáveis no pescado que nos animais terrestres (SUZUKI, 1987).

### 2.5.1 Salga

A salga é uma das técnicas mais antigas e fáceis de conservar o pescado. Apenas a adição de quantidade adequada de sal garante a obtenção de um produto de boa qualidade. É uma técnica que quase não sofreu modificação no decorrer dos séculos (LESSI, 1995).

O processo de salga, por mais empírico que pareça, é complexo devido a vários fatores físico-químicos, bioquímicos e microbiológicos, que devem ser levados em consideração para obter o processo desejado. Podem-se obter produtos curados que chegam a durar semanas, meses ou anos, e para isso é necessário levar em consideração vários fatores como: tipo e qualidade do pescado, manuseio, temperatura de conservação, embalagem, dentre outros (PINHEIRO, 1995).

Este processo de salga pode ser dividido em três estágios. No primeiro estágio o pescado é exposto a altas pressões osmóticas. O movimento do sal para o interior do pescado é sempre acompanhado por um movimento mais ativo da sua água para a salmoura circundante. A camada exterior da carne controla a velocidade de penetração

do sal. Nesta etapa, ocorre um decréscimo considerável no peso do peixe, as camadas interiores da carne não foram ainda completamente penetradas pelo sal. Na segunda etapa a pressão osmótica ainda exerce influência, embora em escala reduzida. A concentração de sal na camada superficial do tecido muscular é igualada à da salmoura circundante. Na terceira etapa, uma menor quantidade de sal se move para o interior do pescado. As concentrações nos fluidos celulares de todas as partes do pescado se aproximam e, finalmente, iguala-se à concentração da salmoura (PINHEIRO, 1995).

Existem basicamente três métodos de salga de pescado, a salga a seco, a salga úmida e a salga mista (PIGOTT; TUCKER, 1990):

- **Salga a seco**

Caracteriza-se pelo uso de sal cristalizado, que se aplica diretamente sobre a superfície do pescado, em quantidade suficiente para que as peças fiquem cobertas pelo sal. Como consequência do gradiente osmótico a água se difunde ao exterior do músculo e por outro lado, produz um fenômeno de contra-difusão de soluto ( $Cl^-$ ) em sentido inverso.

- **Salga úmida**

Neste processo o pescado é colocado em uma solução de salmoura preparada previamente. Usa-se fundamentalmente em produtos que necessitam de uma salga bem baixa ou ligeira. Uma desvantagem deste método é a diminuição da concentração original da salmoura, como consequência da difusão de água do produto, diluindo a salmoura. O propósito deste tipo de salga, por imersão, para salgar o peixe é manter o produto fora do contato com o ar atmosférico, devido às limitações da quantidade de rancificação que poderia desenvolver. Este é um método seria o mais indicado para a salga de peixes gordurosos (REGENSTEIN; REGENSTEIN, 1991).

- **Sistema misto**

Este método consiste em usar primeiramente uma técnica de salga a seco e posteriormente introduzir o produto em salmoura. Desta maneira, o sal fica aderido à superfície do pescado e previne a diluição da salmoura; dissolve-se na água proveniente do pescado, formando uma quantidade adicional de salmoura, sem provocar a diluição.

O processo de salga também pode ocorrer a diferentes temperaturas:

### **1) Salga a temperatura ambiente**

Com este sistema não se efetua um resfriamento artificial do pescado. Aplica-se fundamentalmente durante os meses frios do ano.

### **2) Salga com resfriamento**

Neste caso o pescado é salgado depois de ser submetido a um resfriamento, em temperaturas entre 0° C e 5°C. Este resfriamento aplica-se para deter os processos de autólise e decomposição bacteriana no tecido muscular do pescado. Este processo é usado especialmente em regiões com temperaturas altas, o que normalmente implica também altas temperaturas de água nos lugares de captura (VIVANCO, 2003).

### **3) Salga a frio**

Neste método o pescado é congelado previamente, com a finalidade de prevenir a contaminação na camada interior do músculo. Desta forma, podem-se processar lentamente pescados gordurosos de grande tamanho. O pescado congelado é embalado em caixas e a salga realiza-se pelo método a seco, ou uma mistura dos métodos anteriormente descritos.



### 2.5.2 Efeito da salga no pescado

GALLART-JORNET et al., (2007) estudaram a influência da concentração da salga em salmão do atlântico. Foram verificadas concentrações de 4, 10, 15,18 e 25% p/p de NaCl a 4°C por 14 dias e verificaram que os filés aumentavam de peso com a diminuição da concentração de sal, isto é, ocorria o intumescimento do músculo, e que só houve diminuição de peso na concentração de 25% p/p. Um mínimo intumescimento é observado a 0,1M e um máximo intumescimento e máxima capacidade de retenção de água ocorre a 1M ( $\approx$  5,8% de sal). Portanto, em altas concentrações de sal, acima de 9-10%, as proteínas devem ter uma forte ligação proteína-proteína, resultando em encolhimento do músculo e desidratação.

Ainda no que diz respeito à impregnação dos sais, dependendo da concentração, do tipo de sal utilizado e do pH do sistema, conjuntamente com a ação do calor, a adição de sais influi no número e na natureza das interações eletrostáticas das moléculas protéicas. Os íons dos sais neutros em concentrações baixas (0,5 a 1M) aumentam a solubilidade das proteínas, efeito conhecido como *salting in* (BORDERÍAS; MONTEIRO, 1988). A solubilidade de uma proteína é mínima na proximidade do seu ponto isoelétrico (proteínas miofibrilares pH variando de 4,0 a 5,0). Neste ponto crítico as interações proteína-proteína são mais relevantes, podendo haver agregação seguida da precipitação das moléculas de proteínas. Geralmente o emprego de NaCl conduz a um deslocamento do ponto isoelétrico das proteínas (ORDONEZ, 2005), O íons de Cl<sup>-</sup> tem grande capacidade de interagir com as moléculas protéicas, principalmente em sistemas com pH abaixo do ponto isoelétrico onde ocorre um aumento de proteínas de cargas positivas.

### 2.5.3 Defumação

A defumação de pescado é um método tradicional de conservação, mas, hoje em dia, ela é utilizada principalmente pela sua contribuição ao aroma e sabor característico. O processo consiste em salgar leve rapidamente o pescado, defumá-lo a baixa ou alta

temperatura e logo depois secá-lo (GIBSON, 1992; POLIGNÉ; COLLIGNAM; TRYSTAM, 2001; SEBASTIAN et al. 2005).

A fumaça contém pequenas gotas líquidas dispersas em uma fase gasosa e partículas sólidas, sendo a fase gasosa a principal responsável pela absorção dos componentes da fumaça no produto. A fase gasosa da fumaça se dissolve na água intersticial do músculo, formando assim, uma solução que se transforma em um perfeito agente de defumação (FOSTER; SIMPSON, 1961).

O efeito preservativo da defumação é mencionado como sendo devido à combinação dos seguintes fatores: (a) secagem da superfície, a qual promove uma barreira física de passagem para o microrganismo do meio ambiente inimigo; (b) impregnação de cloreto, o qual reduz a atividade de água ( $a_w$ ) e inibe o crescimento de muitos organismos deteriorantes e patógenos; além de enrijecer a carne durante o processo; (c) deposição de substâncias fenólicas antioxidantes, as quais diminuem a auto-oxidação (rancidez) dos lipídeos do pescado, que em geral são altamente insaturados; e (d) deposição de substâncias antimicrobianas, pois dentre todos os compostos da fumaça, os ácidos carboxílicos e fenóis possuem alta atividade antimicrobiana (GONÇALVES; PRENTICE, 1998).

Os pescados defumados têm uma boa aceitação no mercado e são prontos para consumo, não necessitando de qualquer outra forma de preparo adicional. A defumação é o processo de conservação mais indicado para pescados gordurosos, pois a gordura ajuda na retenção de compostos aromáticos da fumaça, que além de exercerem a função de conferir sabor e odor agradáveis e a coloração característica deste tipo de produto, estendem a durabilidade do produto, evitando a rancificação dos mesmos (SCHNEIDER; BASTOS; PLÜMER, 2006).

A coloração dos produtos defumados varia de amarelo dourado à marrom escuro, de acordo com a composição da fumaça e com as técnicas empregadas no processo de preparo e defumação da matéria-prima. Essa característica é obtida pela reação de

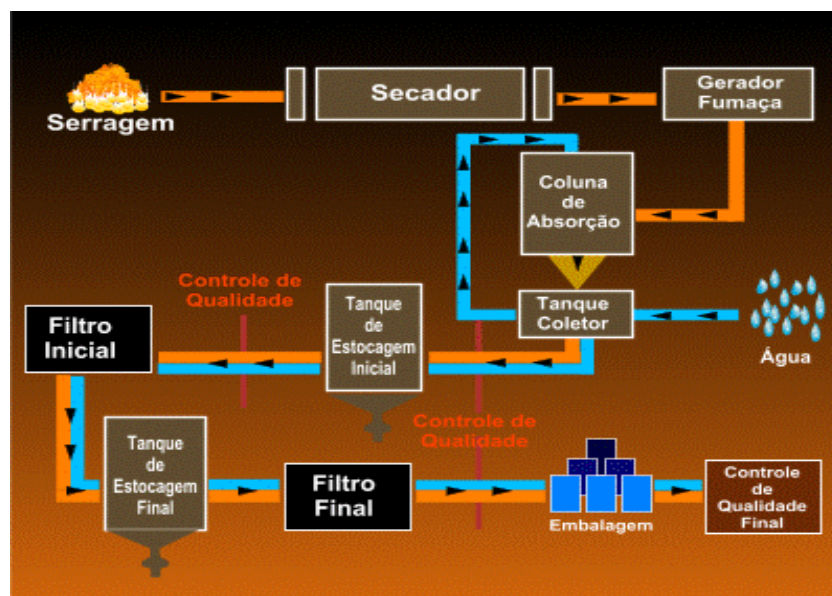
carbonilas existentes na fumaça, com os grupos amino livres das proteínas ou outros compostos nitrogenados. A coloração castanho-dourada, considerada ideal para as carnes defumadas é devido à deposição de ácido málico, pirrol e seus derivados, piracinas e hidroxicetonas, na superfície do produto (SILVA, 2000).

#### **2.5.4 Defumação Líquida**

O processo tradicional de defumação de alimentos por meio da impregnação de fumaça (defumação convencional ou natural) esta sendo substituída cada vez mais pelo emprego de extrato de fumaça líquida. Isto em função de verifica-se a presença de substâncias carcinogênicas, como por exemplo, os hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA), em produtos defumados pela técnica convencional (GONÇALVES; PRENTICE, 1998).

O Processo de defumação com extrato de fumaça (defumação líquida) possui a mesma capacidade preservativa que a fumaça natural (defumação convencional), podendo apresentar ou não o mesmo perfil aromático, sem, no entanto conter os compostos cancerígenos (SILVA, 2000; ADICON, 1994).

A fumaça líquida é geralmente produzida por destilação-condensação da pirólise da serragem da madeira (Figura 2.4), ou eventualmente podendo ser produzida a partir de uma mistura de componentes puros (fumaça sintética) (GORBATOV, 1971). Mais de 200 componentes aromáticos da fumaça são totalmente absorvidos e condensados em água. Esta solução de fumaça natural é filtrada e estabilizada, eliminando-se todos os resíduos nocivos, tais como alcatrão e benzopireno, presentes nos sistemas convencionais de defumação. Obtêm-se desta forma os mais seguros e refinados aromas de fumaça. Esta garante uma defumação sem resíduos cancerígenos, saudáveis e com maior vida útil (MARTINS, 2004).



**Figura 2.4.** Etapas do processo de produção do extrato de fumaça líquida.

As fumaças líquidas vêm sendo principalmente utilizadas em carnes (bovina, suína e aves) e pescados, podendo se estender, por sua grande versatilidade, a uma grande variedade de alimentos que tradicionalmente não são defumados, como temperos, sopas, vegetais enlatados e condimentos (GONÇALVES; PRENTICE, 1998).

A composição da fumaça líquida comercial é muito variável, pois depende principalmente da fonte de fumaça (madeira utilizada). Informações sobre os componentes que constituem a fumaça líquida são muito importantes para estabelecer relações entre suas propriedades sensoriais, com a estabilidade da estocagem e com o produto final defumado (GONÇALVES; PRENTICE, 1998).

A fumaça líquida pode ser aplicada diretamente sobre o produto dentro de uma câmara, por aspersion sobre as peças, pela adição direta no material moído ou emulsionado, pela imersão de produtos em um recipiente que a contém ou borrifando os produtos com a fumaça em solução (ADICON, 1994; TEIXEIRA, 1995; RODRIGUES 1996; RIBEIRO, 2000). A grande vantagem da utilização da fumaça líquida encontra-se na economia de tempo com a limpeza da estufa, visto que ela não contém gomas nem resíduos como a fumaça natural e, conseqüentemente, não provoca sujeira. Nesse

processo, existe ainda a vantagem da utilização de equipamentos mais compactos, que podem ser instalados em espaços menores. Outra vantagem da fumaça líquida é o maior controle da cor e do sabor, propiciando maior uniformidade nos produtos (SCHINDLER, 1997; MARTINS, 2004).

### **2.5.5 Secagem**

A secagem ocupa um lugar muito importante na indústria em geral, especialmente na produção de alimentos. A finalidade de secar alimentos, até níveis nos quais a quantidade de água livre seja suficientemente baixa para que não possa ser utilizada pelos microorganismos ou participar em reações bioquímicas deteriorantes, é possibilitar períodos maiores de armazenamento com requisitos mínimos de embalagem e reduzir o custo de transporte (OKOS et al., 1992).

A secagem artificial de produtos biológicos, tais como pescados e seus derivados, é um dos mais comuns métodos de preservação, tendo como propósito auxiliar na melhoria da qualidade do produto e diminuir seu potencial de deterioração durante a estocagem. A transferência de calor ocorre durante a evaporação da água removida da amostra sólida secando, enquanto a transferência de massa acontece durante a remoção da água da superfície da amostra, por meio de um fluido secante externo que geralmente é o ar. Os fatores que governam a velocidade desses fenômenos de transferência, tais como pressão de vapor d'água no material e no ar de secagem, temperatura e velocidade do ar de secagem, velocidade de difusão da água no material, espessura e superfície exposta para secagem determinam a taxa de secagem (VAN ARSDEL, 1973; PARK, 1998).

Dentro deste contexto, a secagem de pescado, com seu aporte de proteínas e lipídios de boa qualidade alimentícia, é um processo interessante de se estudar, sobretudo com o intuito de compreender a fenomenologia da transferência de massa e de encontrar variantes que levem a reduzir o tempo de processo e os custos de produção. Nos últimos anos, tem-se realizado poucos trabalhos referentes à secagem

de pescado. Entre estes, Balaban; Piggot (1986) e Pinto (1996) estudaram a secagem de filé de peixe, sem salga prévia, e outros, como Rodrigues (1996) e Ribeiro (2000) secaram peixes com uma suave salga, só com a finalidade de dar sabor ou favorecer a saída de proteínas solúveis em baixas concentrações de sal, que dão o brilho na defumação. Nketsia-Tabiri; Sefa-Dedeh (1995) investigaram os efeitos da salga e das condições de secagem sobre a umidade e o conteúdo de sal da Tilápia salgada-seca, encontrando tempos críticos de salga que influenciaram na secagem. Park (1998) estudou a secagem de músculo de tubarão salgado usando três condições de temperatura e duas velocidades de ar e, além disso, determinou os valores de difusividades aparentes considerando e desconsiderando o encolhimento do material.

Para a secagem de pescado existem três processos típicos que podem ser empregados (DOE, 1998):

- Ar ou secagem de contato, onde o calor é transferido desde o ar ou desde uma superfície aquecida e usa-se uma movimentação do ar sobre a superfície do peixe para retirar a umidade.
- Secagem a vácuo, onde a principal vantagem é obter uma grande velocidade de evaporação de água, a uma pressão reduzida, usando a condução ou radiação por contato, com uma superfície aquecida, para evaporar a água, a qual é retirada com uma bomba de vácuo.
- Secagem por congelamento realiza-se com aplicações de pressões muito baixas por bombas de vácuo altamente eficiente em uma câmara selada que contém os peixes. Depois de entrar em contato com as superfícies congeladas das placas e a pressões bem reduzidas, abaixo de 0,64 kPa, o gelo formado é sublimado e o vapor é removido dos peixes pela bomba de vácuo.

Na maior parte do mundo, a secagem de peixe é realizada expondo o material ao ar livre, usando a energia solar (secagem solar), mas este método tem sérias

desvantagens: é impossível controlar as condições climáticas do ar de secagem, o emprego de grandes áreas de secagem, gastos pelo emprego de mão de obra no processo de secagem, presença de insetos e roedores e pó, que afetam a qualidade sanitária do alimento. Frente a esta situação, o emprego de secadores convectivos por ar quente é o mais conveniente para melhorar a qualidade do produto, desde o ponto de vista sanitário e nutritivo, já que os parâmetros de secagem são controlados, além de obter tempos de processamento mais curtos. A modelagem ou descrição matemática da evolução da umidade no alimento, por outro lado, é requerida para o projeto e simulação da operação, assim como para determinar propriedades físicas ou de engenharia. Os modelos difusivos têm sido freqüentemente considerados para a descrição da secagem convectiva de alimentos (BALABAN; PIGGOT, 1986; KARATHANOS; VILLALOBOS; SARAVACOS, 1990; MULET, 1994; PINTO, 1996; SIMAL et al., 2005). A escolha do modelo vai depender do produto, da faixa de umidade que se pretende atingir e do grau de precisão com que se quer modelar.

Nos tecidos animais, a aplicação de um tratamento térmico incrementa fenômenos que ocasionam inúmeras mudanças sensoriais (cor, sabor, textura), nutricionais, tais como, desnaturação de proteínas, perdas de alguns minerais, vitaminas e outros componentes hidrossolúveis, nas propriedades estruturais e físicas, rompendo tecidos, promovendo o encolhimento, removendo o ar dos espaços intracelulares, o que aumenta a densidade do alimento. Por outro lado processos térmicos com aumento da temperatura favorecem de forma significativa a transferência de massa (elevando o coeficiente de difusão de água e sais, diminuindo a viscosidade da fração lipídica).

## 2.6 ANÁLISE SENSORIAL

A opinião de um consumidor é fundamental para o “marketing”, para o desenvolvimento e a aceitação de um produto (LEE; O’MAHONY, 2005).

A avaliação sensorial tem múltiplas aplicações em alimentos, podendo ser utilizada para: o desenvolvimento de produtos; o melhoramento dos produtos já existentes, para efetuar mudanças no processo, reduzir custos mediante a seleção de um novo ingrediente, para efetuar o controle de qualidade, determinar a estabilidade durante as diferentes condições de armazenamento e sua vida útil e para conhecer as opiniões do consumidor. A análise sensorial proporciona a determinação de correlações entre avaliações sensoriais e índices físicos e químicos (MONSERRAT et al., 2007).

Para determinar a aceitabilidade e a qualidade do alimento, é utilizado o teste sensorial (MEINERT, 1997), onde um grupo de pessoas é empregado para medir as características sensoriais do produto (ARAUJO, 2001).

A vantagem é que o grupo de pessoas que efetuará as medições, segundo Morales (1994), leva consigo seus próprios instrumentos de análise (os cinco sentidos). Não existe nenhum outro instrumento capaz de substituir ou reproduzir a resposta humana (WATTS et al., 1992). Esta técnica funciona como um instrumento analítico em laboratórios de controle de qualidade, sendo tão importantes quanto os métodos químicos, físicos e microbiológicos.

Vista como uma ciência multidisciplinar, a análise sensorial utiliza julgadores para avaliar as características sensoriais, como também a aceitabilidade de produtos alimentícios (WATTS et al., 1992); estuda a interpretação das reações humanas frente às características dos alimentos. Aparência, odor/aroma, consistência ou textura e sabor são os atributos a serem observados em um produto (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

A análise sensorial proporciona uma informação integral quanto à qualidade dos alimentos (TEIXEIRA; MEINERT; BARBETA, 1987). E se ocupa da medição e quantificação das características de um produto. Os métodos sensoriais estão classificados em dois grupos, os quais permitem apresentar respostas objetivas e subjetivas (ALMEIDA, 1999).



As respostas objetivas levam a uma reprodução fiel das características sensoriais do produto, enquanto que as respostas subjetivas são resultantes da reação espontânea de cada indivíduo ao avaliar um alimento. Os testes subjetivos são normalmente empregados para medir o grau de aceitabilidade ou preferência de um produto. A aceitabilidade pode ser definida como o grau de gostar de um produto e abrange a expectativa do consumo de um produto. A preferência diz respeito à comparação entre duas ou mais amostras (CHAVES; SPROESSER, 2002).

Segundo Almeida (1999), testes de aceitação requerem um grande número de julgadores, sendo recomendado um número mínimo de 50. O uso de uma escala pode proporcionar uma maior informação ao teste sensorial. Nesses testes, a escala hedônica é utilizada para indicar o grau de aceitabilidade (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999), e esta escala, como indica Stone; Sidel (1985), oferece bons resultados quando é utilizada em pesquisas de otimização de um produto.

Meilgaard; Civille; Carr (1999), citam que para a aplicação dos testes, são necessárias algumas condições gerais como uma sala especial para a análise, contentores individuais para os julgadores em temperatura agradável, sendo também livre de odores e de ruídos estranhos.

### **2.6.1 Textura**

A textura de um alimento é determinada principalmente pelos teores de umidade e gordura, pelos tipos e quantidades de carboidratos estruturais e pelas proteínas presentes. As alterações na textura são causadas por perda de umidade ou gordura, formação ou quebra de emulsões e géis, hidrólise de carboidratos poliméricos e coagulação ou hidrólise de proteínas. (FELLOWS, 2006). É considerada uma característica importante na qualidade de muitos produtos alimentícios (MUZZOLINI; YANG; PIERSON, 1994; SHIRANITA; MIYAJIMA; TAKIYAMA, 1998; MOJET; KÖSTER, 2005), sendo um fator essencial na percepção de qualidade dos consumidores (TROUNG; WALTER; HAMAN, 1997).

Szczesniak (1963), definiu textura como sendo a manifestação dos elementos estruturais do alimento, em termos de percepção, aparência e resistência à força aplicada a um produto. A principal razão para os pesquisadores estarem interessados na textura dos alimentos, é encontrar a aceitabilidade do consumidor por um controle de qualidade. Em outro trabalho, a mesma autora identificou três elementos essenciais de textura: (1) é uma qualidade sensorial; (2) é originário de parâmetros estruturais de alimentos e (3) é composto de várias propriedades.

A percepção sensorial da textura, segundo Meinert (1997), depende da deformação da aplicação de pressão ou das propriedades superficiais estimadas pela visão e tato. Para Peleg (1983) a textura é basicamente uma propriedade física, embora sua percepção possa ser afetada por fatores químicos.

Juntamente com a textura, a aparência e o sabor são os principais fatores sensoriais que determinam a aceitabilidade de um alimento para os consumidores (BOURNE, 1976). Quando se trabalha com produtos de origem animal, a textura é um dos fatores que deve ser considerado na sua elaboração (MEINERT, 1997).

Huidobro et al., (2005) citam que a avaliação de produtos cárneos é realizada por meio de um texturômetro, um dispositivo que permite medir a resistência do tecido ao corte e à compressão.

Barreto (1998) relata que o princípio mais empregado nas medições instrumentais de textura é o de levar uma sonda ao contato com a amostra. A amostra é deformada e a extensão da deformação é anotada e usada como um índice de textura do alimento. Esta medida envolve a mensuração de propriedades físicas definidas de amostras de alimento (MEINERT, 1997).

Alguns testes aplicados para a determinação de parâmetros de textura são: teste de perfuração ou penetração (usada como índice de dureza ou firmeza do alimento), teste de compressão (indicador de textura) e teste de corte (representa fibrosidade ou

consistência da amostra) (BRENNAM, 1984). Com estes dados pode-se desenvolver habilidades tecnológicas para recriar texturas naturais em alimentos elaborados. Para alimentos sólidos, são mais comumente aplicados testes de penetração, segundo cita Peleg (1983).

### **2.6.2 Cor**

Fisicamente, cor é a percepção que resulta da detecção da luz depois que esta interagiu com um objeto. A cor percebida de um objeto é afetada por três fatores: a composição química e física do objeto, a composição espectral da fonte de luz que ilumina o objeto e a sensibilidade dos olhos do observador. Uma mudança em qualquer desses fatores pode alterar a cor percebida (LAWLESS; HEYMANN, 1999).

Aparência é um dos principais atributos de qualidade, pois é a primeira impressão que um consumidor tem de um dado alimento. É um termo abrangente que envolve tamanho, forma, textura, massa, brilho, cor e outros. Cor, como um aspecto da aparência, tem de estar dentro de uma faixa esperada para aceitação do alimento (FRANCIS, 1995).

A cor e aparência são atributos de qualidade dos alimentos. É por causa da nossa capacidade de fácil percepção destes fatores que, que eles são os primeiros a serem avaliados pelos consumidores no ato da compra de alimentos. Durante a etapa de cozimento, muitos pigmentos naturais podem ser destruídos ou alterados quimicamente, e como consequência, os alimentos processados podem perder sua coloração característica e assim seu valor (FELLOWS, 2006).

Os carotenóides constituem um grupo importante de compostos lipossolúveis, sendo responsáveis pela coloração amarela e vermelha dos vegetais e animais, em que se acham bastante difundidos, perfazendo grandes quantidades na natureza. Compreendem a classe dos hidrocarbonetos denominados carotenos e a dos derivados oxigenados chamados xantofilas. Em crustáceos, os carotenóides apresentam-se

ligados a proteínas, carotenoproteínas, cuja forma torna o pigmento estável (PERDIGÃO, et al., 1995).

Estes pigmentos são instáveis, participam de diferentes reações e, em função disto, a alteração de cor de um alimento é um indicador das alterações químicas e bioquímicas possíveis de ocorrer durante o processamento e estocagem (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

A coloração dos produtos defumados varia de amarelo dourado até marrom escuro, de acordo com a composição da fumaça e com as técnicas empregadas no processo de preparo e defumação da matéria-prima. Essa característica é obtida pela reação de carbonilas existentes na fumaça, com os grupos amino livres das proteínas ou outros compostos nitrogenados. A coloração castanho-dourada, considerada ideal para as carnes defumadas é devido à deposição de ácido málico, pirrol e seus derivados, piracinas e hidroxicetonas, na superfície do produto (SILVA, 2000).

## 2.7 ATIVIDADE DE ÁGUA

Controlar a água presente nos alimentos é uma das técnicas mais antigas para a preservação dos alimentos (PRIOR, 1979). Somente é considerada a água disponível para crescimento de microorganismos e reações de deterioração, também conhecida como “água livre”. Existem várias formas de se controlar a água livre, essa pode ser removida por secagem, solidificada por congelamento ou indisponibilizada pela adição de eletrólitos como o NaCl ou não-eletrólitos, como a sacarose. Os microorganismos não conseguem desenvolver-se se não houver no alimento água livre, e o alimento torna-se então estável contra a deterioração microbiana (PRIOR, 1979).

Nos alimentos a água existe sob duas formas: água livre e água combinada (KARMAS, 1980). Não existe uma definição formal sobre o que pode ser considerado como “água combinada”, mas uma de suas propriedades mais importantes é que ela não é congelável. Outras propriedades são sua baixa pressão de vapor, alta energia de

ligação, não disponibilidade como solvente, reduzida mobilidade molecular e propriedades dielétricas diferentes das da água livre (LEUNG, 1981).

O grau de disponibilidade de água num alimento pode ser expresso como atividade de água ( $a_w$ ) (Equação 1) e define-se como a relação entre a fugacidade da água no alimento ( $f$ ) e a fugacidade da água pura, numa mesma temperatura ( $f_o$ ) (GUILBERT; MORIN, 1986):

$$A_w = \frac{f}{f_o} \quad (1)$$

Para baixas pressões e temperaturas pode-se escrever a Equação 1 na seguinte forma, que é a mais comum (COULTATE, 1996):

$$A_w = \frac{P}{P_o} \quad (2)$$

Em que  $P$  é a pressão de vapor da água no alimento e  $P_o$  é a pressão de vapor da água pura. No equilíbrio, existe uma relação (Equação 3), entre a  $a_w$  de um alimento e a umidade relativa no equilíbrio (U.R.E.) do ar (expressa como percentagem), no ambiente fechado em que esse se encontra e, portanto é sempre 100 vezes maior que o valor de  $a_w$  (COULTATE, 1996):

$$A_w = \frac{\%U.R.E}{100} \quad (3)$$

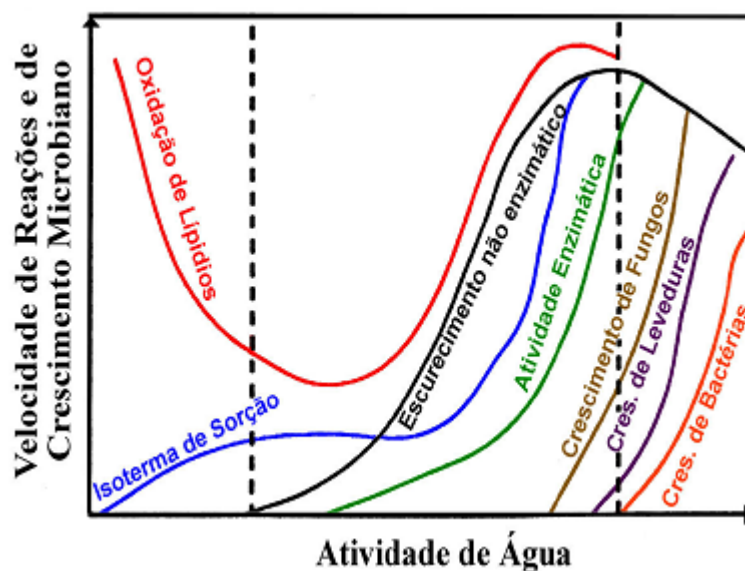
A relação entre a U.R.E e a  $a_w$  permite prever quais alimentos irão ganhar ou perder umidade, quando forem expostos a um ar com determinada umidade. O grau em

que a água interage com os componentes químicos presentes e contribui para a textura do alimento é definido como teor de umidade (g de água/100g de sólidos) e seu estado termodinâmico é definido pelo potencial químico na Equação 4:

$$\mu_1 = \mu_0 + RT \ln A_w \quad (4)$$

Em que:  $\mu_1$  é o potencial químico da água,  $\mu_0$  é o potencial químico no estado padrão, R a constante dos gases, T a temperatura absoluta,  $a_w$  a atividade de água termodinâmica (LABUZA; TANNENBAUM; KAREL, 1970). A força que promove as reações químicas com água num alimento é proporcional ao potencial químico da água existente nele. Pela formulação ou processamento, a atividade de água num alimento pode ser variada ou controlada. O principal fator na estabilidade de um alimento não é, portanto, o teor de umidade do mesmo, mas sim a disponibilidade da água para o crescimento de microorganismos e reações químicas (COULTATE, 1996).

A Figura 2.5 mostra que as reações têm sua velocidade relativa reduzida com a diminuição da  $a_w$ , até que numa  $a_w$  abaixo de 0,2 todas as reações estejam praticamente inibidas, com exceção da oxidação de lipídios. A oxidação de lipídios passa por um mínimo, depois sofre uma rápida elevação (VAN DEN BERG; BRUIN, 1981).



**Figura 2.5.** Velocidade relativa de reações em função da atividade de água.

Para se conhecer o comportamento real dessas reações num dado alimento, é necessário que sejam realizadas experiências para efetivamente serem levantadas essas curvas. Os fungos são os microorganismos mais resistentes à diminuição da atividade de água, sendo os principais responsáveis pela deterioração de alimentos na faixa de  $a_w$  de 0,61-0,70 (BEUCHAT, 1983). Isto se deve ao fato de que nessa faixa não há competição de bactérias. Na Tabela 2.4 observa-se a atividade de água mínima para crescimento e para produção de toxinas de alguns microorganismos.

**Tabela 2.4.**  $a_w$  mínima para crescimento e para produção de toxina de alguns microorganismos importantes para a saúde pública.

Microorganismo	$a_w$ Mínima	
	Crescimento	Produção de Toxina
<i>Bacillus cereus</i>	0,95 0,93	
<i>Clostridium botulinum</i>	0,93 (A) 0,95 (A) 0,93 (B) 0,94 (B) 0,95 (E) 0,97 (E)	0,95 (A) 0,94 (A) 0,94 (B)  0,97 (E)
<i>Clostridium perfringens</i>	0,93-0,95	
<i>Salmonella</i> spp.	0,93 0,94-0,95 0,92	
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,86	<0,90 (enterotoxina A) 0,87 (enterotoxina A) 0,97 (enterotoxina B)
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0,94	
<i>Aspergillus clavatus</i>	0,85	0,99 (patulina)
<i>Aspergillus flavus</i>	0,78 0,80	0,84 (aflatoxina) 0,83-0,87
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0,81 0,76	0,88 (ácido penicílico) 0,80 0,81
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0,83 0,77	0,85 (ocratoxina) 0,83-0,87
<i>Aspergillus parasiticus</i>	0,82	0,87 (aflatoxina)
<i>Penicillium viridicatum</i>	0,83	0,83-0,86 (ocratoxina)

Fonte: BEUCHAT, 1983.

O F.D.A. (Food and Drug Administration), o órgão americano de regulamentação de alimentos e remédios, define a severidade do tratamento térmico em alimentos enlatados com base em sua  $a_w$  e em seu pH. Os valores considerados limite, ou seja, abaixo dos quais não há crescimento de bactérias patogênicas, são de 0,85 para  $a_w$  e de 4,5 para o pH. Os alimentos podem ser classificados em quatro categorias principais (JOHNSTON; LIN, 1987):

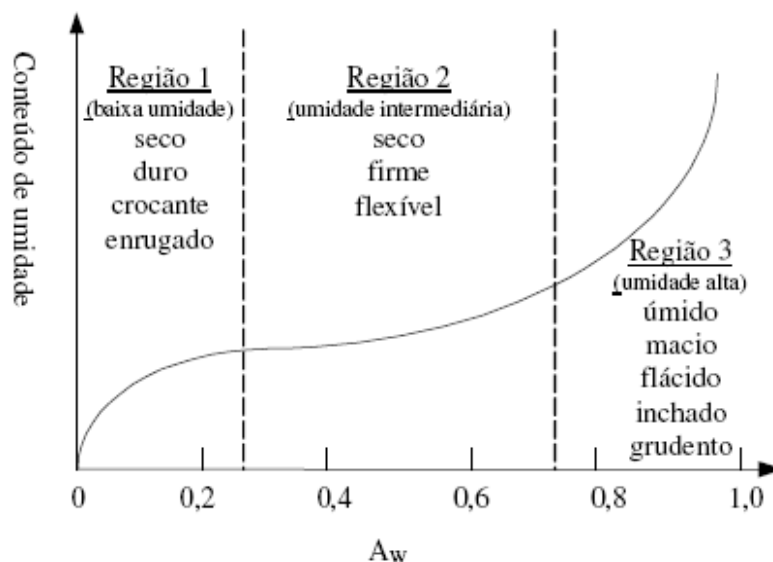


1.  $A_w < 0,85$  e  $pH < 4,5$
2.  $A_w < 0,85$  e  $pH > 4,5$
3.  $A_w > 0,85$  e  $pH < 4,5$
4.  $A_w > 0,85$  e  $pH > 4,5$

Essas categorias são definidas pela possibilidade de crescimento de bactérias patogênicas, principalmente o *Clostridium botulinum*. Os alimentos da categoria 4 precisam ser esterilizados em autoclave ou sofrer um processo combinado de pasteurização e acidificação (JOHNSTON; LIN, 1987).

A textura de um alimento é um parâmetro que pode ser afetada pela atividade de água (BOURNE, 1987). No momento do consumo, a maior parte dos alimentos tem uma atividade de água superior a 0,8. Isso garante que o alimento esteja tenro e úmido, o que facilita a mastigação, além de ser mais agradável ao paladar. Porém alimentos nessa faixa de  $a_w$  ( $> 0,8$ ) estão sob risco de desenvolvimento de microorganismos. Se a  $a_w$  for reduzida até um ponto em que não haja possibilidade de desenvolvimento microbiano, o alimento torna-se desagradável ao paladar, como pode ser visto na Figura 2.6.

Segundo Bourne (1976), uma forma de contornar o problema é armazenar o alimento por um longo período numa forma seca, portanto estável, mas não comestível (Ex.: arroz, feijão, sopa desidratada). O alimento é transformado depois, normalmente pelo cozimento, para uma forma úmida, perecível e comestível. O armazenamento após a transformação é de curto prazo.



**Figura 2.6.** Textura dos alimentos como função da atividade de água

Fonte: BOURNE, 1976.

Alguns alimentos, como os petiscos, bolachas e biscoitos, precisam ter uma menor  $a_w$  para serem crocantes. Katz; Labuza (1981) estudaram a pipoca, a batata frita, a bolacha de água e sal e o petisco de milho inflado, correlacionando-lhes a textura crocante com a  $a_w$ . A conclusão obtida foi que existe uma  $a_w$  máxima, geralmente entre 0,35-0,50, a partir da qual o alimento começa a amolecer e deixa de ser agradável ao paladar.

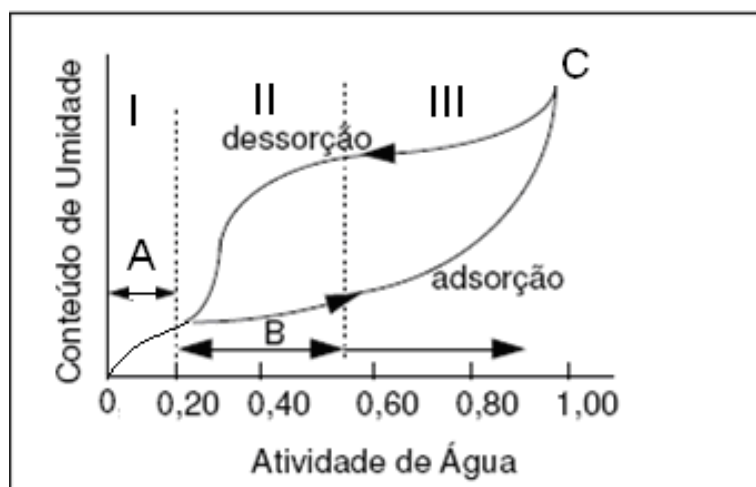
As aplicações da atividade de água são muitas e podem sempre ser usadas para melhorar a qualidade de um produto alimentício, facilitando e uniformizando sua fabricação. Ainda existem muitas áreas em que há possibilidade de desenvolvimento de correlações entre as diversas propriedades dos alimentos e a  $a_w$ .

## 2.8 ISOTERMAS DE SORÇÃO DE UMIDADE

A isoterma de sorção de um alimento pode ser mais bem descrita como uma quantidade de água adsorvida e/ou dessorvida contra a umidade relativa no equilíbrio ou atividade de água. Existem duas maneiras de construir uma isoterma: a isoterma de

adsorção é obtida colocando-se um material completamente seco em contato com várias atmosferas de umidades relativas crescentes e medindo-se o ganho de massa após atingido o equilíbrio; já a isoterma de dessorção é obtida colocando-se um material inicialmente úmido sob umidades relativas decrescentes, e, nesse caso, medindo-se a perda de massa após o equilíbrio (LABUZA; TANNENBAUM; KAREL, 1970).

As isotermas de adsorção e dessorção raramente percorrem o mesmo caminho. Tal diferença, que pode ser vista na Figura 2.7, é denominada histerese. A isoterma divide-se em várias regiões, segundo a quantidade de água presente. Na Figura 2.7, podem ser observadas 3 regiões: o segmento OA, que corresponde a monocamada, onde a água é muito estável, não é congelável nem se deixa eliminar pela desidratação; o segmento AB, que representa a água retida em diferentes camadas, na qual se encontram dissolvidos os compostos solúveis; finalmente, acima do ponto B encontra-se a água livre, fracamente retirada nas estruturas celulares dos alimentos, uma água que se deixa congelar e se elimina facilmente por desidratação.



**Figura 2.7.** Isoterma genérica de adsorção - dessorção

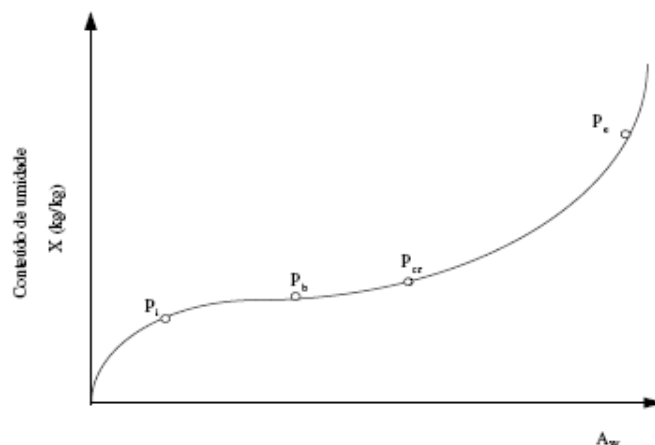
Fonte: LABUZA; TANNENBAUM; KAREL, 1970.

Existem na literatura várias publicações sobre isotermas e sua importância na área de alimentos. Desde sua relação com reações de oxidação, estabilidade de vitaminas, escurecimento, até métodos de processamento e embalagem e controle de

qualidade por meio do estudo das isotermas. (PARK; BIN; BROD, 2001; SILVA; SILVA; PENA, 2008).

Segundo Gal (1993), no processamento de alimentos é importante definir alguns pontos principais na isoterma de sorção para que essa seja aplicada corretamente. O ponto inicial  $P_i$  pode estar em qualquer lugar da isoterma, e representa o ponto em que o alimento se encontra ao final do seu processamento (normalmente o ponto final da secagem ou resultante de uma operação de mistura). O  $P_b$ , ou ponto de Brunauer é aquele em que o alimento apresenta maior estabilidade com relação à oxidação de lipídios, reação de Maillard (escurecimento não enzimático) e atividade enzimática.

Para a maior parte dos alimentos,  $P_b$  está entre uma  $a_w$  de 0,15 a 0,25. O  $P_e$  é o ponto de equilíbrio com o ambiente que cerca o alimento. Seu uso principal é em cálculos de embalagem. Finalmente, o  $P_{cr}$  é o ponto crítico a partir do qual as mudanças químicas, físicas e biológicas são tão rápidas, que o alimento se deteriora antes de atingir o período desejado de armazenamento. O ponto crítico é determinado para cada produto separadamente, pois depende das reações que vão ocorrer primeiro no alimento. Na Figura 2.8 pode ser vista uma representação esquemática de uma isoterma com seus pontos principais.



**Figura 2.8.** Esquema de uma isoterma de sorção com os pontos principais marcados  
**Fonte:** GAL, 1993.

No processo de secagem as isotermas são usadas na escolha do ponto final de processamento e no dimensionamento do próprio secador. Essa é uma das aplicações mais importantes das isotermas de sorção. Uma  $a_w$  muito alta ao final do processo implica numa estabilidade reduzida do alimento, enquanto que uma  $a_w$  muito baixa requer um alto gasto de energia. A isoterma também é usada no cálculo do tempo de secagem. Para o dimensionamento de qualquer secador o primeiro passo é levantar a isoterma de sorção e usar um modelo conveniente para aproximar a curva e possibilitar a execução dos cálculos.

Vários modelos matemáticos têm sido propostos para a obtenção das isotermas de sorção de umidade em alimentos (Tabelas 2.5 e 2.6). No entanto a maioria dos diferentes modelos, empíricos, semi-empíricos ou teóricos apenas são precisos num limitado intervalo de  $a_w$  ou para alguns tipos de alimentos (IGLESIAS; CHIRIFE; BOQUET, 1980; LANG; STEINBERG, 1980; ASSUNÇÃO; PENA, 2007).

**Tabela 2.5** Modelos bi-paramétricos utilizados na predição de isotermas de sorção.

Nome da equação	Modelos	Referência
Halsey	$m = \left[ \frac{-a}{\ln a_w} \right]^{\frac{1}{b}}$	CHIRIFE; IGLESIAS (1978)
Bet linearizada	$\frac{a_w}{(-a_w) \cdot m} = \frac{1}{m_0 \cdot C} + \frac{(C-1)}{m_0 \cdot C} \cdot a_w$	BRUNAUER; EMMET; TELLER, (1938)
Owsin	$m = a \left[ \frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b$	CHIRIFE; IGLESIAS (1978)

$m$  = umidade;  $m_0$  = monocamada;  $A_w$  = atividade de água;  $a$ ,  $b$  e  $C$  = constantes.

**Tabela 2.6** Modelos tri-paramétricos utilizados na predição de isotermas de sorção.

Nome da equação	Modelos	Referência
GAB	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot k \cdot a_w}{[(1 - k \cdot a_w) \cdot (1 + (C - 1) \cdot k \cdot a_w)]}$	MAROULIS, (1988)
BET	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot a_w}{1 - a_w} \left( \frac{1 - (n + 1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1}}{1 - (1 - c) \cdot a_w - c \cdot a_w^{n+1}} \right)$	PARK; NOGUEIRA, (1992)
Anderson	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot k \cdot a_w}{[1 + (c - 2) \cdot k \cdot a_w + (1 - c) \cdot k^2 \cdot a_w^2]}$	BOQUET; CHIRIFE; IGLESIAS, (1980)
Anderson e Hall	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot k \cdot a_w}{[1 + (c - 2 \cdot k) \cdot a_w + (k^2 - c \cdot k) \cdot a_w^2]}$	BOQUET, CHIRIFE; IGLESIAS, (1980)
Gascoyne e Pethig	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot k \cdot a_w}{[1 + (c - 2 \cdot k) \cdot a_w + (k - c) \cdot k^2 \cdot a_w^2]}$	BOQUET, CHIRIFE; IGLESIAS, (1980)

$m$  = umidade;  $m_0$  = monocamada;  $A_w$  = atividade de água;  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $k$ ,  $n$  = constantes.

A característica da isoterma de sorção é única para cada grupo de alimentos. A umidade determina a estabilidade física, química e microbiológica dos alimentos, sendo usado também como parâmetro nos modelos de secagem (KOCKEL et al., 2002).

As isotermas de sorção são ferramentas muito importantes na caracterização dos alimentos e na previsão de comportamento de um alimento antes, durante e depois do seu processamento (GAL, 1993).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL

##### 3.1.1 Matéria-prima

Foi utilizado camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*) capturado na localidade, Ilha das Araras (localizada a uma latitude  $01^{\circ}47'57''$  sul e longitude  $50^{\circ}06'12''$  oeste), distrito pertencente ao município de Curralinho (localizado a uma latitude  $01^{\circ}48'45''$  sul e longitude  $49^{\circ}47'40''$  oeste). As duas áreas estão situadas na microrregião do Marajó, Estado do Pará (Figura 3.1).

Os camarões foram mantidos em gelo, em caixas isotérmicas, imediatamente após a captura, e transportados para o laboratório de Carnes e Pescados da Faculdade de Engenharia de Alimentos - FEA da Universidade Federal do Pará.



**Figura 3.1.** Localização geográfica da Ilha das Araras, município de Curralinho/PA.

### **3.1.2 Solução salina, fumaça líquida e embalagem**

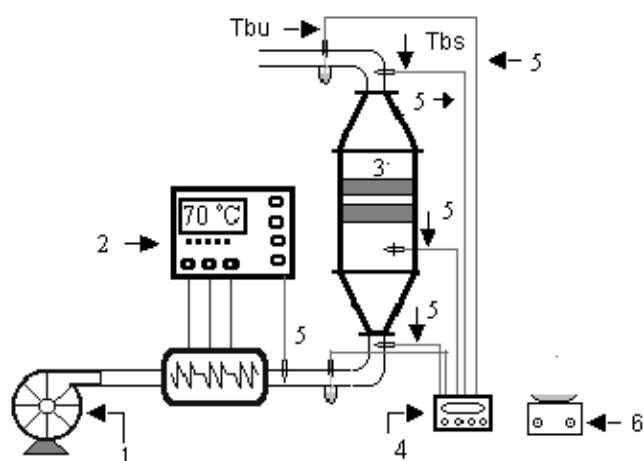
No preparo da solução salina utilizou-se sal de consumo humano tipo refinado extra iodado de alta disponibilidade comercial.

A fumaça líquida foi adquirida da empresa brasileira ADICON Indústria e Comércio de Aditivos Ltda. (São Bernardo do Campo - SP). O produto apresenta-se como um líquido de coloração marrom escuro, e odor característico de defumado, com as seguintes especificações descritas pelo fabricante: densidade (1.080-1.160 kg/m<sup>3</sup>), compostos aromáticos (15,0-22,0 mg/ml), acidez total (como ácido acético 13,0-16,0%).

### **3.1.3 Instalação da câmara de secagem**

O equipamento, construído para as operações de pré-secagem e secagem trata-se de um secador de leito fixo (tipo bandejas), com escoamento de ar perpendicular ao leito de sólidos. A Figura 3.2 exibe uma representação detalhada do equipamento, sendo composto basicamente por: soprador centrifugo (1), acoplado a um motor de indução trifásica; sistema de aquecimento (2), constituído de um controlador de voltagem e resistências, no formato cônico; compartimento de secagem (3), onde foram inseridas as bandejas de 19 x 20 x 4,5 cm usadas durante os ensaios de secagem; registrador de temperatura (4) com 8 canais; termopares (5), do tipo T (Cobre/Constantan), para permitir a determinação das temperaturas de entrada do ar na câmara de secagem, da amostra, de bulbo seco (T<sub>bs</sub>) e de bulbo úmido (T<sub>bu</sub>) e balança semi-analítica GEHAKA BG 400 (6), com precisão de 0,001g.





**Figura 3.2.** Esquema simplificado da câmara de secagem.

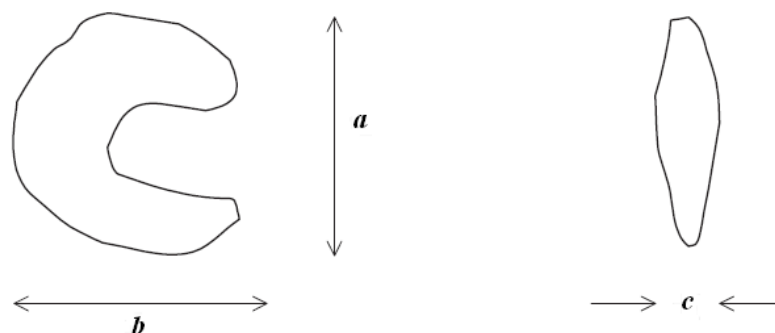
## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 Determinações Analíticas

Foram avaliadas as características físicas (tamanho, forma, cor e atividade de água), análises microbiológicas e análises físico-químicas, durante todas as etapas de processamento do camarão (matéria – prima até o produto final).

#### 3.2.1.1 Análise biométrica

Foi realizada com um lote de 100 camarões, previamente limpos e descascados. Verificou-se o comprimento, a largura e a espessura (Figura 3.5) com o auxílio de um paquímetro de aço inoxidável VONDER, com precisão de 0,05mm. Posteriormente, os camarões foram separados por tamanho, em pequeno, médio e grande.



**Figura 3.3** Medidas de comprimento (a), largura (b) e espessura (c) do camarão regional.

**Fonte:** DEVAHASTIN; TAPANAYASIN; TANSAKUL, 2006.

O diâmetro equivalente ( $D_{eq}$ ) e a esfericidade ( $\phi$ ) das amostras foram calculados através das Equações 5 e 6.

$$D_{eq} = \sqrt[3]{abc} \quad (5)$$

onde:  $a$  = comprimento (cm);  $b$  = largura (cm);  $c$  = espessura (cm).

$$\phi = \frac{D_{eq}}{a} \quad (6)$$

### 3.2.1.2 *Rendimento do camarão regional sem tratamento, cozido e defumado*

Os rendimentos do camarão sem processamento, cozido e defumado foram obtidos através do cálculo da relação entre a quantidade do produto final e a quantidade inicial da matéria-prima (Equação 7), conforme descrito por Pinheiro, (1995).

$$m = \frac{\text{Peso}_{final}}{\text{Peso}_{inicial}} \cdot 100\% \quad (7)$$

### 3.2.1.3 Atividade de água

A atividade de água das amostras foi determinada, em triplicata, utilizando-se um higrômetro eletrônico AquaLab, 3TE (Decagon Devices Inc., USA). As amostras trituradas foram colocadas em caixas porta-amostra, mantidas hermeticamente fechadas até o momento da leitura. Esta se realizou a  $25,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$ , com prévia calibração do aparelho com soluções salinas a essa mesma temperatura.

### 3.2.1.4 Análises Microbiológicas

O camarão sem processamento e o camarão defumado foram submetidos às análises microbiológicas de acordo com metodologias descritas por Vanderzant e Splittstoesser (1992) e segundo a Resolução – RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (BRASIL, 2001). Foram realizadas análises de Coliformes a  $45^\circ\text{C}$ , Estafilococos coagulase positiva e *Salmonella* sp. As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia da FEA/UFPA.

### 3.2.1.5 Análises físico-químicas

As análises de caracterização físico-química para o camarão sem processamento e para o produto final defumado foram realizadas de acordo com a metodologia da AOAC (1997) para peixes e outros produtos marinhos.

- Umidade

Determinada gravimetricamente conforme o método nº 16192, onde foram pesadas 5g de amostra em cadinho de porcelana, previamente tarado em estufa por 1 hora, colocado em estufa a vácuo MARCONI MA 030/12, à  $60^\circ\text{C}$  e utilizando uma

pressão negativa de 660 mmHg, até que fosse verificado o peso constante das amostras ou por aproximadamente 24 horas;

- RMF (resíduo mineral fixo)

Foi determinado gravimetricamente conforme o método n° 16196, por incineração da matéria orgânica presente em 1g de amostra (para posterior determinação de cloretos), em forno mufla (QUIMIS FM 330) a 550°C, até peso constante;

- Proteína

Foi realizada pelo método de Kjeldahl conforme a metodologia n° 16193. Este método consiste de três etapas: digestão, destilação e titulação das amostras. Utilizou-se o fator 6,25 para a conversão do total de nitrogênio para proteína.

- Cloretos

Foi determinado pelo método de Mohr, onde serão quantificados os íons  $\text{Cl}^-$ , por titulação direta com  $\text{AgNO}_3$ , utilizando  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  como indicador da reação.

- Lipídeos totais

Foi realizada por gravimetria através de extrator Soxhlet (MARCONI MA-487/6/250), utilizando o solvente éter de petróleo de acordo com método n° 948.22.

### 3.2.1.6 *Análise colorimétrica*

A cor instrumental dos camarões foi avaliada através de um colorímetro de bancada MINOLTA CR-310, através da leitura dos parâmetros L, a e b do sistema de leitura CIELAB.

Os parâmetros L, a e b podem ser definidos como coordenadas de um sistema cromático retangular, onde L representa a luminosidade (0= preto e 100=branco), a representa o contraste vermelho-verde e b representa o contraste azul-amarelo. A partir dos valores destes parâmetros foi calculada a diferença total de cor ( $\Delta E$ ), de acordo com a Equação 8, tendo como padrão para as amostras, a leitura dos parâmetros de cor do camarão antes de cada processo de cozimento, nas diferentes concentrações salinas utilizadas:

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} \quad (8)$$

### 3.2.1.7 *Análise de textura*

#### Preparação das amostras

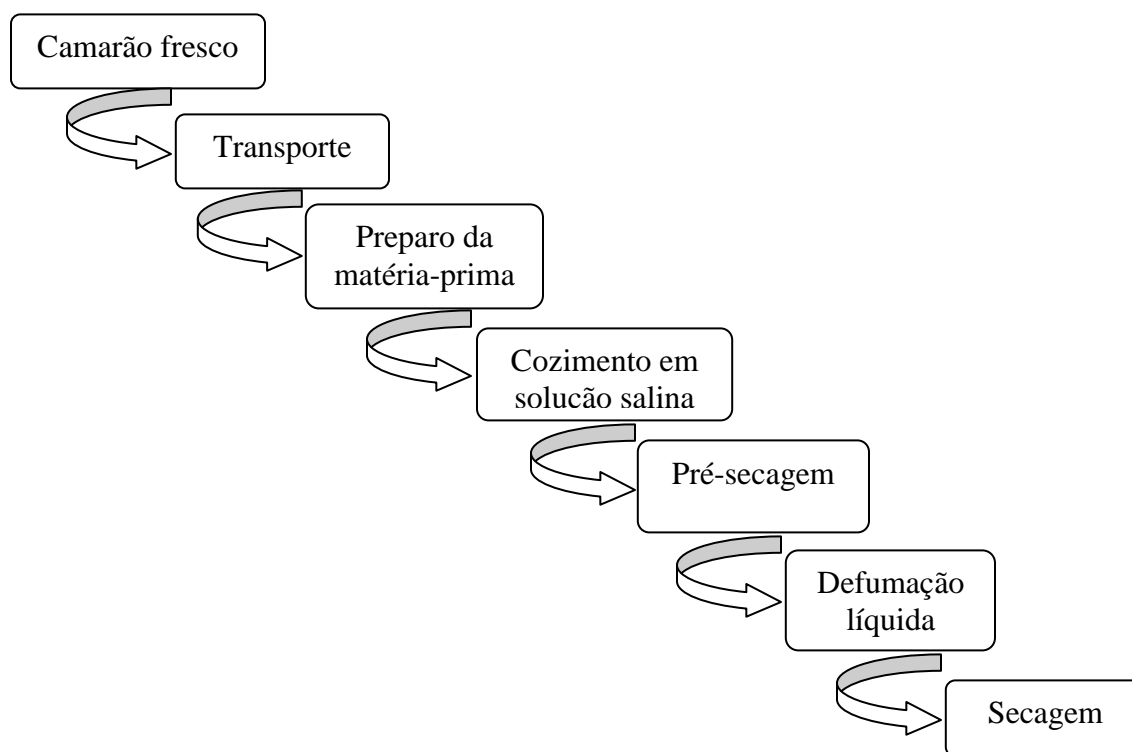
Para os ensaios de compressão uniaxial a altas deformações as amostras de camarão sem processamento, cozido e defumado foram cortadas no segundo segmento (logo abaixo da cabeça), formando um cubo nas dimensões de 8 x 8 x 8 mm. Todos os ensaios foram realizados com as amostras condicionadas a temperatura ambiente de aproximadamente 25° C.

#### Compressão uniaxial a altas deformações

Os testes foram realizados em quintuplicata. Todas as determinações foram realizadas em texturômetro microprocessado e automático, QTS – 25 (BROOKFIELD, USA), operando em interface com um microcomputador, através do software *Texture Pro*® versão 2.1. As condições empregadas nos ensaios foram definidas após testes preliminares. A tensão de ruptura foi determinada através de um ensaio de compressão uniaxial a altas deformações da amostra, utilizando uma sonda cilíndrica de acrílico com 13 mm de diâmetro, a uma velocidade de compressão (ida e volta) 150 mm/min e 50% de deformação da amostra, sendo a mesma colocada sobre uma base plana de dimensões 100 x 100 x 10 mm fixada ao texturômetro.

### 3.2.2 Fluxograma do processo

Os processos aplicados neste estudo, visando o beneficiamento e conservação do camarão, para elaboração de produto defumado, foram realizados conforme a seqüência apresentada no fluxograma de processamento da Figura 3.3.



**Figura 3.4.** Fluxograma de processo na elaboração do camarão defumado.

### 3.2.3 Transporte do Camarão

As amostras de camarão sem processamento foram transportadas em uma caixa térmica, misturadas com gelo em escama na proporção de 3:1 (camarão/gelo) (Figura 3.4). O tempo de transporte do local de captura até o laboratório da FEA, onde foi realizada a pesquisa, foi de aproximadamente 8 horas.



**Figura 3.5** Camarão sem processamento em caixa térmica misturado com gelo.

### **3.2.4 Preparo da matéria-prima**

No Laboratório o camarão passou primeiramente por um processo de dupla lavagem em água clorada a 25 ppm, a 10 °C, segundo Oetterer (2002), para depois proceder-se à seleção, pesagem (de 300 gramas de amostras) e embalagem em sacos de polietileno onde foram acrescentados 200 mL de água clorada a 25 ppm, segundo orientação da empresa AMASA/S.A. Após esta etapa as amostras de camarão foram congeladas e mantidas à temperatura de -18 °C até o momento de realização das análises de caracterização e do processamento.

### **3.2.5 Cozimento em solução salina (PCSS)**

O camarão inteiro, previamente descongelado (temperatura aproximada de 20 °C), passou por uma etapa de cozimento (temperatura de 100 °C e pressão de 1atm) em solução salina nas concentrações de 3, 5 e 7% (p/p) de NaCl, nos tempos de 3, 5 e 7 minutos, utilizando três diferentes proporções de camarão solução salina (1:3, 1:4 e 1:5). As variáveis a serem avaliadas quanto aos seus efeitos sobre o processo foram: Concentração da solução salina (CSS), tempo de cozimento (TC) e a razão entre as massas de camarão e solução salina (RCS). A seleção dos intervalos das variáveis do

processo de cozimento foi feita com base nos estudos realizados por Niamnuy; Devahastin; Soponronnarit (2007).

Ao final dos ensaios as amostras de camarão foram drenadas e colocadas sobre papel absorvente para a remoção da solução em excesso, pesadas e descascadas.

Foram realizadas nestas amostras análises para a determinação dos efeitos do PCSS, sobre as variáveis de resposta perda de água (umidade), ganhos de sólidos (concentração de cloreto de sódio), textura instrumental, cor instrumental e atividade de água (item 3.2.12).

Os ensaios de cozimento foram codificados de acordo com a Tabela 3.1. Realizando-se um total de 27 ensaios de cozimento, com a utilização de três tempos de cozimento (3, 5 e 7 minutos) para cada codificação.

**Tabela 3.1** Codificação dos ensaios de cozimento.

<b>Codificação</b>	<b>Condições</b>
C1	3% de solução salina na razão 1:3
C2	3% de solução salina na razão 1:4
C3	3% de solução salina na razão 1:5
C4	5% de solução salina na razão 1:3
C5	5% de solução salina na razão 1:4
C6	5% de solução salina na razão 1:5
C7	7% de solução salina na razão 1:3
C8	7% de solução salina na razão 1:4
C9	7% de solução salina na razão 1:5



### 3.2.6 Perfil de temperatura do camarão durante o cozimento

Conjuntamente com o PCSS, foi determinada a velocidade de penetração de calor (perfil de temperatura), na musculatura das amostras de camarão. Essa quantificação foi realizada usando termopares, previamente calibrados, do tipo T de cobre-constantan de 2 mm de diâmetro e colocados no ponto frio da amostra. Para este ponto foi selecionado o segundo segmento da musculatura do camarão, logo abaixo do cefalotórax, segundo descrito por Niamnuy, Devahastin e Soponronarit (2007). A leitura da evolução da temperatura foi feita através de um registrador e coletor de dados de temperatura com 16 canais, da marca Impac Instrument (calibrado de  $-5$  a  $300 \pm 0,1^\circ \text{C}$ ), com interface RS – 232 para conexão com um microcomputador, sendo estes dados coletados e analisados pelo programa ImpacLog, que possibilita o controle e visualização da operação.

### 3.2.7 Pré-Secagem

Esse processo foi efetuado em um secador de bandeja (Figura 3.2), sob uma temperatura de  $50^\circ \text{C}$  (umidade relativa do ar de 41%) e um fluxo do ar de secagem  $3,0$  m/s. Nestas condições as amostras de camarão foram colocadas em uma bandeja perfurada com abertura de 2 mm e área de  $380 \text{ cm}^2$  e levada ao secador por 15 minutos. A massa média de amostra utilizada para cada ensaio foi de 300 g. Esta etapa foi realizada com a finalidade de obter uma superfície insaturada, permitindo uma maior velocidade de difusão de fumaça líquida na musculatura do camarão durante a etapa de defumação. Além disso, esse procedimento evita a coagulação das proteínas na superfície dos camarões, prevenindo a formação de uma superfície dura (crosta) a qual prejudicaria os fenômenos de transferência de calor e massa durante a secagem (FELLOWS, 2006). As amostras submetidas ao processo de pré-secagem foram aquelas que obtiveram os melhores resultados quanto aos parâmetros analisados no PCSS.

### 3.2.8 Defumação líquida

A aplicação do extrato de fumaça líquida foi realizada por imersão das amostras de camarão que foram submetidas à pré-secagem. O tempo de imersão das amostras foi de 15 segundos e as concentrações da solução de extrato de fumaça líquida, foram de 2, 6 e 10 % (p/p). A faixa das concentrações da solução de fumaça líquida e o tempo de imersão, selecionados para este processo, foram determinados com base em ensaios preliminares e nas análises dos resultados dos trabalhos efetuados por Teixeira (1995) e Rodrigues (1996). Os ensaios de defumação foram codificados de acordo com a Tabela 3.2.

**Tabela 3.2** Codificação dos ensaios de defumação.

<b>Codificação</b>	<b>Condições</b>
D1	2% de fumaça líquida e 60 min de secagem
D2	2% de fumaça líquida e 90 min de secagem
D3	2% de fumaça líquida e 120 min de secagem
D4	6% de fumaça líquida e 60 min de secagem
D5	6% de fumaça líquida e 90 min de secagem
D6	6% de fumaça líquida e 120 min de secagem
D7	10% de fumaça líquida e 60 min de secagem
D8	10% de fumaça líquida e 90 min de secagem
D9	10% de fumaça líquida e 120 min de secagem

### 3.2.9 Secagem

Esse processo foi efetuado no mesmo equipamento empregado na pré-secagem. Nesta etapa os experimentos foram desenvolvidos em três blocos. No primeiro bloco o processo de secagem teve a duração de 60 minutos; o segundo bloco com duração de 90 minutos e o terceiro e último bloco do processo ocorrendo em 120 minutos. Para cada bloco, as amostras previamente defumadas foram colocadas em uma bandeja perfurada com abertura de 2 mm e área de 380 cm<sup>2</sup> e inseridas na câmara de secagem

(Figura 3.2). Nos três blocos, a temperatura do agente secante (ar) sob as amostras foi mantida constante em 50 °C. A velocidade do ar neste processo de secagem foi de 3,0 m/s, valor suficiente para considerar desprezível a resistência da película externa à transferência de massa (TOBINAGA; PINTO, 1992) e o fluxo do ar de secagem foi sempre perpendicular em relação ao eixo da maior dimensão das amostras de camarão.

### 3.2.9.1 *Cinética de Secagem (CS)*

Os experimentos da cinética de secagem foram desenvolvidos em três etapas. A primeira etapa foi para as amostras de camarão sem processamento. A segunda e a terceira etapas foram para as amostras de camarão cozido e defumado, respectivamente. As três etapas da CS foram efetuadas com amostras descascadas. A massa média de amostra utilizada para cada ensaio foi de 300 g, proporcionando uma espessura de camada da amostra de, aproximadamente 1,0 cm. Após a estabilização do sistema de aquecimento (aproximadamente 10 minutos), no qual o soprador é ligado e o sistema de aquecimento é ajustado para que o ar atinja a temperatura de operação, a amostra foi inserida na câmara de secagem. A determinação da quantidade de água removida da amostra foi feita por gravimetria, sendo as pesagens realizadas a intervalo de tempos pré-determinados, crescentes, até a amostra atingir peso constante.

### 3.2.9.2 *Modelagem Matemática da Cinética de Secagem*

Na literatura é encontrado um grande número de modelos matemáticos utilizados para análise da secagem em camada delgada de produtos alimentícios; incluindo os teóricos e semi-empíricos. Para a modelagem matemática da secagem das amostras de camarão, considerou-se a transferência de massa no estado transiente. O modelo difusivo obtido a partir do balanço diferencial de massa e que representa a migração de umidade através da estrutura do material para superfície têm sido preferido por vários pesquisadores (AGUERRE; GABITTO; CHIRIFE, 1985; TOBINAGA; PINTO, 1992; RODRIGUES; TOBINAGA, 1997; SARSAVADIA et al., 1999, PARK; BIN; BROD, 2001), sendo expresso pela Equação (9).

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \nabla \cdot (D_{ef} \nabla X) \quad (9)$$

Considerando a difusividade efetiva ( $D_{ef}$ ) constante, o material homogêneo, isotrópico e na forma de lâmina infinita, o encolhimento e os efeitos de resistência externa desprezíveis e a secagem ocorrendo pelos dois lados, a Equação (10) pode ser escrita como (CRANK, 1975):

$$\frac{\partial X}{\partial t} = D_{ef} \frac{\partial^2 X}{\partial Y^2} \quad (10)$$

As condições de contorno para a solução da Equação (10) são as seguintes:

- Umidade inicial uniforme:  $X(Y, t) = X(Y, 0) = X_0$
- Umidade máxima no centro:  $\left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right)_{Y=0} = 0$
- Umidade constante na superfície:  $X(Y, t) = X(L, t) = X_{eq}$

Com isto, a solução analítica da Equação (10), para o perfil interno de umidade segundo Crank (1975) está representada pela Equação (11).

$$MR = 2 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1 - (-1)^n}{\lambda_n} \cos(\eta \lambda_n) \exp\left(-\lambda_n^2 \frac{D_{ef} t}{L^2}\right) \quad (11)$$

Onde:

$$MR = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e}, \quad \eta = \frac{y}{L}$$

$$\lambda_n = (2n + 1) \frac{\pi}{2} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Sendo:

MR = adimensional de umidade; X = umidade (b.s) em determinado tempo t; X<sub>e</sub> = umidade (b.s) de equilíbrio; X<sub>0</sub> = umidade (b.s) inicial; λ<sub>n</sub> = autovalores e η = adimensional do comprimento reduzido para placa plana infinita.

Sendo que a solução para o perfil médio de umidade, considerando a média do volume do material está apresentada na Equação (12).

$$MR = 2 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^2} \exp\left(-\lambda_n^2 \frac{D_{ef} t}{L^2}\right) \quad (12)$$

Observa-se que a solução analítica da Equação (11) apresenta-se na forma de uma série infinita e, portanto, o número finito de termos (n), no truncamento, poderá determinar a precisão dos resultados. Para tempos de secagem longos, a equação (12) é truncada no primeiro termo da série, pois o valor de  $(\lambda_n^2 D_{ef} / L^2)$ , para o segundo termo em diante é sempre muito maior do que o valor de  $(\lambda_0^2 D_{ef} / L^2)$ , permitindo assim desprezar a contribuição do segundo termo em diante. O erro contido no uso desta simplificação é menor que 2% no valor adimensional de umidade e permite que a Equação (12) seja escrita na forma da Equação (13) (RODRIGUES, 1996).

$$\frac{X - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{ef} t}{4L^2}\right) \quad (13)$$

ou

$$MR = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \exp(-kt) \quad (13a)$$

Sendo que:

$$k = \pi^2 D_{ef} / 4L^2 \quad (13b)$$

A análise do ajuste do modelo difusivo foi feita com base no coeficiente de correlação  $R^2$  que mede a proporção da variação total da média explicada pela regressão, definido como razão entre a soma quadrática total (Equação 14); pelo  $\chi^2$ , que expressa a diferença entre os valores obtidos experimentalmente (Equação 15) e pelo desvio médio relativo (P), descrito na Equação (16).

$$R^2 = \frac{\sum (y_{pred} - \tilde{y})^2}{\sum (y_{med} - \tilde{y})^2} \quad (14)$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(y_{med} - y_{pred})^2}{y_{pred}} \right] \quad (15)$$

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|m_{exp} - m_{pre}|}{m_{exp}} \quad (16)$$

Para ajuste dos dados foram utilizados os softwares Origin 7.0 (ORIGIN, 2002) e Statistica 5.0® (STATSOFT, 1995).

### 3.2.10 Análise sensorial

A análise sensorial através de aceitação em escala hedônica estruturada de 9 pontos, com a participação de estudantes de graduação, pós-graduação, funcionários e professores; foi realizada para todos os nove ensaios de defumação, onde determinou-se a concentração de fumaça líquida e tempo de secagem que mais agradou os possíveis consumidores.

A análise foi realizada no laboratório de Análise Sensorial da FEA/UFPA, no horário de 9 às 11 horas da manhã.

Após a etapa de cozimento (condição otimizada), as amostras de camarão, foram pré-secas e posteriormente submetidas ao processo de defumação e secagem nas condições descritas no item 3.2.9.

A análise sensorial de aceitação com escala hedônica de 9 (nove) pontos, e baseada nos limites, desgostei muitíssimo (1) e gostei muitíssimo (9), e foi aplicada para um painel não treinado de 35 provadores. As amostras foram dispostas em pratos descartáveis, codificadas com uma numeração de três dígitos aleatórios e servidas de forma monádica a cada provador. Para análise dos resultados aplicou-se a ANOVA e o teste de Tukey, onde se observou a existência ou não de diferença estatística significativa entre as amostras, considerando-se um erro de 5%.

### **3.2.11 Determinação do perfil de ácidos graxos**

Esta análise foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Lepage e Roy (1984), para as amostras de camarão regional sem processamento e defumadas, sendo os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) determinados por uma transesterificação ácida direta, sem a necessidade de uma etapa anterior de extração total de lipídios. Coletou-se apenas a fase superior ou orgânica (hexano contendo os ésteres metílicos de ácidos graxos). A fase orgânica foi submetidas às etapas de filtração e concentração e os FAME's obtidos foram diluídos em 2 mL de iso-octano, sendo armazenados hermeticamente em frascos de 5 mL a -22 °C para posterior análise cromatográfica.

A separação dos FAME's foi realizada em um cromatografo gasoso CP-3380 (VARIAN, EUA), equipado com coluna capilar de sílica fundida, CP-SIL88 (60 m x 0,21mm d.i) e detector de ionização de chama (FID). O gás de arraste foi Hélio (fluxo de He 1 mL/min.), com injeção em módulo Split. A temperatura do injetor foi de 250 °C e do detector de 280 °C. A temperatura da coluna foi de 175 °C por 8 min, sendo posteriormente elevada em dois estágios, o primeiro para 180 °C, com taxa de 2°C por minuto e o segundo para 205 °C, com taxa de 2°C por minuto. O tempo total da análise foi de 61 min. O volume de amostra injetado foi de 1 µL. A identificação e quantificação

dos FAME's foi efetuada pela comparação dos tempos de retenção obtidos a partir de uma amostra padrão de FAME's (NU-Check USA), com os tempos de retenção dos FAME's presentes na amostra de camarão, através do *Software Star WS* versão 6.0 (VARIAN, EUA).

### **3.2.12 Avaliação das características físicas do camarão durante a estocagem**

O produto final (camarão defumado otimizado) foi embalado em atmosfera normal e armazenado sobre refrigeração a temperatura aproximada de 5 °C, observado-se a sua estabilidade pela aplicação de análises semanais de cor, textura, atividade de água ( $a_w$ ) e umidade, durante um período de sete semanas (35 dias).

### **3.2.13 Obtenção das isotermas de sorção**

As isotermas de sorção para o camarão defumado foram construídas fazendo uso do método dos dessecadores, descrito por Assunção e Pena (2007).

As amostras de camarão foram finamente moídas e posteriormente pesadas nas cápsulas do aparelho de atividade de água ( $\approx 1,2$  g), em balança analítica da marca QUIMIS Q-500L210C, e em seguida submetidas à desidratação complementar, em dessecador contendo sílica-gel na base, sob vácuo e à temperatura ambiente ( $\approx 25$  °C), por um período de 24 horas, para que fosse alcançada a menor atividade de água possível.

Para a obtenção dos dados de adsorção, após o período de 24 horas as amostras foram repassadas a um dessecador contendo água na base, na temperatura de trabalho ( $\approx 25$  °C), sendo realizada à leitura dos primeiros pontos, iniciando a saturação das amostras. Após o término da análise de adsorção, as amostras foram transferidas para um dessecador contendo sílica gel na base, dando início à dessorção.

Durante o ensaio experimental de adsorção e dessorção, as amostras foram retiradas do dessecador em duplicata e em intervalos de tempos crescentes (equilíbrio



dinâmico), para determinação da umidade por diferença de massa, com o auxílio de uma balança analítica QUIMIS Q-500L210C e da  $a_w$ , com auxílio do aparelho AQUAlab 3TE. Durante todo o experimento, as amostras foram submetidas à inspeção visual, com a finalidade de acompanhar alterações visualmente perceptíveis como: *caking*, escurecimento e crescimento de fungo no produto.

As isotermas de adsorção e dessorção foram construídas graficamente a partir da relação existente entre as umidades do produto em função das  $a_w$  correspondentes (para a temperatura de 25°C), com auxílio do aplicativo *Statistica*® versão 5.0 (STATSOFT, 1995).

### 3.2.14 Ajuste dos modelos as isotermas

Na predição da isoterma de adsorção do camarão defumado, foram utilizados oito modelos matemáticos propostos na literatura, sendo três bi-paramétricos e cinco tri-paramétricos, apresentados nas Tabelas 3.3 e 3.4. Para a determinação dos parâmetros dos modelos das isotermas, usou-se o método de regressão não linear de Levenberg-Marquardt, no programa *Statistica*® 5.0. Os critérios usados para a escolha do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o valor do desvio relativo médio (P). Os melhores ajustes foram os que apresentam maior  $R^2$  (próximo à unidade) e o desvio médio relativo (P) inferior a 5%, calculado conforme a Equação 17.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|m_{\text{exp}} - m_{\text{pre}}|}{m_{\text{exp}}} \quad (17)$$

Onde:  $m_{\text{exp}}$  e  $m_{\text{pre}}$  = umidades experimental e predita, respectivamente, e  $n$  = número de observações.

A monocamada ( $m_0$ ) foi determinada através da equação que obteve melhor ajuste às isotermas do produto.

**Tabela 3.3** Modelos bi-paramétricos utilizados na predição de isotermas de adsorção.

Nome da equação	Modelos	Referência
Halsey	$m = \left[ \frac{-a}{\ln a_w} \right]^{\frac{1}{b}}$	CHIRIFE; IGLESIAS (1978)
Bet linearizada	$\frac{a_w}{1 - a_w} m = \frac{1}{m_0 \cdot C} + \frac{(C - 1)}{m_0 \cdot C} \cdot a_w$	BRUNAUER; EMMET; TELLER, (1938)
Owsin	$m = a \left[ \frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b$	CHIRIFE; IGLESIAS (1978)

$m =$  umidade;  $m_0 =$  monocamada;  $A_w =$  atividade de água;  $a$ ,  $b$  e  $C =$  constantes.

**Tabela 3.4** Modelos tri-paramétricos utilizados na predição de isotermas de adsorção.

Nome da equação	Modelos	Referência
GAB	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot k \cdot a_w}{[(1 - k \cdot a_w) \cdot (1 + (C - 1) \cdot k \cdot a_w)]}$	MAROULIS, (1988)
BET	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot a_w}{1 - a_w} \left( \frac{1 - (n + 1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1}}{1 - (1 - c) \cdot a_w - c \cdot a_w^{n+1}} \right)$	PARK; NOGUEIRA (1992)
Anderson	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot k \cdot a_w}{[1 + (c - 2) \cdot k \cdot a_w + (1 - c) \cdot k^2 \cdot a_w^2]}$	BOQUET; CHIRIFE; IGLESIAS (1980)
Anderson e Hall	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot k \cdot a_w}{[1 + (c - 2 \cdot k) \cdot a_w + (k^2 - c \cdot k) \cdot a_w^2]}$	BOQUET, CHIRIFE e IGLESIAS (1980)
Gascoyne e Pethig	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot k \cdot a_w}{[1 + (c - 2 \cdot k) \cdot a_w + (k - c) \cdot k^2 \cdot a_w^2]}$	BOQUET, CHIRIFE e IGLESIAS (1980)

$m =$  umidade;  $m_0 =$  monocamada;  $A_w =$  atividade de água;  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $k$ ,  $n =$  constantes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA

Na Tabela 4.1 encontram-se as médias das medidas do camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*) sem processamento separados por tamanho.

**Tabela 4.1** Caracterização física do camarão regional sem processamento.

<b>Características físicas</b>	<b>Pequeno</b>	<b>Médio</b>	<b>Grande</b>
Comprimento (mm)	19,9 ± 0,18	25,2 ± 0,18	33,3 ± 0,44
Largura (mm)	16,8 ± 0,28	19,2 ± 0,38	21,0 ± 0,51
Espessura (mm)	7,7 ± 0,11	8,5 ± 0,14	10,0 ± 0,15
D <sub>eq</sub> (mm)	13,7 ± 0,15	15,9 ± 0,19	19,0 ± 0,27
Φ (esfericidade)	0,68 ± 0,06	0,63 ± 0,07	0,57 ± 0,07

Médias ± DP (desvio padrão) de análises.

As medidas da fração do cefalotórax, em relação ao comprimento da espécie de *Macrobrachium amazonicum* objeto desse estudo, indicou exemplares com comprimento máximo e mínimo de 33,3 e 19,9 mm, respectivamente. Os valores máximos observados neste estudo foram superiores aos encontrados por Odinetz-Collart (1987), estudando espécies de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no Baixo Tocantins, o qual observou exemplares com comprimento máximo de 28 mm.

A característica física esfericidade apresentou valores de 0,68, 0,63 e 0,57, para os exemplares de camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*), pequeno, médio e grande, respectivamente. Os valores observados neste experimento foram superiores aos encontrados por Devahastin; Tapaneyasin; Tansakul (2006), estudando a espécie camarão branco (*Penaeus indicus*), que apresentaram esfericidades de 0,36, 0,37 e 0,38, nos tamanhos pequeno, médio e grande, respectivamente. Estes autores observaram um pequeno aumento na esfericidade dos camarões brancos de acordo com o seu tamanho, porém este não foi significativo. Já para os camarões regionais

deste estudo, observou-se um decréscimo na esfericidade de acordo com o aumento do tamanho das amostras.

#### 4.2 RENDIMENTO DO CAMARÃO SEM PROCESSAMENTO, COZIDO E DEFUMADO

O camarão sem processamento apresentou um aproveitamento da musculatura de 40,50%, com rendimento das cascas abdominais e do cefalotórax de 15,05 e 44,45% em média do peso total (camarão inteiro), respectivamente.

Os valores encontrados neste estudo foram próximos aos descritos por Carneiro (1996) que encontrou valores de rendimento de 36 a 49 % de cefalotórax, 24 a 41 % de músculo e 17 a 23 % de casca abdominal.

O camarão após a etapa de cozimento obteve rendimento do músculo de 34,61%, devido às perdas durante este processo (saída de água da musculatura). Já o rendimento final obtido para o produto defumado foi de 8% (calculado em relação à massa inicial de camarão sem tratamento), rendimento este considerado baixo quando comparado aos outros tipos de processamento (cozimento e salga, por exemplo). Vale ressaltar, porém, que o produto defumado agrega valor ao camarão regional, tanto pela nova alternativa de processamento, quanto pelo alto valor biológico do produto (com a retirada da água do material, há maior concentração de nutrientes importantes, como as proteínas), tornando-se, portanto mais uma alternativa viável de processamento, e oferecendo mais um elemento ao mercado consumidor.

#### 4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Na Tabela 4.2 são apresentados os resultados médios da caracterização físico-química do camarão com seus respectivos desvios padrão.

**Tabela 4.2.** Caracterização físico-química do camarão sem processamento.

<b>Análise (%*)</b>	<b>Média <math>\pm</math> Desvio Padrão</b>
Umidade	76,54 $\pm$ 0,30
Cinzas	1,44 $\pm$ 0,07
Lipídeos	2,18 $\pm$ 0,26
Proteínas	19,73 $\pm$ 0,10

\* Médias  $\pm$  DP (desvio padrão) de análises.

Os valores da composição centesimal do camarão sem processamento, determinados neste estudo, encontram-se dentro da faixa da composição da parte comestível do pescado descrito na literatura onde a umidade varia entre 60 e 85%, e apresenta teor médio de proteína, lipídios e cinzas de 20%, 0,6 a 36 % e de 1 a 2%, respectivamente (OGAWA; SILVA; SANTOS-FILHO, 1999).

De uma forma geral, comparando os dados da Tabela 4.2 especificamente em relação a crustáceos os valores de umidade, proteína, gordura e cinzas são similares aos apresentados na literatura para outras espécies, como por exemplo, aos encontrados por Vasconcelos; Silveira (2004), em seu estudo com a espécie Camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*) apresentando 76,96% de umidade, 17,83% de proteína; 2,45 % de lipídios e 1,55% de cinzas e Sriket et al., (2007), que encontraram em seus estudos, 77,21% de umidade, 18,80% de proteínas, 1,47% de cinzas e 1,30% de lipídeos, para o camarão branco (*Penaeus vannamei*).

Verificou-se também, pequenas variações na composição entre os resultados obtidos neste trabalho e aos apresentados por Furuya et al., (2006), estudando a composição físico-química do camarão de água doce da espécie *Macrobrachium amazonicum* criados em cativeiro determinaram que o mesmo continha 70,3% de umidade, 1,5% de cinzas, 1,5% de lipídeos e 24,8% de proteínas e por Kirschnik; Viegas (2004) que estudaram também a composição de camarão de água doce, mas da espécie *M. rosenbergii*, durante estocagem em gelo, e encontraram 78,54% de umidade, 19,50% de proteína, 0,15% de lipídeos e 1,35% de cinzas. Segundo Furuya et

al., (2006) as variações entre os resultados obtidos para as características estudadas podem ser atribuídas ao tipo e à disponibilidade do alimento consumido pelos animais (em cativeiro ou ambiente natural) e às regiões do corpo do animal incluídas na análise (animais inteiros, região abdominal ou somente cefalotórax com ou sem casca).

Cabe também avaliar com base nos resultados da Tabela 4.2 a classificação lipídica do camarão sem processamento. Segundo Pigott; Tucker (1990), um método para definir a classificação de peixes gordos está baseado na seguinte relação: menor que 2% de conteúdo de lipídeos é considerado um pescado de baixo conteúdo de gordura, entre 2 a 5% é um pescado moderado em conteúdo de gordura e maiores que 5% é considerado um pescado de alto conteúdo de gordura. O resultado obtido neste estudo (2,18% lipídios) classifica o camarão regional como um pescado moderado em conteúdo de gordura.

#### 4.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Do ponto de vista sanitário o camarão sem processamento, apresentou qualidade microbiológica satisfatória de acordo com os padrões legais vigentes estabelecidos pela resolução RDC N° 12 de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e pela Portaria 451 de 19 de setembro de 1997, do Ministério da Saúde. Os resultados obtidos indicam que os procedimentos de transporte e de preparo da matéria prima, seguiram as boas práticas de fabricação. Os resultados das análises são apresentados na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3.** Análises microbiológicas do camarão sem processamento.

<b>Análises Realizadas</b>	<b>Legislação</b>	<b>Matéria-prima</b>
<i>Salmonella sp</i> (em 25 g)	Ausente	Ausente
Coliformes a 45° C (NMP*/g)	10 <sup>2</sup>	< 3
<i>Staphylococcus</i> (UFC**/g)	5 x 10 <sup>2</sup>	<1x10 <sup>1</sup>

\*UFC = Unidade formadora de colônia.

\*\*NMP = Número mais provável.

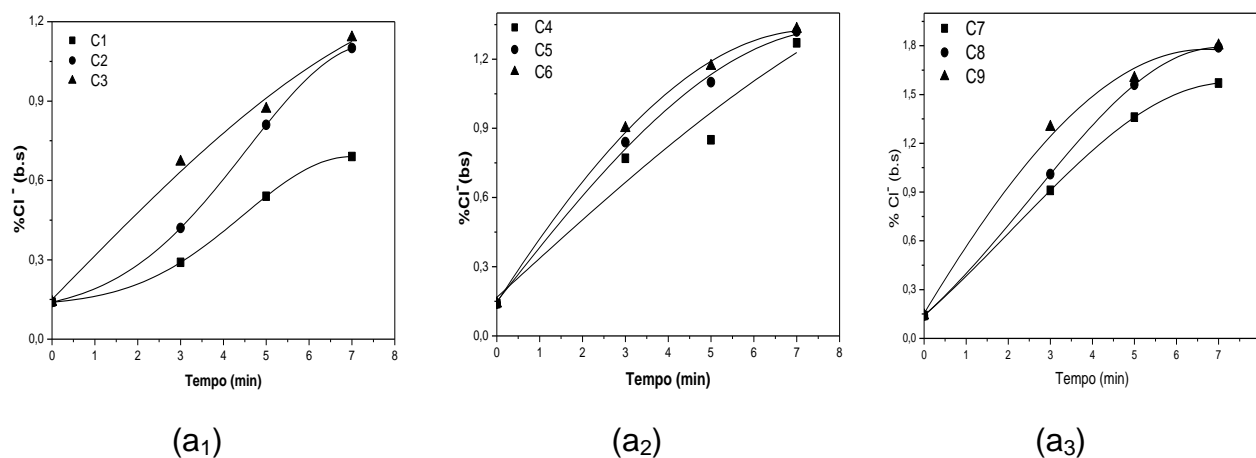
Se fosse confirmada no camarão sem processamento a presença destas bactérias, a matéria-prima deveria ser descartada para impedir qualquer tipo de toxinfecções alimentares.

Lopes (2006), em seu estudo com camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*), obteve resultados satisfatórios quanto a pesquisa de *Salmonella* sp e *Staphylococcus* coagulase positiva, com ausência em 25g e 2 UFC/g, respectivamente, indicando uma boa manipulação da matéria prima.

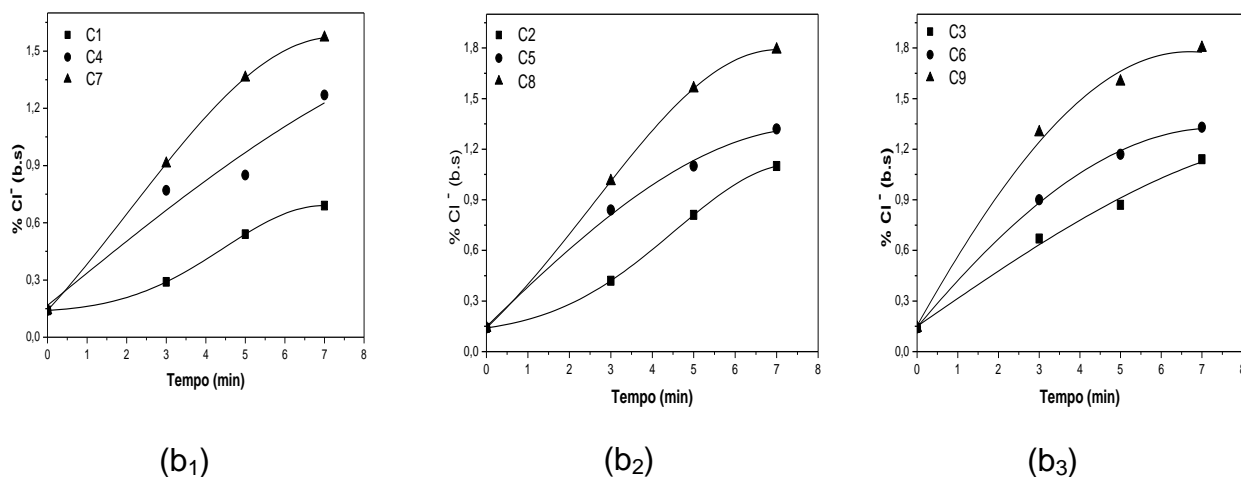
#### 4.5 PROCESSO DE COZIMENTO EM SOLUÇÃO SALINA (PCSS)

##### 4.5.1 Efeito do PCSS no conteúdo de cloretos

Nas Figuras 4.1 e 4.2 observa-se a evolução do conteúdo de cloreto em relação ao tempo de cozimento.



**Figura 4.1.** Teor de Cloreto no camarão cozido em solução salina nas concentrações (b<sub>1</sub>) 3%, (b<sub>2</sub>) 5% e (b<sub>3</sub>) 7%.



**Figura 4.2.** Teor de Cloreto no camarão cozido em solução salina nas proporções (a<sub>1</sub>) 1:3, (a<sub>2</sub>) 1:4 e (a<sub>3</sub>) 1:5.

Verifica-se, nas figuras, que nos primeiros três 3 minutos de tratamento, ocorreu um forte incremento do cloreto de sódio na musculatura do camarão, com utilização da solução salina. Este efeito, deve-se á existência de uma grande força motriz causada possivelmente pela diferença entre os potenciais químicos da solução salina e do músculo, devido à diferença de concentração de NaCl entre eles, conjuntamente com as alterações das interações eletrostáticas das moléculas de proteínas geradas pela ação do calor e do efeito *salting in*, conforme citado por Borderia; Monteiro (1988) e Ordonéz (2005).

Sobre a hipótese da impregnação de sólido na musculatura do camarão, em conseqüência da diferença de potencial ou gradiente de concentração do soluto (íons Cl<sup>-</sup>) na solução salina, e nas amostras de camarão, é importante destacamos a ocorrência simultânea de pelo menos dois fluxos de massa, a saída de água para a solução salina e a transferência de soluto desta solução para o alimento, através da membrana celular.

A amostra C9 de camarão cozido (solução salina a 7%, razão camarão/solução de 1:5), nos três minutos iniciais de cozimento, foi a que estabeleceu o maior ganho de Cl<sup>-</sup>, sendo cerca 9,3 vezes maior em comparação com amostra de camarão no tempo



zero (sem processamento). Ainda analisando o ganho de  $\text{Cl}^-$  nos três 3 minutos iniciais a amostra C1 (solução salina a 3%, razão camarão/solução de 1:3) neste intervalo de tempo de cozimento, foi a que estabeleceu o menor ganho de  $\text{Cl}^-$ , com valor cerca de 2,07 vezes, superior a amostra inicial. Para tempos de cozimento acima dos três 3 minutos, essa diferença tende a diminuir pelo aumento da concentração de NaCl na musculatura do camarão, pela perda de umidade e pela diluição da solução, provocada pela migração da água do músculo para esta. Comportamento semelhante também foi observado por Niamnuy; Devahastin; Soponronnarit, (2007), em seu estudo de cozimento do camarão branco do pacífico.

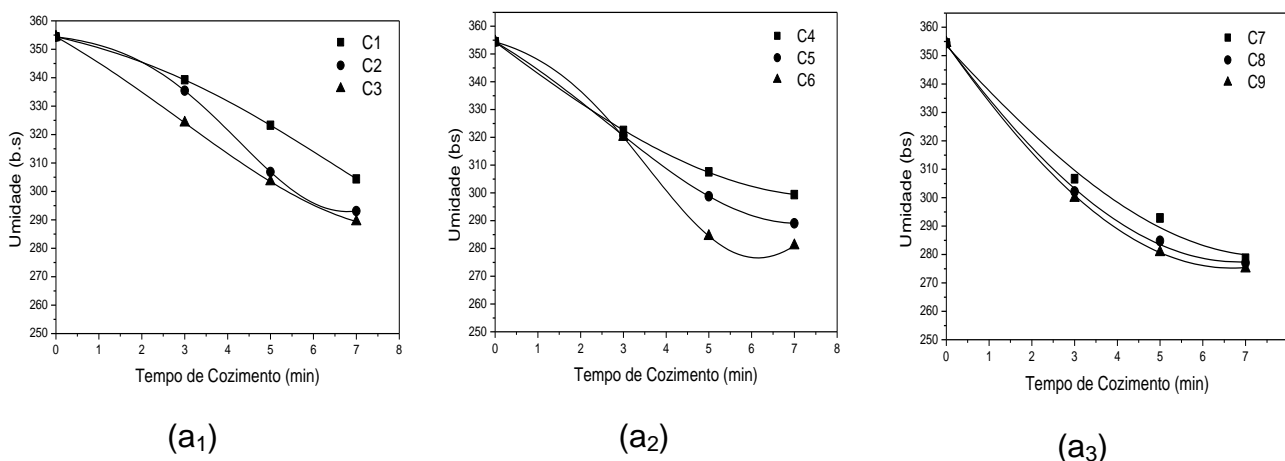
Aplicando-se o teste de Tukey (Tabela 4.4 – Apêndice 1), pode-se observar que houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ), entre as proporções, tempo de cozimento e a amostra de camarão sem processamento. As amostras de camarão cozidas com solução salina a 7%, na proporção camarão/solução de 1:4 e 1:5 no tempo de cozimento de 7 minutos, foram as que mais se distanciaram das demais, obtendo o maior ganho de  $\text{Cl}^-$ , cerca de 11,66 vezes maior em relação a amostra inicial.

#### **4.5.2 Efeito do PCSS na umidade do camarão.**

Os gráficos,  $a_1$ ,  $a_2$  e  $a_3$ , da Figura 4.3 apresentam a cinética de redução da umidade em função do tempo de cozimento, da concentração da solução salina e da proporção camarão/solução. Observa-se na Figura 4.3 a forte influência dos dois fatores combinados: o aumento do tempo de exposição e conseqüentemente o aumento da temperatura da estrutura muscular da amostra que incrementam o mecanismo de transferência de massa. Este comportamento foi também observado por Niamnuy; Devahastin; Soponronnarit, (2007), em seu estudo de cozimento do camarão branco do pacífico.

Nota-se também na Figura 4.3 que há uma tendência nos 3 primeiros minutos de ocorrer uma forte taxa de redução de umidade. Cabe também mencionar que, apesar do processo de cozimento não ter sido efetuado com o emprego de sistemas externos

ou mecânicos de agitação sendo a forma de ocorrência da transferência de calor, predominante a convecção natural, isso foi suficiente para renovar a camada da interface produto/solução, favorecendo o gradiente de transferência de massa.

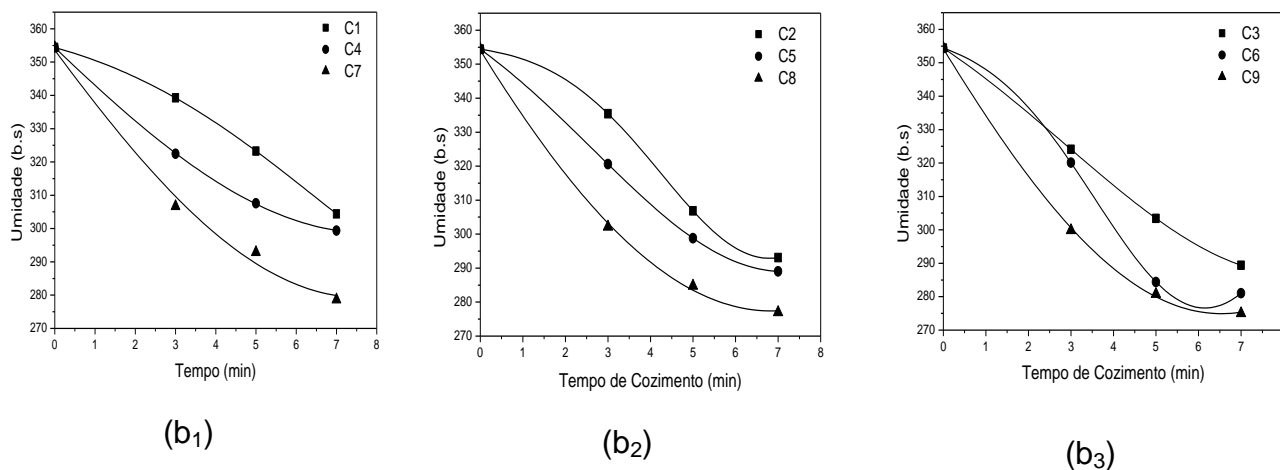


**Figura 4.3.** Umidade do camarão cozido em solução salina nas concentrações (a<sub>1</sub>) 3%, (a<sub>2</sub>) 5% e (a<sub>3</sub>) 7%.

Os processos de cozimento podem alterar as características dos produtos *in natura*, pois: inicialmente ocorre a perda de água, que promove a concentração dos nutrientes; seguido da incorporação de substâncias provenientes do meio de cocção (ex. óleo, água, temperos) e também de perdas para esse meio. O calor, por si só, produz diversas modificações nos componentes químicos do produto *in natura*, incluindo: composição de ácidos graxos, teor de vitaminas, conteúdo de colesterol, teor e forma das proteínas (POTTER; HOTCHKISS, 1995; BADIANI; STIPA; GATTA, 2002; ROSA, 2003).

Nos gráficos, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> e b<sub>3</sub> da Figura 4.4 encontram-se os resultados que descrevem a influência do tempo de cozimento na redução da umidade para diferentes proporções de camarão/solução. As análises desses dados indicam comportamento similar aos observados nos gráficos da Figura 4.3, ou seja, ocorre um incremento da taxa de redução de umidade com o aumento do tempo de cozimento, principalmente

durante os 3 primeiros minutos do processo, após o qual, verifica-se uma tendência de decréscimo mais lento, evidenciada pela forma assintótica da curva.



**Figura 4.4.** Umidade do camarão cozido em solução salina nas concentrações (b<sub>1</sub>) 1:3, (b<sub>2</sub>) 1:4 e (b<sub>3</sub>) 1:5.

Houve diferença significativa a nível de 5% ( $p > 0,05$ ), entre os teores de umidade analisados nas diferentes proporções e concentrações em relação a umidade do camarão sem processamento (Tabela 4.5 - Apêndice 1).

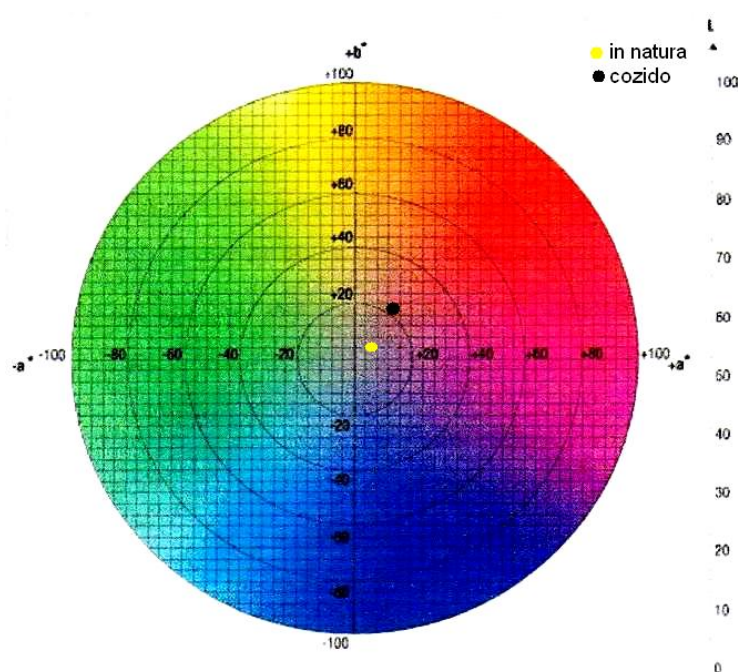
#### 4.5.3 Efeito do PCSS na cor do camarão.

Os parâmetros de cor L, a, b e  $\Delta E$ , juntamente com o teste de Tukey, dos camarões cozidos em soluções salinas de três diferentes concentrações, são apresentados na Tabela 4.6 (Apêndice – 1).

Observou-se, pela análise dos dados da Tabela 4.6 que durante a etapa de cozimento dos camarões, estes apresentaram aumento de todos os parâmetros de cor analisados, com relação ao camarão sem processamento (amostra padrão), sendo a coloração inicial (acinzentada) substituída gradualmente por uma coloração mais avermelhada, de acordo com a Figura 4.5: uma representação esquemática no espectro de cor, da amostra inicial (sem processamento) e da amostra final (cozida).

Lopes (2006) também observou o aumento dos parâmetros de cor para o camarão branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei*) irradiado, durante seu armazenamento.

Segundo Niamnuy; Devahastin; Soponronnarit (2007), a cor vermelha do camarão cozido é produzida pela liberação do carotenóide astaxantina durante o cozimento, a partir do momento em que começa a ocorrer a desnaturação do complexo carotenoproteína, em que se encontra ligada a astaxantina.



**Figura 4.5.** Representação esquemática da variação de cor entre o camarão sem processamento e o camarão cozido.

#### 4.5.4 Efeito do PCSS na Textura

Os resultados da análise de textura das amostras de camarão cozido são apresentados na Tabela 4.7.

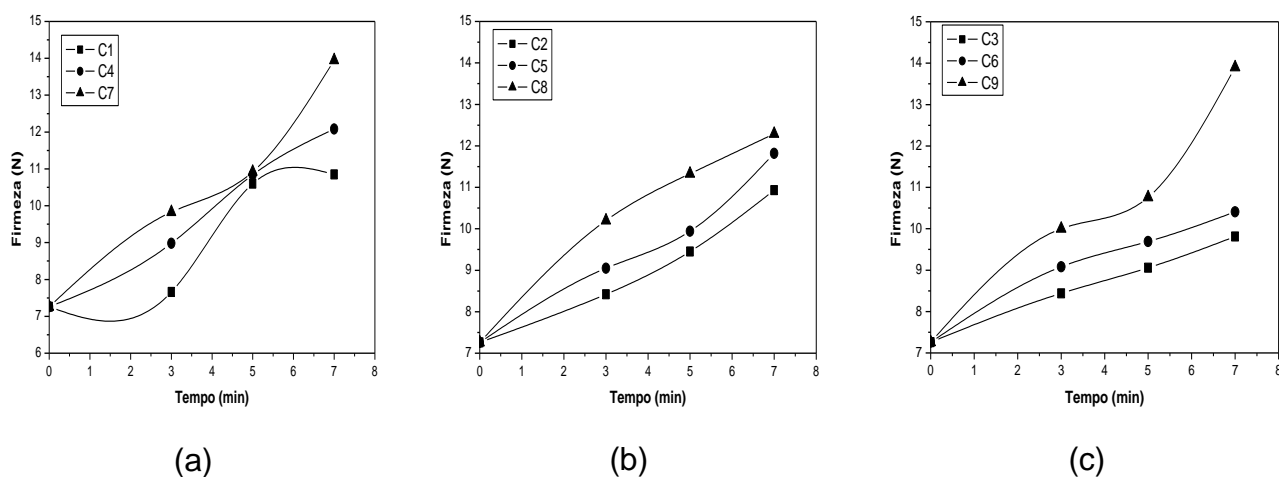
**Tabela 4.7** Textura instrumental em termos de firmeza (N).

Condições*	Sem processamento	Tempo (minutos)		
		3	5	7
C1		7,66 <sup>d</sup>	10,60 <sup>abcd</sup>	10,85 <sup>abcd</sup>
C2		8,42 <sup>cd</sup>	9,45 <sup>cd</sup>	10,93 <sup>abcd</sup>
C3		8,44 <sup>cd</sup>	9,06 <sup>cd</sup>	9,81 <sup>bcd</sup>
C4		8,98 <sup>cd</sup>	10,84 <sup>abcd</sup>	12,08 <sup>a</sup>
C5	7,26 <sup>d</sup>	9,05 <sup>cd</sup>	9,94 <sup>bcd</sup>	11,82 <sup>abcd</sup>
C6		9,08 <sup>cd</sup>	9,69 <sup>bcd</sup>	10,41 <sup>abcd</sup>
C7		9,83 <sup>bcd</sup>	10,92 <sup>abcd</sup>	13,95 <sup>ab</sup>
C8		10,20 <sup>abcd</sup>	11,33 <sup>abcd</sup>	12,29 <sup>abc</sup>
C9		10,00 <sup>bcd</sup>	10,76 <sup>abcd</sup>	13,90 <sup>abc</sup>

- Médias com letras em comum na mesma coluna não diferem entre si no nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

Para todos os ensaios de cozimento, houve um aumento significativo da firmeza, em relação à amostra sem processamento. Este efeito deve ter ocorrido devido à desnaturação de diversas proteínas (miosina, actina e colágeno), que ao coagularem, perdem a capacidade de retenção de água, levando assim ao aumento da firmeza da carne. Comportamento similar foi observado por Niamnuy; Devahastin; Soponronnarit, (2007) em seu estudo com camarão branco do pacífico.

Nas condições estudadas constatou-se também (Figura 4.6), que mantendo-se fixas as proporções de camarão/solução, existiu a tendência de elevação da firmeza da musculatura do camarão, associada as interações de valores dado pelo aumento do tempo de cozimento (3 a 7 minutos), bem como da concentração da solução salina (3 a 7% p/p).



**Figura 4.6.** Efeito do cozimento na textura do camarão cozido, a) proporção 1:3; b) proporção 1:4 e c) proporção 1:5.

Bobbio; Bobbio (2001), além de atribuírem as mudanças na textura as alterações estruturais das proteínas durante o cozimento com conseqüente perda da capacidade de retenção de água, também relacionam a alteração do pH e a liquefação e redistribuição da gordura com este fato.

Este efeito do cozimento é também reforçado por Katsanidis (2004) em seu estudo sobre impacto do pré-tratamento sobre a textura da carne de polvo, onde foi ressaltado pelo autor o efeito da hidrólise das proteínas sobre o aumento da firmeza da carne, sendo esta hidrólise maior quando a carne foi submetida a maiores temperaturas de cozimento (100 °C) e por um tempo mais prolongado.

#### 4.5.5 Atividade de água

Na Tabela 4.8 encontram-se os resultados do comportamento do parâmetro atividade de água ( $a_w$ ) associado às interações das condições estudadas no processo de cozimento do camarão.

Na análise destes dados verifica-se que a os valores da atividade de água para todos os ensaios, estiveram acima de 0,9. Segundo Rodrigues (2003), nos alimentos

ricos em água com valores de  $a_w > 0,90$  formam-se soluções diluídas que servem de substrato para o crescimento de microrganismos. De acordo com o mesmo autor, em tais diluições, as reações enzimáticas têm sua velocidade consideravelmente reduzida. Nestas condições, os alimentos estão predispostos a sofrer uma contaminação do tipo microbiológica. Isto demonstra a necessidade de aplicação de formas combinadas de outros métodos de conservação.

Aplicando-se o teste de Tukey, aos dados da Tabela 4.8, observa-se que houve diferença significativa a nível de 5%, entre as amostras cozidas e a amostra sem processamento.

**Tabela 4.8.** Atividade de água.

Condições	Tempo (minutos)			
	Sem processamento	3	5	7
C1		0,982 <sup>a</sup> ± 0,01	0,979 <sup>a</sup> ± 0,01	0,978 <sup>a</sup> ± 0,01
C2		0,975 <sup>b</sup> ± 0,01	0,980 <sup>a</sup> ± 0,01	0,976 <sup>a</sup> ± 0,01
C3		0,980 <sup>a</sup> ± 0,01	0,978 <sup>a</sup> ± 0,01	0,979 <sup>a</sup> ± 0,01
C4		0,980 <sup>a</sup> ± 0,02	0,976 <sup>a</sup> ± 0,01	0,974 <sup>b</sup> ± 0,02
C5	0,987 <sup>e</sup> ± 0,01	0,977 <sup>b</sup> ± 0,01	0,978 <sup>a</sup> ± 0,04	0,976 <sup>b</sup> ± 0,01
C6		0,977 <sup>b</sup> ± 0,01	0,974 <sup>b</sup> ± 0,04	0,974 <sup>b</sup> ± 0,01
C7		0,975 <sup>b</sup> ± 0,02	0,974 <sup>b</sup> ± 0,05	0,963 <sup>d</sup> ± 0,02
C8		0,974 <sup>b</sup> ± 0,01	0,970 <sup>c</sup> ± 0,01	0,971 <sup>c</sup> ± 0,02
C9		0,975 <sup>b</sup> ± 0,01	0,975 <sup>b</sup> ± 0,01	0,969 <sup>c</sup> ± 0,01

\* Médias com letras em comum na mesma coluna não diferem entre si no nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

A amostra que foi submetida ao cozimento em solução salina a 7%, na proporção de camarão/solução de 1:5 e no tempo de cozimento de 7 minutos, foi a que obteve um menor valor de atividade de água ( $a_w = 0,969$ ) e de umidade (273,03 b.s), bem como maior incorporação de cloretos (1,83%), sendo assim selecionado para a realização da etapa posterior de defumação líquida.

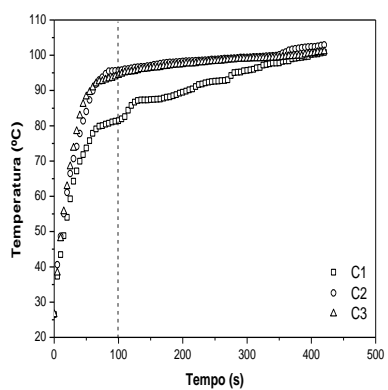
#### 4.5.6 Perfil de temperatura durante o cozimento

Nos gráficos das Figuras 4.7 e 4.8 mostra-se a evolução das temperaturas médias do ponto frio das amostras de camarão durante o PCSS. Através de uma análise de variância, verificou-se que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os valores médios de temperatura. Podem-se observar nas curvas, que devido à resistência térmica do material biológico à transferência de calor por condução da superfície para o interior do alimento, ocorreu um aumento gradativo da temperatura das amostras de camarão, principalmente durante os 100 (cem) primeiros segundos do processo, após o qual, verifica-se uma tendência de estabilidade da temperatura (equilíbrio com a solução salina), mantendo-se até o término do experimento.

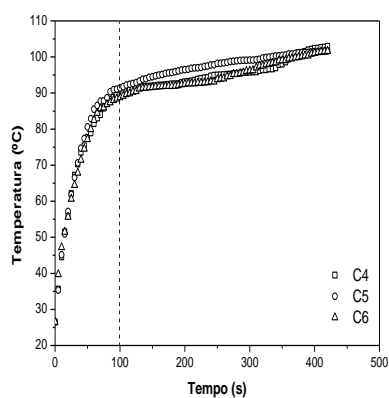
Percebe-se também na Figura 4.7 e 4.8 que nas condições estudadas não houve uma tendência efetiva de acréscimo maior de temperatura entre as proporções de camarão/solução salina, com a evolução da temperatura do ponto frio, durante o PCSS. Mas em relação à variável concentração da solução salina verifica-se uma afinidade diretamente proporcional entre a concentração e evolução das temperaturas no ponto frio acima de 100 (cem) segundos.

Este efeito, já esperado, deve-se a redução do potencial químico do líquido (solvente), como resultado do incremento de soluto. A redução do potencial químico do solvente implica aumento da temperatura em que ocorrerá o equilíbrio líquido-vapor e, conseqüentemente, o ponto de ebulição é alcançado em temperaturas superiores. Comportamento similar foi observado por Niamnuy; Devahastin; Soponronnarit (2007), no processo de cozimento de camarão branco (*Penaeus indicus*), em solução salina em sistemas abertos.

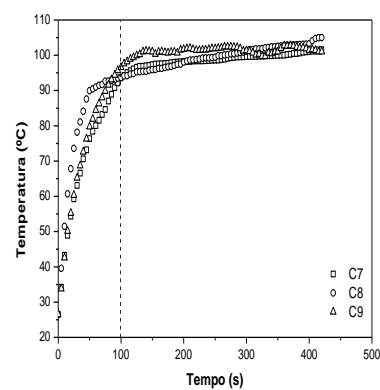




(a)

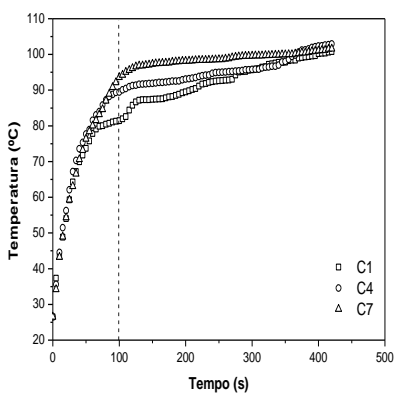


(b)

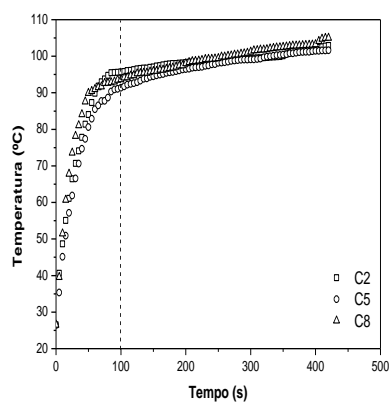


(c)

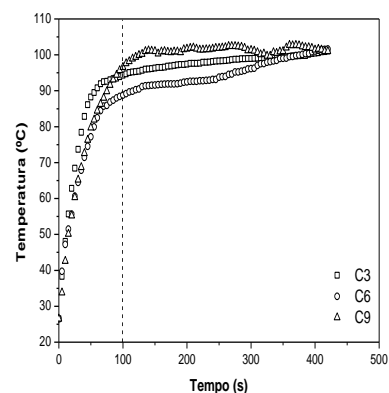
**Figura 4.7.** Perfil de temperatura do camarão cozido em solução salina nas concentrações (a) 3%, (b) 5% e (c) 7%.



(a)



(b)



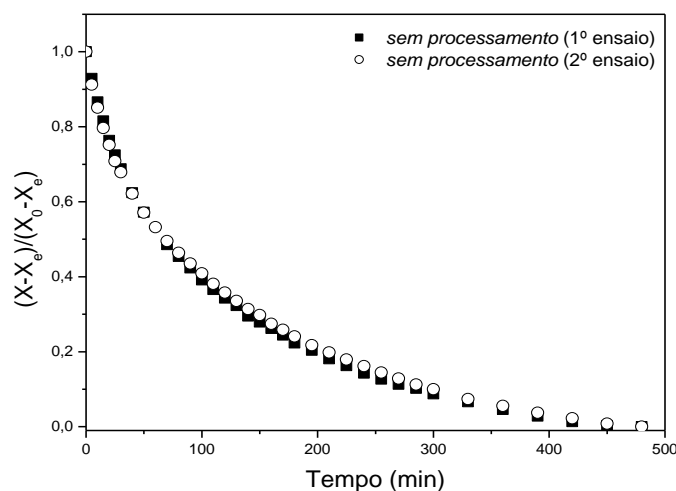
(c)

**Figura 4.8.** Perfil de temperatura do camarão cozido em solução salina nas proporções (a) 1:3, (b) 1:4 e (c) 1:5.

## 4.6 PROCESSO DE SECAGEM

### 4.6.1 Cinética de Secagem

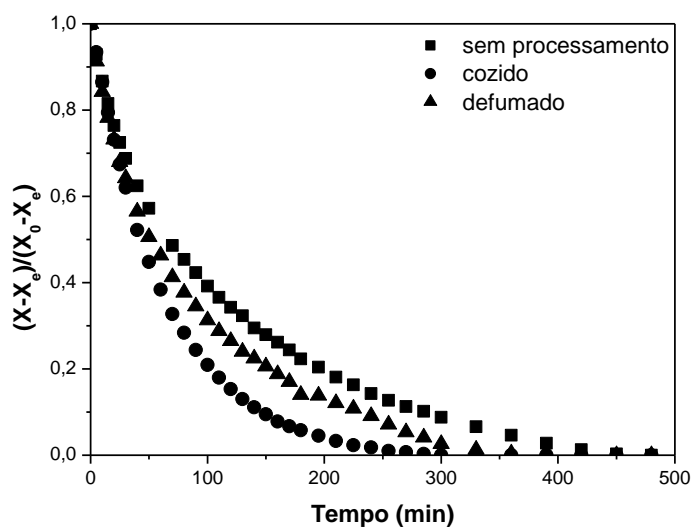
As curvas que descrevem o comportamento da secagem do camarão com e sem processamento estão expressas nas Figuras 4.9, 4.10 e 4.11. Na Figura 4.9 é apresentado o comportamento obtido para a cinética de secagem do camarão sem processamento, através da plotagem da variação da umidade adimensional (equação 13) em função do tempo. Na Figura 4.9, observou-se o comportamento das replicatas para a amostra de camarão sem processamento. Constatou-se que o comportamento foi análogo. A diferença média entre os valores da umidade adimensional (com valor de 0,002) é inferior ao erro da medida do adimensional de umidade (com valor de 0,003), o que comprova a reprodutibilidade dos experimentos de secagem.



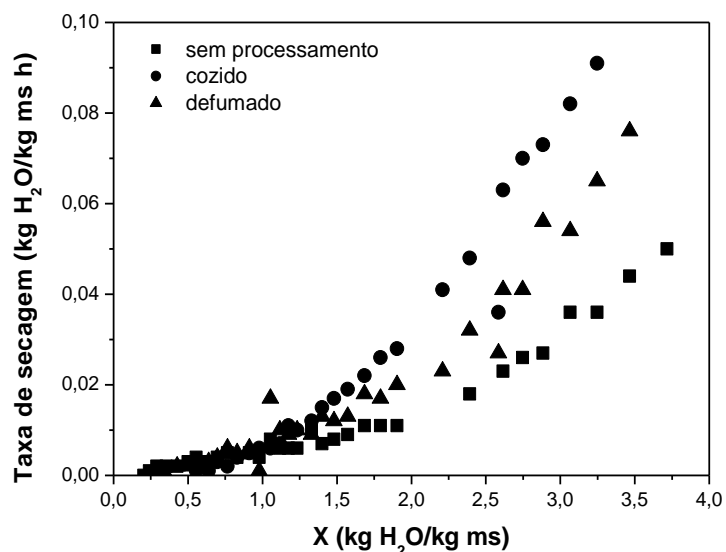
**Figura 4.9.** Curva de secagem para o camarão sem processamento.

Analisando as curvas do adimensional de umidade em base seca em função do tempo e da taxa de secagem (Figuras 4.10 e 4.11), verifica-se a ausência de período de taxa constante (para as três amostras analisadas), o que é característico de alimentos com elevado teor protéico. Comportamento similar foi observado por Bellagha et al., (2002) na secagem de sardinha (*S. aurita*) levemente salgada e por Oliveira et al.,

(2006), na secagem de algas *Spirulina platensis*, em camada delgada. Vale ressaltar que no caso das amostras submetidas ao cozimento e a defumação, este comportamento pode ser creditado à aplicação de um tratamento térmico prévio que ambas sofreram o que ocasionou a desnaturação acentuada das proteínas, a diminuição da viscosidade da fração lipídica, perdas de alguns minerais, vitaminas e outros componentes hidrossolúveis, favorecendo assim a redução da umidade inicial dessas amostras.



**Figura 4.10.** Curvas de secagem para o camarão sem processamento, cozido e defumado.



**Figura 4.11.** Taxa de secagem a  $T = 50^{\circ}\text{C}$  do camarão.

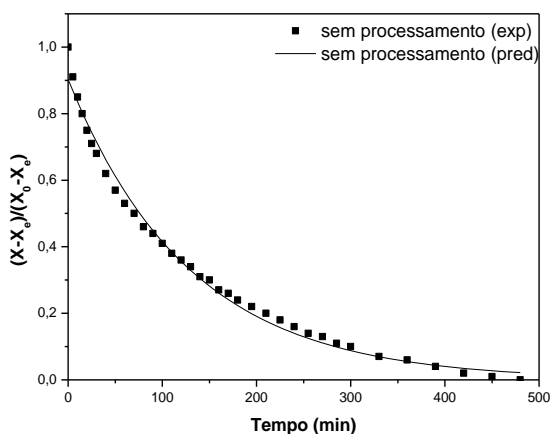
Observou-se também que o comportamento das amostras é similar, independentemente do tratamento recebido antes da secagem. Na Figura 4.10 a curva da amostra sem processamento apresenta-se posicionada ligeiramente acima das curvas das amostras defumada e cozida. Este resultado corresponde ao esperado, já que dependendo da temperatura, tempo e o modo de ação ao qual o material biológico é submetido, ao processamento térmico, o aquecimento provoca modificações nas propriedades funcionais das proteínas (grupo de propriedades físicas, químicas e estruturais das proteínas). Essas alterações nos grupos funcionais se refletem nas propriedades das proteínas, modificando, portanto a qualidade do produto. Estas modificações podem ser muito diferentes entre si, por exemplo, em alguns casos de aplicação de processos térmicos em material biológico, ocorre à desnaturação térmica; as moléculas protéicas começam a se desdobrar, aumentando a quantidade de água ligada à proteína. A interação subsequente proteína-proteína produz uma rede tridimensional que pode conduzir a uma maior retenção de moléculas de água pelas proteínas.

Entretanto, em alguns casos de aplicação de processos térmicos em material biológico, pode ocorrer um fenômeno inverso, como é caso do processo de cozimento, que induz a mudanças estruturais na rede do tecido conectivo e fibras musculares, que conjuntamente encolhem de modo longitudinal, e a extensão deste encolhimento aumenta com a temperatura. Em conseqüência, tem-se uma grande perda de água no cozimento. Presume-se que a água é expelida ou exsudada, pela pressão exercida por este encolhimento no tecido conectivo.

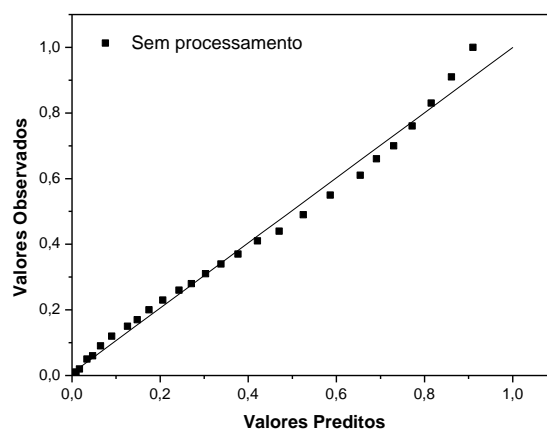
#### **4.6.2 Modelagem matemática da cinética de secagem**

Para o cálculo da difusividade efetiva foi efetuado o ajuste do modelo teórico baseado na segunda lei de Fick (Equação 13a), descrito no item 3.2.9.2, integrado para uma placa plana infinita, com a secagem ocorrendo pelos dois lados. Uma das condições necessárias para aplicar este modelo é que a umidade do sólido, no tempo zero, seja a mesma em qualquer ponto. Na prática esta condição não chega a acontecer nos produtos que foram previamente submetidos aos processos de cozimento em solução salina e à defumação. É possível que após esses tratamentos o produto apresente dois perfis: um perfil de umidade e outro de concentração de cloreto de sódio.

As curvas de secagem experimentais (Figura 4.10), que representam a evolução do conteúdo de umidade vs o tempo, foram usadas para comparação com as curvas obtidas com os valores preditos do modelo difusivo (Figuras 4.12a, 4.13a e 4.14a), sendo o valor da difusividade obtido por meio de um processo iterativo de cálculo, até alcançar um melhor ajuste entre esses dados. Os valores calculados da difusividade efetiva, em cada caso, mediante a Equação 13a usando o método iterativo de cálculo, são expostos na Tabela 4.9.

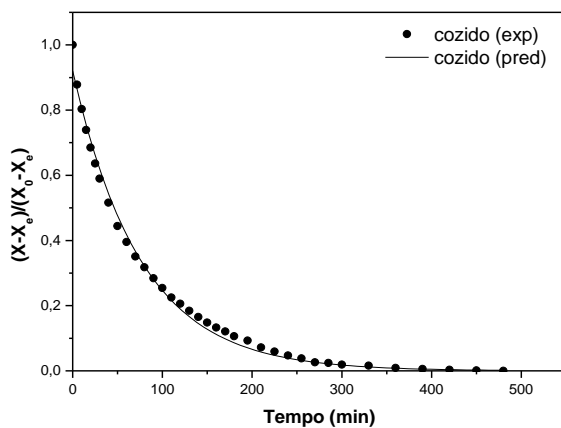


(a)

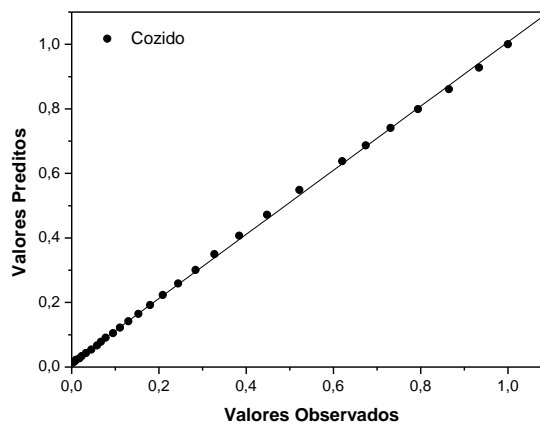


(b)

**Figura 4.12.** Ajuste do modelo de Fick aos dados de secagem do camarão sem processamento: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico de valores observados vs valores preditos.

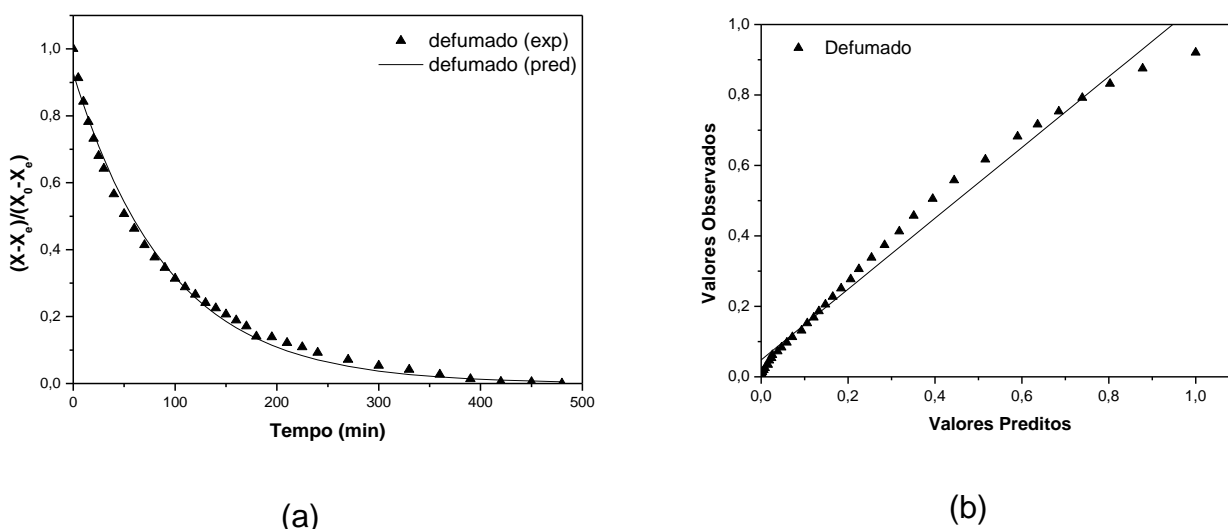


(a)



(b)

**Figura 4.13.** Ajuste do modelo de Fick aos dados de secagem do camarão cozido: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico de valores observados vs valores preditos.



**Figura 4.14.** Ajuste do modelo de Fick aos dados de secagem do camarão defumado: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico de valores observados vs valores preditos.

Foi possível também verificar através da regressão linear (Figuras 4.12b, 4.13b e 4.14b) a qualidade geral das previsões do modelo de Fick, comparando os valores preditos da umidade adimensional na secagem das diferentes amostras de camarão, com valores experimentais. Os valores de  $R^2$  encontrados foram de 0,9955, 0,9997 e 0,9908 para as amostras de camarão sem processamento, cozido e defumado, respectivamente. Pela análise deste parâmetro, pode-se ressaltar a boa aplicabilidade do modelo de Fick aos dados experimentais obtidos na secagem, sendo o melhor ajuste observado para a amostra de camarão cozido.

**Tabela 4.9.** Difusividade efetiva do camarão sem processamento, cozido e defumado.

Amostra	Difusividade ( $m^2/s$ )	$R^2$	P	$\chi^2$	Tempo (min)
Sem processamento	$4,3176 \times 10^{-9}$	0,9997	10,00	$8,45478 \times 10^{-4}$	480
Cozido	$8,8518 \times 10^{-7}$	0,9946	20,28	$4,52229 \times 10^{-4}$	300
Defumado	$5,9568 \times 10^{-9}$	0,9935	14,91	$5,64704 \times 10^{-4}$	480

O valor da difusividade nas amostras cozidas de camarão foi significativamente maior que os valores da difusividade das amostras sem processamento e defumadas. Essa baixa resistência à migração de umidade do interior da amostra cozida até sua superfície, que conseqüentemente favoreceu o processo de transferência de massa, pode ter ocorrido devido à formação de poros na musculatura do camarão. Este efeito possivelmente esteja também relacionado a mudanças estruturais dos tecidos musculares, provocadas pelo tratamento térmico de cozimento. No entanto cabe ressaltar que no caso da amostra defumada, apesar da mesma ter sido também submetida previamente ao processo de cozimento, a amostra apresentou valor de difusividade maior que a amostra sem processamento, mas, na mesma ordem de grandeza. Este efeito é justificado como conseqüência da pré-secagem da amostra a 50 °C durante 15 minutos, o que possibilitou a formação de uma superfície insaturada na amostra, favorecendo assim, uma maior velocidade de difusão e de fixação da fumaça líquida nas frações protéicas e lipídicas presentes na musculatura do camarão.

É necessário mencionar que os valores da difusividade encontram-se na ordem de grandeza citada na literatura. Panagiotou et al., (2004) encontraram, para diferentes espécies de pescados, valores de difusividade que variaram de  $10^{-11}$  a  $10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s. Honorato et al., (2005), em seu estudo com secagem de cefalotórax de camarão, obteve valores de difusividade efetiva na faixa de  $3,17 \times 10^{-7}$  a  $1,49 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s, para temperaturas de secagem de 50 a 70 °C. Rodrigues; Tobinaga (1997), secando a baixas temperaturas ( $\approx 27^{\circ}\text{C}$ ), filé previamente defumado de tambacu, encontraram valores de difusividade, em músculos com e sem espinhas, respectivamente, iguais a  $2,41 \times 10^{-10}$  e  $3,77 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s. Oliveira; Rosa; Moraes; Pinto, (2006), na caracterização da secagem de microalgas (*S. platensis*), em camada delgada utilizando escoamento perpendicular do ar a 50 e 60 °C, encontraram valores de difusividade variando de  $2,33 \times 10^{-11}$  a  $3,42 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s. Park (1998), encontrou valores de difusividade efetiva em filés de tubarão de  $1,50 \times 10^{-10}$  a  $2,85 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s, para processos de secagem empregando temperaturas na faixa de 20 a 40°C e Ribeiro (2005), encontrou valores de difusividade efetiva em filés de mapará tratadas previamente com salmoura na faixa de temperaturas de secagem de 40 a 60°C, de  $4,90 \times 10^{-10}$  a  $9,0 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s.



Utilizando-se os valores da difusividade efetiva da umidade e dos tempos de secagem total (Tabela 4.9), para as diferentes condições avaliadas, obteve-se os valores para o número de Fourier mássico ( $F_o = Def \times t/L^2$ ) de 1,51, 1,93 e 2,08, para as amostras de camarão sem processamento, cozida e defumada, respectivamente, verificando que a relação de  $F_o \geq 0,2$  foi estabelecida, assegurando a validade da Equação 13, truncada no primeiro termo (CREMASCO, 1998).

#### 4.7 PROCESSO DE DEFUMAÇÃO LÍQUIDA

##### 4.7.1 Análise de Umidade, atividade de água e textura

Na Tabela 4.10 encontram-se os resultados do comportamento dos parâmetros: atividade de água ( $a_w$ ) e textura (em termos de firmeza), associados às interações das condições estudadas no processo de defumação líquida e secagem do camarão. Na análise destes dados, verificou-se a existência de uma relação diretamente proporcional entre o tempo de secagem e a firmeza da musculatura do camarão.

**Tabela 4.10.** Umidade, atividade de água e textura (em termos de firmeza).

Condições*	Umidade (%, b.u)	Atividade de água ( $a_w$ )	Textura (N)
D1	47,22 <sup>b</sup> ± 0,68	0,928 <sup>b</sup> ± 0,01	31,58 <sup>ab</sup> ± 0,39
D2	33,99 <sup>d</sup> ± 0,78	0,860 <sup>d</sup> ± 0,01	32,75 <sup>ab</sup> ± 2,61
D3	23,70 <sup>e</sup> ± 0,20	0,733 <sup>g</sup> ± 0,01	70,40 <sup>a</sup> ± 9,21
D4	42,83 <sup>c</sup> ± 2,02	0,878 <sup>c</sup> ± 0,01	25,18 <sup>ab</sup> ± 2,26
D5	31,25 <sup>d</sup> ± 1,15	0,739 <sup>f</sup> ± 0,01	47,19 <sup>a</sup> ± 4,08
D6	24,01 <sup>e</sup> ± 0,21	0,733 <sup>g</sup> ± 0,01	60,77 <sup>a</sup> ± 0,93
D7	55,36 <sup>a</sup> ± 1,49	0,957 <sup>a</sup> ± 0,06	15,68 <sup>b</sup> ± 1,52
D8	45,54 <sup>b</sup> ± 0,20	0,930 <sup>b</sup> ± 0,02	22,97 <sup>ab</sup> ± 0,84
D9	42,55 <sup>c</sup> ± 1,38	0,851 <sup>e</sup> ± 0,01	23,28 <sup>ab</sup> ± 0,38

\*Médias com letras em comum na mesma coluna não diferem entre si no nível de 5%

Roça (2007) atribuiu esse efeito de firmeza da carne à perda de água e à desnaturação de algumas proteínas, por exemplo, as miofibrilares (estrutura da carne), que começam a se desnaturar em temperaturas em torno de 45-50 °C, aumentando assim a força de cisalhamento e conseqüentemente a firmeza da carne. O efeito da perda de água pode ser melhor observado para os ensaios D3 e D6. Estes ensaios possuem os menores valores de umidade e conseqüentemente valores mais elevados de textura. Pittia; Nicoli; Sacchetti (2007), observaram em seu estudo com grãos de café, que em maiores valores de umidade e atividade de água, os grãos tornam-se mais macios, ou seja, possuem menor firmeza.

#### **4.7.2 Análise de cor**

A Tabela 4.11 apresenta os resultados da cor instrumental obtidos para as diferentes condições de defumação do camarão.

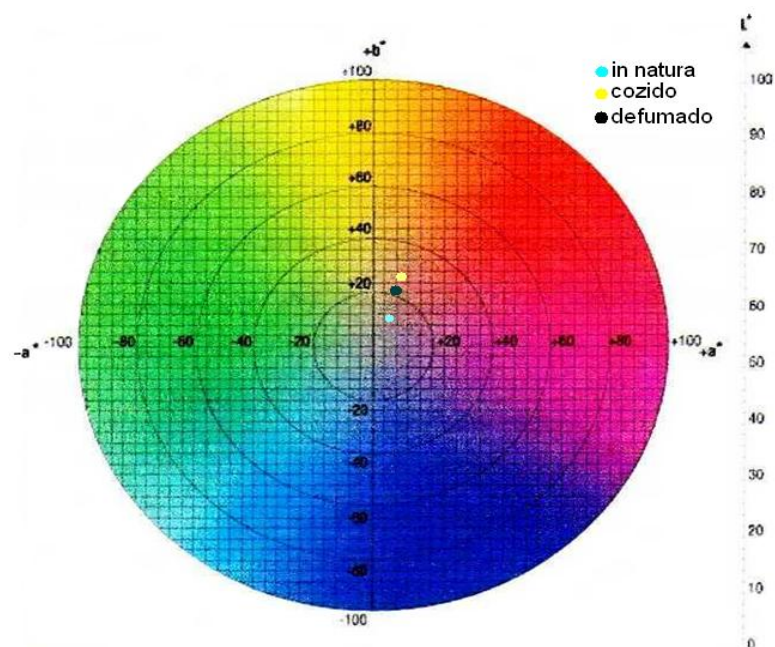
O parâmetro L apresentou decréscimo, com o aumento das concentrações de fumaça líquida e tempo de secagem. Como este parâmetro varia de preto (mínimo = 0) a branco (máximo = 100), pode-se afirmar que as amostras ficaram mais escuras, principalmente devido ao aumento do tempo de secagem, como se pode observar nos ensaios D3, D6 e D9, que correspondem ao maior tempo de secagem (2 horas). Os parâmetros a e b apresentaram comportamento semelhante ao L, tendendo a um maior alcance da cor vermelha (parâmetro a) e um maior alcance da cor amarela (parâmetro b).

**Tabela 4.11.** Cor instrumental do camarão defumado.

Condições	L	a	b	$\Delta E$
D1	99,44 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01	9,17 <sup>c</sup> $\pm$ 0,02	18,79 <sup>abc</sup> $\pm$ 0,1	44,66 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1
D2	99,95 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01	9,70 <sup>c</sup> $\pm$ 0,02	14,09 <sup>d</sup> $\pm$ 0,02	48,53 <sup>b</sup> $\pm$ 0,1
D3	57,70 <sup>b</sup> $\pm$ 0,02	11,75 <sup>b</sup> $\pm$ 0,1	20,12 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,04	15,15 <sup>c</sup> $\pm$ 0,01
D4	47,89 <sup>cd</sup> $\pm$ 0,01	11,93 <sup>b</sup> $\pm$ 0,03	18,70 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,1	16,63 <sup>c</sup> $\pm$ 0,01
D5	48,07 <sup>cd</sup> $\pm$ 0,06	12,67 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,01	19,59 <sup>abc</sup> $\pm$ 0,01	17,52 <sup>c</sup> $\pm$ 0,01
D6	50,48 <sup>c</sup> $\pm$ 0,01	13,46 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01	20,97 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01	17,95 <sup>c</sup> $\pm$ 0,01
D7	49,30 <sup>c</sup> $\pm$ 0,1	11,82 <sup>b</sup> $\pm$ 0,01	20,40 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,01	17,02 <sup>c</sup> $\pm$ 0,2
D8	45,34 <sup>d</sup> $\pm$ 0,1	12,00 <sup>b</sup> $\pm$ 0,2	19,07 <sup>abc</sup> $\pm$ 0,2	18,33 <sup>c</sup> $\pm$ 0,1
D9	45,70 <sup>d</sup> $\pm$ 0,01	12,72 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,01	17,54 <sup>c</sup> $\pm$ 0,01	17,66 <sup>c</sup> $\pm$ 0,1

- Médias com letras em comum na mesma coluna não diferem entre si no nível de 5%.

A Figura 4.15, apresenta a representação esquemática da variação da cor do camarão sem processamento, cozido e defumado.



**Figura 4.15.** Representação esquemática da variação de cor entre o camarão sem processamento, cozido e defumado.

Bressan et al., (2007) destacam que a coloração dos produtos defumados varia de amarelo-dourado-claro até um marrom escuro, e que essa cor característica é obtida pela reação de carbonilas presentes na composição da fumaça, com os grupos amino livre das proteínas ou outros compostos nitrogenados da matéria prima.

Ribeiro (2005) estudando a secagem de filés de mapará observou a influência do tempo e da temperatura de secagem na cor dos filés, verificando uma diminuição da luminosidade e aumento dos parâmetros a e b.

#### 4.7.3 Análise Sensorial

Os resultados obtidos na análise sensorial do camarão defumado são descritos na Tabela 4.12, e o histograma de distribuição das notas na Figura 4.16, levando em consideração apenas o atributo sabor.

**Tabela 4.12.** Aceitação sensorial do atributo sabor das amostras de camarão defumado. (valores em notas).

Condições	Atributo - Sabor	Índice de aceitação (%)
D1	7,62 <sup>a</sup> ± 1,00	84,72
D2	6,62 <sup>f</sup> ± 0,98	78,51
D3	6,48 <sup>g</sup> ± 1,09	77,39
D4	6,85 <sup>e</sup> ± 0,90	82,75
D5	6,62 <sup>f</sup> ± 1,12	78,88
D6	6,45 <sup>h</sup> ± 1,03	77,40
D7	7,37 <sup>c</sup> ± 1,08	81,90
D8	7,46 <sup>b</sup> ± 1,05	83,87
D9	7,31 <sup>d</sup> ± 1,20	81,26

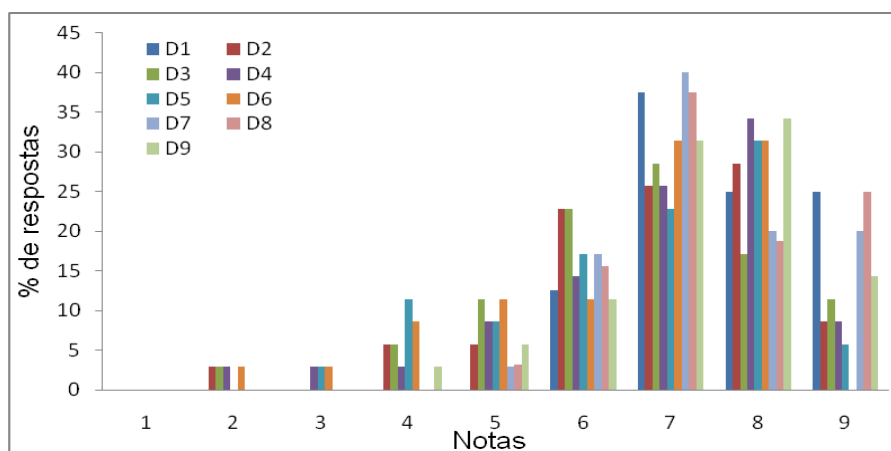
- Valores das médias expressos com seus desvios padrão.

- Médias com expoentes diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística ( $p \leq 0,05$ )

A análise de variância e teste de Tukey para a análise sensorial realizada nos camarões defumados em diferentes condições demonstrou haver diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) para o atributo sabor. A maioria das notas atribuídas pelos provadores manteve-se entre gostei muitíssimo e gostei, demonstrando uma boa aceitabilidade do produto. Os índices de aceitação das amostras foram superiores a 75%, sendo o

camarão defumado nas condições de 2% de fumaça líquida e 1 hora de secagem, o que obteve maior percentual de aceitação (84,72%), sendo, portanto realizado para este ensaio a posterior avaliação de suas características físicas durante a estocagem.

Segundo Teixeira; Meinert; Barbeta (1987), para que o produto seja considerado aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que se obtenha um índice de aceitabilidade mínimo de 70 %.



**Figura 4.16.** Histograma de frequência dos valores atribuídos.

#### 4.8 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO CAMARÃO COZIDO E DEFUMADO

Os valores encontrados nas diferentes determinações de umidade, proteína, lipídeos, cinzas e atividade de água, após as etapas de cozimento, defumação e secagem do camarão, estão apresentadas na Tabela 4.13.

**Tabela 4.13.** Resultados das análises físico-químicas.

<b>Determinações*</b>	<b>Sem processamento (Produto fresco)</b>	<b>Defumado (Produto final)</b>
Umidade (%)	76,54 ± 0,30	47,56 ± 0,21
Proteína (%)	19,73 ± 0,10	40,31 ± 1,04
Lipídeos (%)	2,18 ± 0,26	4,15 ± 0,61
Cinzas (%)	1,44 ± 0,07	7,75 ± 0,01
Atividade de água ( $a_w$ )	0,987	0,928

\* Valores médios de três replicatas em base úmida.

Analisando estes dados verificou-se que, após o processo de cozimento, defumação líquida e secagem, ao qual o camarão foi submetido, ocorreram alterações na relação percentual dos componentes da matéria-prima sem tratamento, pois ao reduzir a quantidade de água e de outros componentes voláteis ocorre um aumento das concentrações de lipídeos, proteínas e cinzas.

As etapas do processamento alteraram o conteúdo de umidade de 76,54% para 47,56%, abaixo dos 65%, o que é recomendado para produtos defumados (MORAIS et al., 1996). O acréscimo nos teores de proteínas, lipídeos e cinzas observados no produto final, em relação à matéria-prima sem processamento, decorrente da desidratação muscular ocorrida em função da defumação e secagem, estão de acordo com os dados publicados na literatura (COSTA et al., 2008; SOUZA et al, 2004; GONÇALVES; PRENTICE, 1999).

O valor protéico encontrado no camarão defumado foi de 40,31%, superior ao encontrado para a matéria-prima sem processamento (19,73%), demonstrando que apesar das perdas de determinadas frações protéicas (proteínas solúveis) durante a etapa de cozimento, o camarão defumado (produto final) se caracteriza como uma excelente fonte de proteína animal na alimentação humana. Verificou-se também que os teores de lipídios e de cinzas aumentaram de 2,18% para 4,15% e de 1,44% para 7,75% respectivamente. A gordura do pescado é importante nutricionalmente, pois é

uma fonte natural de ácidos graxos não saturados, entretanto, pode apresentar relação inversa com o tempo de conservação, se acondicionada de forma inadequada. Segundo Oetterer (2002) as gotículas de gordura ajudam na retenção dos componentes antioxidantes e aromáticos presentes na fumaça. Isso pode explicar a melhor aceitação do produto final (aparência e sabor), além de aumentar a vida útil do produto. Cabe mencionar, em relação ao aumento no teor de cinzas, que este se deveu a imersão em solução salina. Comportamento semelhante foi observado por Gonçalves; Prentice (1998), na defumação líquida de Anchova (*P. saltatrix*).

A atividade de água ( $a_w$ ) sofreu um decréscimo de, aproximadamente, 6% desde a condição de matéria-prima até o produto final (defumado), sendo este valor final de 0,928, que de acordo com a Tabela 2.7, seria suficiente para suprimir o crescimento de algumas bactérias patogênicas, como o *Clostridium botulinum* por exemplo.

#### 4.9 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DO CAMARÃO COZIDO E DEFUMADO

Do ponto de vista sanitário o camarão cozido e defumado apresentou qualidade satisfatória, com a contagem de microrganismos de acordo com os padrões legais vigentes estabelecidos pela resolução RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001, da agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA), o que garante o cuidado das boas práticas usadas durante o preparo da matéria-prima e nos testes experimentais relacionados aos processos de cozimento, defumação e secagem, visando à elaboração de um produto de qualidade. Os resultados das análises são apresentados na Tabela 4.14.

**Tabela 4.14.** Caracterização microbiológica do camarão (*Macrobrachium amazonicum*) defumado.

Análises	Legislação	Legislação	Resultado	
	Sem processamento	Defumado	Matéria-prima	Produto
Salmonella sp (em 25g)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes (NMP**/g)	10 <sup>2</sup>	10	< 3	< 0,03
Staphylococcus aureus (UFC*/g)	5 x 10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>1</sup>	< 1 x 10 <sup>1</sup>

\*UFC = Unidade formadora de colônia.

\*\*NMP = Número mais provável.

Para *Staphylococcus aureus* o limite determinado pela legislação para pescados defumados é de 10<sup>2</sup> UFC/g. O camarão defumado submetido à análise apresentou contagem < 1 x 10<sup>1</sup> UFC/g, estando, portanto dentro do limite estabelecido pela legislação. Também na Tabela 4.14, assim como a matéria-prima, o produto final apresentou ausência de *Salmonella* e contagem de coliformes abaixo do limite máximo permitido que é de 10 NPM/g, estando portanto dentro dos limites estabelecidos pela legislação e indicando boas condições de manipulação durante as etapas de processamento do camarão regional (sem contaminações cruzadas).

#### 4.10 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS

A Tabela 4.15 mostra os perfis de ácidos graxos obtidos para o camarão sem processamento e para todos os ensaios de defumação, a partir da musculatura abdominal dos mesmos.



**Tabela 4.15.** Perfil de ácidos graxos para o camarão sem processamento e defumado.

Ácido graxo	Padrão*	Concentração g/100g								
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
C14:0	2,29	1,70	1,48	1,57	1,52	2,04	1,45	1,38	1,51	1,55
C14:1	1,84	1,60	1,34	1,20	1,65	1,73	1,34	1,48	1,38	0,29
C16:0	16,86	12,05	10,93	10,55	12,55	15,07	12,30	11,37	11,34	8,83
C16:1	1,60	1,25	1,15	0,91	1,15	1,32	1,01	1,02	1,26	0,74
C18:0	10,72	6,02	5,73	5,60	6,44	8,51	7,21	6,22	6,28	4,05
C18:1n-9	12,19	10,51	8,76	9,26	10,34	11,16	8,94	9,43	9,26	8,55
C18:1n-7	1,95	1,62	1,37	1,35	1,72	1,78	1,65	1,47	1,38	1,57
C18:2	5,85	4,46	4,24	3,81	4,94	4,57	3,89	3,39	3,79	4,98
C18:3	1,29	0,98	0,88	0,97	1,06	1,59	1,26	1,17	1,07	1,35
C20:0	0,57	-	-	-	-	0,30	-	-	-	0,06
C20:1	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C20:2	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C20:4	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C20:5	6,08	3,76	4,15	3,73	5,42	5,51	4,38	4,79	4,86	3,76
EPA										
C22:1	6,64	6,37	5,04	4,45	6,62	6,34	4,97	5,58	5,37	6,34
C22:6	1,19	1,02	0,66	0,73	1,12	0,93	0,79	0,97	0,92	0,87
DHA										
C24:0	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C24:1	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΣAGPI	13,95	11,44	9,94	9,27	12,56	12,63	10,34	10,34	10,66	11,83
ΣAGMI	24,41	21,83	17,69	17,19	21,50	22,36	17,94	19,01	18,67	23,28
ΣAGS	30,56	19,78	18,16	17,73	20,54	25,93	20,97	18,98	19,15	28,98
Σn-3	8,56	6,97	5,70	5,45	7,62	8,04	6,45	6,95	6,86	5,98
Σn-6	5,08	4,46	4,24	3,81	4,95	4,57	3,90	3,40	3,79	5,05
AGPI/AGS	0,46	0,57	0,55	0,53	0,61	0,49	0,49	0,54	0,56	0,41
n-6/n-3	0,59	0,64	0,74	0,70	0,65	0,57	0,60	0,49	0,55	0,97

\* Sem processamento

Para o camarão sem processamento foram registradas 18 variedades de ácidos graxos, sendo que para as amostras defumadas foram encontradas apenas 12 variedades.

Os principais ácidos graxos encontrados no camarão sem processamento foram o palmítico-16:0 (16,86g/100g), esteárico-18:0 (10,72g/100g), oléico-18:1n-9 (12,19g/100g) e o linoléico-18:2n-6 (5,85g/100g) e para os defumados foram palmítico-16:0, variando de 8,83 a 15,07g/100g; o esteárico-18:0, variando de 4,05 a 8,51g/100g;

oléico-18:1n-9 variando de 8,55 a 11,16g/100g e o Docosenóico-22:1 variando de 4,45 a 6,62g/100g. Bragagnolo; Rodriguez-Amaya (2001) observaram, em camarões de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*), um total de 40 ácidos graxos. Furuya et al., (2006) em seu estudo utilizando o cefalotórax da mesma espécie de camarão, observou a presença de 22 ácidos graxos, com maior frequência para os mesmos ácidos graxos encontrados neste estudo. Cabe ressaltar que a determinação do perfil de ácidos graxos foi realizada apenas com a musculatura abdominal do camarão, justificando assim uma menor quantidade de ácidos graxos encontrada.

Os teores de ácidos graxos para os camarões cozidos e defumados foram inferiores aos encontrados na matéria prima sem processamento, demonstrando a grande influência do processamento na quantidade de ácidos graxos presentes. Ferreira et al., (2004) observaram que os métodos de processamento a que a matéria-prima é submetida, influenciam diretamente na composição química e no teor de ácidos graxos encontrados. Segundo Fellows (2006), o calor possui uma grande influência no processamento de alimentos, pois, além de aumentar sua vida de prateleira pela destruição de enzimas e microrganismos, pode também alterar a qualidade nutricional e sensorial do mesmo.

A Tabela 4.16 demonstra o percentual de redução das somatórias de ácidos graxos do camarão regional cozido e defumado em comparação com a amostra sem processamento.

**Tabela 4.16.** Percentual de redução das somatórias de ácidos graxos.

Somatórias	% de Redução								
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
ΣAGPI	18	28	33	10	9	25	25	23	15
ΣAGMI	10	27	29	12	8	26	22	23	5
ΣAGS	35	40	41	32	15	31	37	37	5
Σn-3	18	33	36	11	6	25	19	20	30
Σn-6	12	17	25	3	10	23	33	25	0,6

Através da análise da Tabela 4.16, observa-se que a amostra D3 obteve a maior porcentagem de redução de ácidos graxos em relação à amostra sem processamento, para as somatórias de AGPI, AGMI, AGS e n-3. As amostras D5 e D9 foram as que obtiveram as menores porcentagens de redução, sendo a amostra D5 para as somatórias de AGPI e n-3 e a amostra D9 para as somatórias de AGMI, AGS e n-6.

Os teores dos ácidos graxos eicosapentaenóico (EPA - 20:5n-3), docosahexaenóico (DHA - 22:6n-3) e linolênico (LNA - 18:3n-3) encontrados no camarão regional sem processamento e cozidos e defumados foram inferiores aos obtidos para a mesma espécie, no estudo realizado por Furuya et al., 2006.

Conforme Mahan; Escott-Stumpf (1998) o EPA e o DHA são precursores de prostaglandinas, tromboxanos e prostaciclina, grupo de componentes semelhantes aos hormônios, que participam na regulação da pressão sanguínea, frequência cardíaca, dilatação vascular, coagulação sanguínea, lipólise, resposta imunológica e sistema nervoso central.

Tocher; Ghioni (1999) realizaram um levantamento sobre a demanda de ácidos graxos essenciais (AGE) em peixes e constataram que os camarões de água doce possuem todas as enzimas que são capazes de alongar e dessaturar os ácidos graxos precursores dessas substâncias. Os teores do ácido linoléico (LA -18:2n-6) (5,85g/100g) e linolênico (LNA-18:3n-3) (1,29g/100g) encontrados no camarão regional sem processamento indicam que sua carne constitui fonte potencial de AGE, e a presença destes mesmos ácidos nos camarões defumados, sugere que os mesmos continuam sendo fonte de AGE, não sendo estes afetados diretamente pelo processamento a que foram submetidos.

Segundo Tocher; Ghioni (1999) é recomendado que o valor da razão AGPI/AGS seja no mínimo 0,45. Valores inferiores a este, caracterizam alimentos pouco saudáveis, especialmente em relações às doenças cardiovasculares. Andrade et al., (1997) determinaram esta relação no tecido muscular de várias espécies de água doce

no Brasil, sendo a espécie cascudo abacaxi (*Megalobancistrus aculeatus*) a que obteve valor mais próximo (0,52) aos encontrados neste estudo.

#### 4.11 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CAMARÃO DEFUMADO DURANTE ESTOCAGEM

Com a determinação da amostra de camarão defumado otimizada através de análise sensorial (2%f./1h), realizou-se a avaliação das características físicas da mesma, em condições de refrigeração ( $\approx 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Os parâmetros: umidade, textura e atividade de água, obtidos no estudo, são apresentados na Tabela 4.17.

**Tabela 4.17.** Parâmetros de umidade, textura (em termos de firmeza) e  $a_w$ .

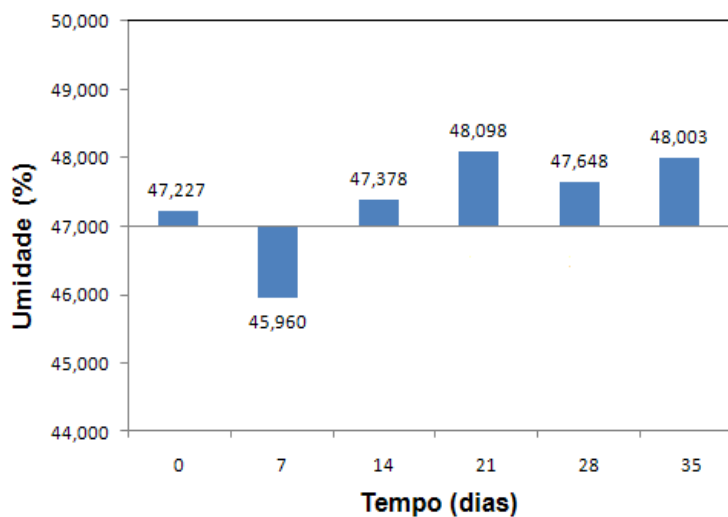
Tempo (dias)	Umidade (%)	Textura (N)	$a_w$
0	47,22 <sup>a</sup> $\pm$ 0,68	31,58 <sup>b</sup> $\pm$ 0,39	0,928 <sup>c</sup> $\pm$ 0,001
7	45,96 <sup>b</sup> $\pm$ 0,42	45,41 <sup>a</sup> $\pm$ 3,04	0,936 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,006
14	47,37 <sup>a</sup> $\pm$ 0,22	44,32 <sup>a</sup> $\pm$ 4,27	0,939 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,002
21	48,09 <sup>a</sup> $\pm$ 0,11	47,73 <sup>a</sup> $\pm$ 3,85	0,939 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,001
28	47,64 <sup>a</sup> $\pm$ 0,40	46,48 <sup>a</sup> $\pm$ 4,65	0,941 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,001
35	48,00 <sup>a</sup> $\pm$ 0,11	48,65 <sup>a</sup> $\pm$ 3,04	0,943 <sup>a</sup> $\pm$ 0,001

Valores das médias expressos com seus desvios padrão.

Médias com expoentes diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística ( $p \leq 0,05$ )

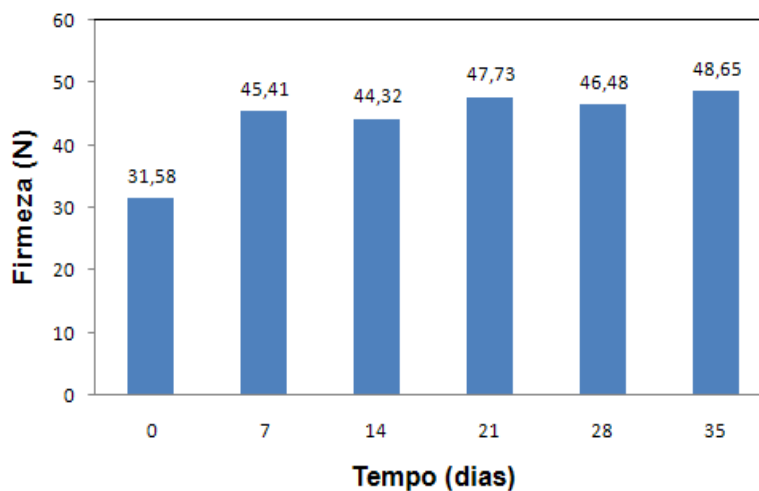
O camarão defumado não apresentou diferença significativa entre os pontos para a análise de umidade, apresentando ao final do tempo de estudo (35 dias) uma umidade com acréscimo de 1,62%, da amostra inicial (0 dias).

A Figura 4.17 demonstra a variação do teor de umidade para o camarão defumado em 35 dias de armazenagem sobre refrigeração. Segundo o teste de Tukey, pode-se observar, que não houve variação significativa entre os pontos estudados, havendo apenas no tempo de 7 dias, um decréscimo no teor de umidade do produto, que pode ser atribuído a um possível erro de análise.



**Figura 4.17.** Variações do teor de umidade do camarão defumado em 35 dias de armazenagem.

Para o parâmetro textura (em termos de firmeza), observa-se que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ), entre o tempo inicial e os demais tempos de estudo, com um acréscimo de 35,09% na textura, entre o ponto inicial e final (Figura 4.18).

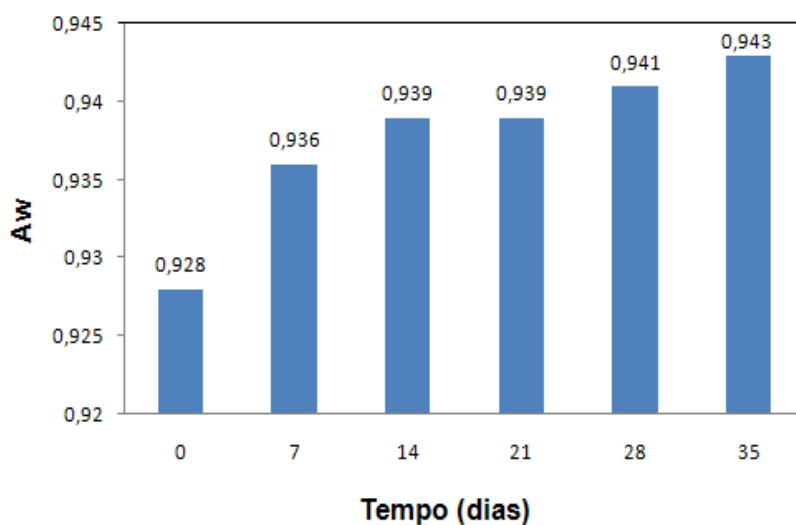


**Figura 4.18.** Variações da textura em termos de firmeza do camarão defumado em 35 dias de armazenagem.

Fellows (2006) relata que a principal mudança em alimentos que passam por processos de secagem, ocorre principalmente na textura, devido principalmente a

agregação e desnaturação de proteínas e perda da capacidade de retenção de água, o que leva ao endurecimento dos tecidos musculares.

A atividade de água apresentou 1,60% de acréscimo entre os pontos iniciais e finais de estudo. A Figura 4.19 mostra essa variação ao longo dos dias de estudo. Vale ressaltar que a atividade de água do produto já era bastante elevada (acima de 0,9), desde o tempo inicial do estudo. Houve diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ), entre os dias de estudo inicial e final.



**Figura 4.19.** Variações da atividade de água para o camarão defumado em 35 dias de armazenagem.

A Tabela 4.18 e a Figura 4.20 apresentam os resultados dos parâmetros L, a e b e a variação total de cor  $\Delta E$  durante os 35 dias de armazenagem.

**Tabela 4.18.** Parâmetros de cor (L, a, b e  $\Delta E$ ) para o camarão defumado.

Tempo (dias)	L	a	b	$\Delta E$
0	99,44 <sup>a</sup> ± 1,71	9,17 <sup>b</sup> ± 0,32	18,79 <sup>a</sup> ± 0,57	-
7	97,89 <sup>a</sup> ± 0,83	8,76 <sup>c</sup> ± 0,38	14,95 <sup>c</sup> ± 0,91	5,60 <sup>a</sup> ± 2,99
14	100,65 <sup>a</sup> ± 1,27	12,15 <sup>a</sup> ± 0,46	15,97 <sup>c</sup> ± 0,52	4,23 <sup>b</sup> ± 0,41
21	100,04 <sup>a</sup> ± 3,09	11,46 <sup>a</sup> ± 0,40	18,22 <sup>a</sup> ± 1,12	4,11 <sup>b</sup> ± 0,16
28	82,41 <sup>b</sup> ± 2,78	11,65 <sup>a</sup> ± 0,30	19,43 <sup>a</sup> ± 0,50	20,35 <sup>c</sup> ± 0,63
35	82,07 <sup>b</sup> ± 1,92	9,88 <sup>b</sup> ± 0,62	15,89 <sup>bc</sup> ± 0,96	18,29 <sup>d</sup> ± 3,70

\* Valores das médias expressos com seus desvios padrão.

Médias com expoentes diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ).

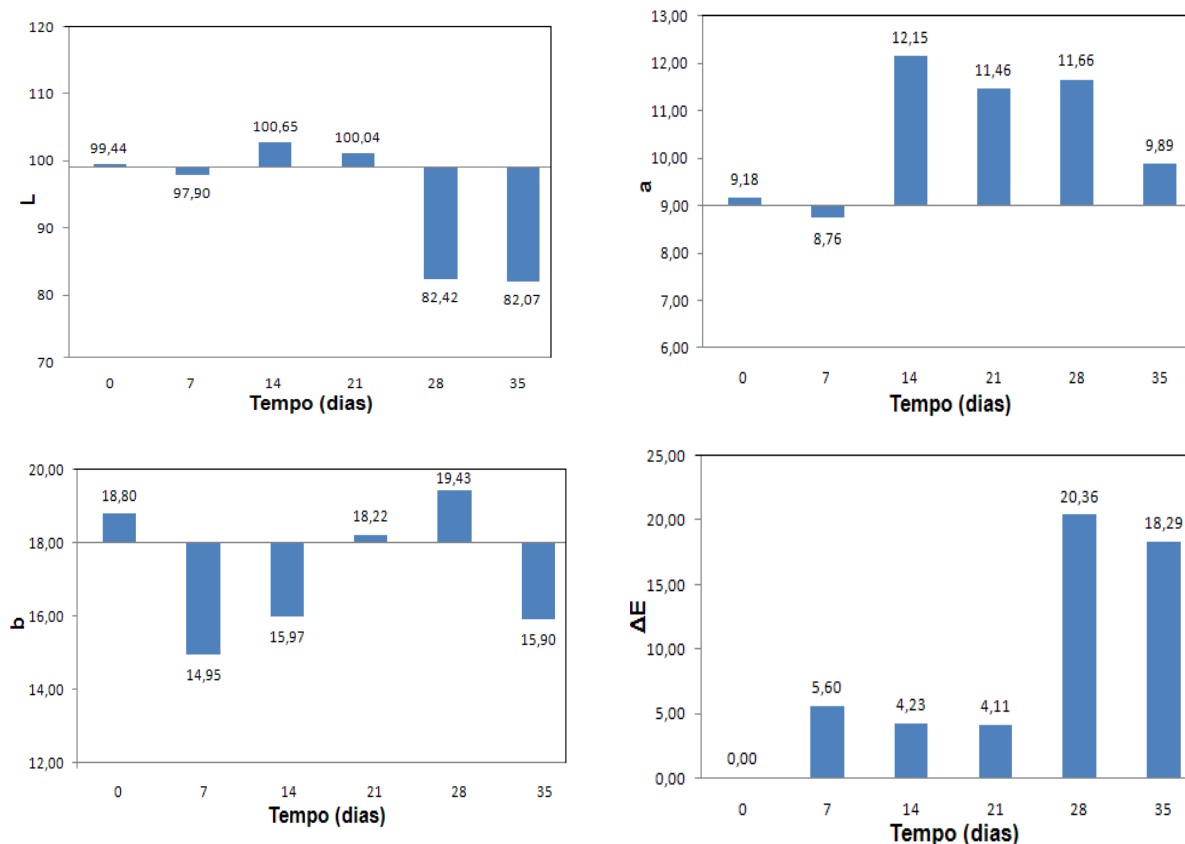
Para os tempos de 0, 7, 14 e 21 dias de armazenamento, não houve diferença significativa entre as amostras ( $p \leq 0,05$ ) para o parâmetro luminosidade (L). Como este parâmetro varia de branco (máximo) a preto (mínimo), pode-se afirmar que as amostras apresentaram uma cor mais clara até 21 dias de armazenamento.

No tempo final do estudo (28 e 35 dias) pôde-se observar um decréscimo no valor da luminosidade (amostras mais escuras), apresentando diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) da amostra inicial (tempo 0).

Observa-se para o parâmetro a, um acréscimo entre os dias 7 e 28 de armazenamento, porém, sem variação ao final de 35 dias de estudo. Para o parâmetro b verificou-se também um acréscimo entre os dias 7 e 28 de armazenamento, sendo que ao final dos 35 dias houve um decréscimo significativo.

A maior diferença de cor ( $\Delta E$ ) nas amostras ocorreu no 28° dia de estudo (20,36), seguida do 35° dia de estudo (18,29). As alterações na cor do camarão defumado podem ser devidas principalmente pela oxidação do pigmento astaxantina, durante a secagem do produto pela perda de água, porém, segundo Fellows (2006), o armazenamento sob refrigeração e o uso de embalagem com atmosfera modificada

(vácuo), reduzem o contato do pigmento com o oxig nio e conseqüentemente a sua deterioração.



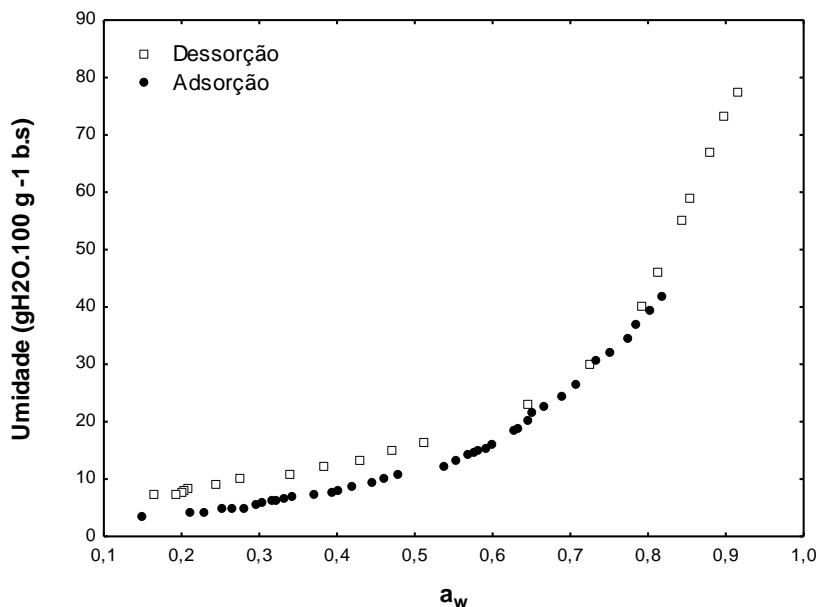
**Figura 4.20.** Acompanhamento das variações do parâmetro de luminosidade (L), das variáveis de cromaticidade (a e b) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) para o camarão defumado durante 35 dias de armazenagem.

#### 4.12 ISOTERMAS DE SORÇÃO

Os dados de adsorção e dessorção de umidade para o camarão defumado, obtidos a 25  C são apresentados na Tabela 4.19 (Apêndice 1). Durante a obtenção dos dados de adsorção, foram observadas visualmente alterações nas características do produto como: alteração da cor, cheiro desagradável e degradação da amostra, registrado a partir da  $a_w$  de 0,82, sendo os pontos obtidos a partir deste nível, descartados da representação da isoterma de adsorção. As isotermas de sorção de



umidade do produto estão apresentadas na Figura 4.21, evidenciando o efeito da histerese.



**Figura 4.21.** Isotermas de sorção do camarão defumado a 25 °C

A isoterma de sorção do produto apresentou o comportamento de isotermas do tipo III, de acordo com a classificação descrita pela Lupac (1985). O mesmo comportamento foi observado por Molina-Filho et al., (2006) na obtenção de isotermas de sorção de carne de tampaqui pré-desidratada osmoticamente. Segundo Assunção; Pena (2007), produtos que são ricos em proteínas e/ou amido, normalmente apresentam isotermas do tipo II, como é o caso do produto em questão, que apresentou 40,31% de proteínas em sua composição. Porém, pode ter havido neste caso influência da adição de sal durante o processamento da amostra. Segundo Rahman (1995), as isotermas de tipo III são típicas de produtos ricos em componentes solúveis tais como açúcar ou sal no alimento.

Observa-se, também, na Figura 4.21 o efeito de histerese. Segundo Labuza; Tannenbaum; Karel (1968) este efeito inicia-se na região de condensação capilar ( $a_w \approx$

0,8) e se prolonga até a região da monocamada ( $a_w \approx 0,2$ ). Neste caso a histerese inicia-se em torno de 0,65 e segue até a região da monocamada.

Analisando a isoterma de adsorção, observa-se que a variação da umidade, assume um comportamento exponencial, em uma atividade de água já de 0,4. Portanto este comportamento indica que em ambientes com umidade relativa superior a 40%, este produto pode estar susceptível a processos deteriorativos expirando assim maiores cuidados em sua manipulação e armazenamento.

Com base nos dados de adsorção da Tabela 4.19, o produto apresentará estabilidade microbiológica ( $a_w < 0,6$ ) se apresentar valores de umidade abaixo de 16g/100g (b.s), na temperatura estudada. Valor esse acima do observado por Assunção; Pena (2007), em seu estudo com resíduo de camarão rosa seco (13 g/100g.).

Os valores de umidade equivalente à monocamada ( $m_o$ ) e das demais constantes para adsorção e dessorção, calculados pela equação de Anderson (menor valor de P) são descritas na Tabela 4.20.

**Tabela 4.20.** Parâmetros para os dados de sorção de camarão defumado.

<b>Equação de Anderson</b>	<b>Adsorção</b>	<b>Dessorção</b>
$m_o$ (g H <sub>2</sub> O.100 g <sup>-1</sup> b.s.)	8,95	11,39
C	1,84	4,23
K	1,00	0,94

Para processos de secagem e armazenagem, o conhecimento da relação entre conteúdo de umidade e a umidade relativa é essencial, visto que as isotermas de sorção de umidade ajudam a estabelecer o teor de umidade final do material (GAL, 1993).

Segundo Assunção; Pena (2007) deve-se tomar como base o valor de  $m_o$  do processo de dessorção, para verificar até que ponto deve-se realizar a secagem do

material em estudo. Portanto, para evitar um gasto desnecessário de energia, é recomendável não secar o material a níveis de umidade inferiores a 11,4g H<sub>2</sub>O/100 g (b.s).

Assunção; Pena (2007) encontraram valores de umidade na monocamada para farinha de resíduo de camarão-rosa de 7,20, 7,45 e 7,21g H<sub>2</sub>O/100g b.s. nas temperaturas de 10 e 25 e 40°C, respectivamente, sendo a estabilidade microbiológica de seu produto assegurada pelo baixo nível de  $a_w$  (inferior a 0,2) encontrado para os respectivos níveis de umidade. O estudo com camarão regional apresentou um valor de monocamada de 11,4 H<sub>2</sub>O/100g b.s, o que corresponde a uma  $a_w$  de 0,4, assegurando a estabilidade microbiológica do produto.

Nas Tabelas 4.21 e 4.22 encontram-se os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios médios relativos (P), para a avaliação dos ajustes dos modelos matemáticos aos dados de adsorção e dessorção do camarão regional cozido e defumado.

**Tabela 4.21.** Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtidos através dos ajustes.

		Nome da equação	Adsorção	Dessorção
<b>Modelos tri-paramétricos</b>		GAB	0,9977	0,9973
		BET	0,9971	0,9865
		Anderson	0,9979	0,9973
		Anderson e Hall	0,9979	0,9970
		Gascoyne e Pethig	0,9911	0,9798
<b>Modelos bi-paramétricos</b>		Halsey	0,9954	0,9945
		BET modificada	0,9979	0,9973
		Oswin	0,9975	0,9963

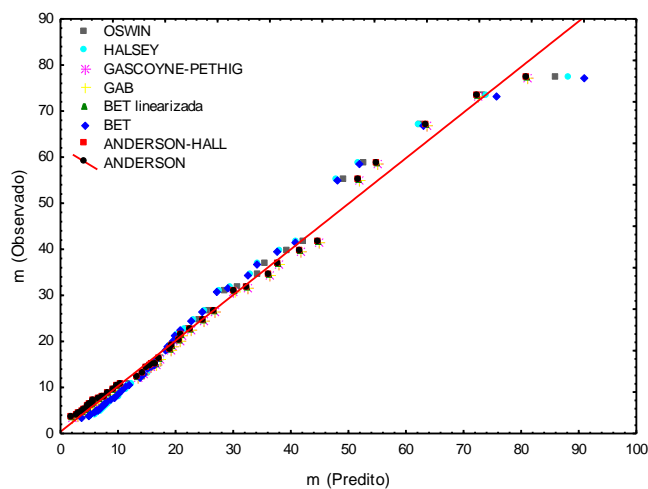
**Tabela 4.22.** Desvios médios relativos (P) obtidos através dos ajustes.

	Nome da equação	Adsorção	Dessorção
<b>Modelos tri- paramétricos</b>	GAB	5,51	6,94
	BET	3,94	8,27
	Anderson	3,94	6,94
	Anderson e Hall	3,94	9,03
	Gascoyne e Pethig	17,24	37,18
<b>Modelos bi- paramétricos</b>	Halsey	6,92	8,34
	BET modificada	3,94	6,94
	Oswin	4,19	7,50

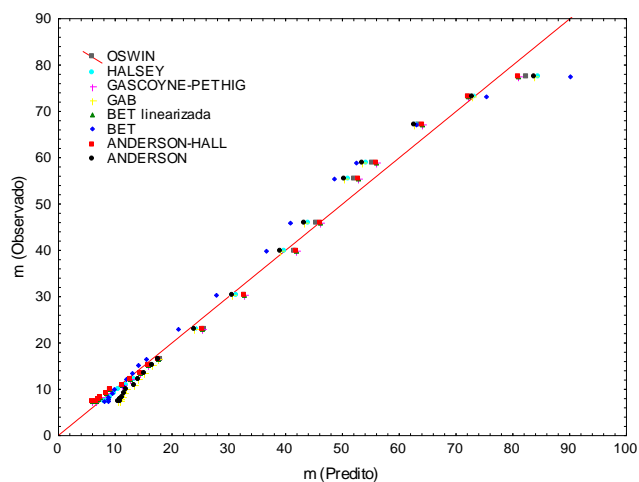
Analisando os valores de  $R^2$  observa-se que todos os modelos se ajustaram aos dados de sorção da farinha de camarão. Embora as equações tenham apresentado valores de  $R^2$  aceitáveis (maiores do que 0,90), foram considerados modelos com bom ajuste, aqueles que apresentaram valor de P inferior a 10%. (RIBEIRO, 2000).

Observa-se na Tabela 4.22, que apenas o modelo de Gascoyne e Pethig, foi o único que não se ajustou para a predição das isotermas de sorção do camarão regional defumado, pois, apresentou valores de P superiores a 10%.

Na Figura 4.22 estão representadas graficamente as correlações entre os valores de umidade (m), obtidos a partir dos dados experimentais e preditos, e os modelos ajustados.



(a)



(b)

**Figura 4.22.** Correlação entre  $m$  experimental e  $m$  predito para (a) adsorção e (b) dessorção.

Observa-se através da Figura 4.22, a concordância dos valores obtidos, reforçando a aplicabilidade da maioria dos modelos na predição das isotermas de sorção do produto em questão.

## 5. CONCLUSÕES

O camarão sem processamento apresentou um bom aproveitamento da musculatura, de 40,5% em média, do peso total dos exemplares analisados. O rendimento do produto final (camarão defumado) foi de 8% em relação ao camarão sem processamento.

O camarão representa uma ótima fonte de proteínas de origem animal, sendo excelente matéria-prima para a realização da defumação líquida.

O camarão sem processamento e o produto final defumado apresentaram-se microbiologicamente apropriados para consumo, de acordo com a RDC n° 12 de janeiro de 2001.

O cozimento dos camarões em soluções salinas demonstrou um aumento do teor de cloretos e da textura, e a condição de cozimento que apresentou os melhores resultados foi o de concentração da solução salina de 7% (p/p), na proporção de camarão solução 1:5 e no tempo de cozimento de 7 minutos.

O processo de cozimento, defumação e secagem alterou as porcentagens dos componentes do camarão sem processamento.

De acordo com a análise sensorial o camarão defumado nas condições de 2% de fumaça líquida e 1 hora de secagem, obteve maior percentual de aceitação (84,72%).

O perfil de ácidos graxos da matéria-prima mostrou presença de 18 variedades, destacando-se o palmítico-16:0 (19,36%), oléico-18:1n-9 (18,36%) e o linoléico-18:2n-6 (13,15%), e os valores das razões AGPI/AGS (ácidos graxos poliinsaturados e ácidos graxos saturados) e  $\omega$ -6/  $\omega$ -3 encontrados foram de 0,85 e 1,0, respectivamente.

O perfil de ácidos graxos dos camarões defumados mostrou a presença de 12 variedades, com destaque para: palmítico-16:0, variando de 22,62 a 24,67%; oléico-18:1n-9 variando de 18,10 a 20,91%; o esteárico-18:0, variando de 11,54 a 14,75% e o Docosenóico-22:1 variando de 10,45 a 12,56%, e os valores das razões AGPI/AGS (ácidos graxos poliinsaturados e ácidos graxos saturados) e  $\omega$ -6/  $\omega$ -3 encontrados foram em média de 0,54 e 0,62, respectivamente.

A regressão não linear do Modelo de Fick, considerando apenas o primeiro termo da série, foi muito boa, sendo o uso do primeiro termo da série da equação de Fick justificado pelo número de Fourier, que segundo a literatura deve ser maior ou igual a 0,2. As difusividades efetivas ficaram na ordem de  $10^{-7}$  e  $10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s.

Na avaliação das características físicas do camarão defumado durante estocagem por 35 dias, observou-se: aumento de umidade na ordem de 1,62%; aumento da textura (em termos de firmeza), de 35,09%; acréscimo da atividade de água de 1,60%; Para os parâmetros de cor, a luminosidade (L) e a intensidade do vermelho (a) não demonstraram diferença significativa entres os dias de armazenamento; o parâmetro b (intensidade do amarelo) obteve um ligeiro decréscimo ao final do tempo de estudo; a maior diferença de cor ( $\Delta E$ ) nas amostras ocorreu no 28° dia de estudo (20,36), seguida do 35° dia de estudo (18,29).

O modelo tri-paramétrico de Gascoyne e Pethig, foi o único que não se ajustou para a predição das isotermas de sorção do camarão regional defumado, por apresentar valores de P superiores a 10%.

## 6. REFERÊNCIAS

ADICON. **Boletim Técnico de Pescado Defumado**. São Paulo, ADICOM Ind. E. Com. de Aditivos Ltda., 7p, 1994.

AGUERRE, R. J.; GABITTO, J. F.; CHIRIFE, J. Utilization of fick second law for the evaluation of diffusion coefficients in food process controlled by internal diffusion. **Journal of Food Technology**, n. 20, p. 623-629, 1985.

ALMEIDA, T. C. A. Determinação do perfil sensorial e parâmetros de qualidade de figos em calda produzidos pela indústria brasileira. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** 1999, vol.19, n.2, pp. 234-240.

ALVES, G. A.; PERIN, V. I.; BRESSAN, C.; MILET, E. B.; SCÁRDUA, J. F.; VIEIRA, L. I. **Tecnologia de Criação do Camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*)**. Manual de Carcinicultura de Água Doce. SEBRAE/ES. Vitória - ES, 2005.

ANDRADE, A. D; VISENTAINER, J. V; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E. Ômega-3 fatty acids in baked freshwater fish from South of Brazil. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 47, n. 1, p. 73-76, 1997.

ANDRADE, V. S. Otimização da produção de carotenóides a partir de fungos filamentosos (Mucorales). Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Ciências Biológicas. Recife. Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

ANVISA (Agência de Vigilância Sanitária). **Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos Para Alimentos**. Resolução – RDC n.12, de 02 de janeiro de 2001. Disponível em <[www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)>. 2001.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**: edited Ig W. Horwitz 16<sup>a</sup> ed. Washington, 850p. v.2. 1997.

ARAÚJO, M. C. Características microbiológica, sensorial e tempo de vida útil de ostras (*Crassostea gigas*) defumadas, Dissertação de Mestrado em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.



ASSUNÇÃO, A. B.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico do resíduo seco de camarão-rosa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 27(4): 786-793, out.-dez. 2007.

BADIANI, A.; STIPA, S.; GATTA, P. P. Lipid composition, retention, and oxidation in fresh and completely trimmed beef muscles as affected by common culinary practices. **Meat Science**, Barking, v. 60, p. 169–186, 2002.

BALABAN, M.; PIGOTT, G.M. Shrinkage in Fish Muscle During Drying. **Journal of Food Science**, v. 51, n. 2, p.510 – 511, 1986.

BARRETO, N. S. E. *Staphylococcus aureus*. In: VIEIRA, H. S. F. **Microbiologia, higiene e qualidade de pescado: teoria e prática**. São Paulo: Varela, 2004. p. 96-102.

BARRETO, P. L. M. **Estudo Histológico, termodinâmico e textural de surimi obtido de carcaças residuais da filetagem industrial de tilapias (*oreochomis 2p*) e de sistemas surimi/amido e surimi/amido/carragena**. 1998. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BARTHEM, R. B.; FABRÉ, N. N. **Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia**. In: RUFFINO, M. L. (coord.). *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira*. IBAMA/PROVÁRZEA. p. 17-62, 2004.

BELLAGHA, S.; AMMAMI, E.; FARHAT, A.; KECHAOU, N. Drying kinetics and characteristic drying curve of lightly salted sardine (*Sardinella aurita*). **Drying Technology**, 20(7), 1527–1538. 2002.

BEUCHAT, L. R. Influence of water activity on growth, metabolic activities and survival of yeasts and molds. **Journal of Food Protection**. 46, p.135–141. 1983.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Proteínas.\_\_\_\_\_. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, cap. 5, p. 79-81. 2001.

BOQUET, R.; CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. On the equivalence of isotherm equations. **Journal of Food Technology**, v. 15, n. 3, p. 345-349, 1980.

BORDERÍAS, A. J.; MONTEIRO, P. Fundamentos de la funcionalidad de las proteínas en alimentos. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, 28(2):159-169, 1988.

BOURNE, M. C. Interpretation of force curves from instrumental texture measurements. In (de Man, J. M.; VOISEY, P. W.; RASPER, V. F.; STAANLEY, D. W. (eds)). **Rheology and texture in food quality**. Westport: Avi, 558 p. 1976.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Total lipid, cholesterol and fatty acids of farmed freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and wild marine shrimp (*Penaeus brasiliensis*, *Penaeus schimitti*, *Xiphopenaeus kroyeri*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.14, n.4, p.359-369, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da **República Federativa do Brasil**, Brasília 10 jan. 2001.

BRENNAM, J. G. **Texture perception and measurement**. In: (PIGGOTT, J. R. (ed)). Sensory Analysis of food. London: Elsevier Applied Science Publ., 1984. p. 59-91.

BRESSAN, M. C.; LODI, F.; FERREIRA, M. W.; ANDRADE, P. L.; BOARI, C. A.; PICCOLI, R. H. Influência da embalagem na vida útil de presuntos fatiados. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 433-438, mar./abr. 2007. Disponível em: <[http://www.editora.ufla.br/revista/31\\_2/art25.pdf](http://www.editora.ufla.br/revista/31_2/art25.pdf)>. Acesso em: 23/01/2008.

BRUNAUER, S.; EMMET, P. H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal American Chemical Society**. v. 60, n. 2, p. 309-319, 1938.

CADUN, A. S.; CAKLI, D.; KISLA, A. A study of marination of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Luscas, 1846), and its shelf life. **Food Chemistry**. v. 90, p. 53-59. 2005.

CANO-LOPEZ, A.; SIMPSON B. K.; HAARD N. F. Extraction of carotenoprotein from shrimp process wastes with the aid of trypsin from Atlantin cod. **Jornal Food Science**. n. 52, p. 503-506, 1987.

CARNEIRO, M. J. M. Defumação de camarão (*Macrobrachium rosenbergii*) utilizando fumaça líquida. **Proposta de Tese de Doutorado**, Departamento de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1996.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 81 p.

CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1 – A review. **Journal of Food Technology**, v. 13, n. 2, p. 159-174, 1978.

COLLART, O. O. Ecologia e potencial pesqueiro do camarão-canela, *Macrobrachium amazonicum*, na bacia Amazônia. In: FERREIRA, E. J. G.; SANTOS, G. M.; LEÃO, E. L. M.; OLIVEIRA, L. A. **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, p.147-166. 1993.

COSTA, A. P. R.; ANDRADE, D. R.; JUNIOR, M. V. V.; CORDEIRO, C. A. M.; SOUZA, G.; JUNIOR, M. E.; SOUZA, C. L. M. Defumação de filés de piau-vermelho (*Leporinus copelandii*) com o uso de fumaça líquida. **Revista Ceres**. 55(4): p. 251-257, 2008.

COULTATE, T. P. Food The Chemistry of its Components. 3<sup>rd</sup> edition, pub. The Royal Society of Chemistry. 1996.

CRANK, J. **The Mathematics of Diffusion**. 2<sup>nd</sup> . edit. Great Britain. Claredon Press, Oxford, 1975.

CREMASCO, M. A. Difusão em regime transiente.\_\_\_\_\_.  
**Fundamentos de transferência de massa**. Campinas: Editora da Unicamp, cap. 5, p. 251-316. 1998.

DEVAHASTIN, S.; TAPANAYASIN, R.; TANSAKUL, A. Hydrodynamic behavior of a jet spouted bed of shrimp. **Journal of Food Engineering**, v. 74, p. 345-351, 2006.

DOE, P. E. **Fish drying & smoking: Production and quality**. 1.ed. Lancaster: Editorial Technomic, 250p. 1998.

DORIA, C. R. C.; QUEIROZ, L. J.; A pesca comercial das sardinhas (*Triportheus* spp.) desembarcadas no mercado pesqueiro de Porto Velho, Rondônia (1990-2004): Produção pesqueira e perfil geral. **Biotemas**, 21 (3): 99-106, 2008.

DUARTE, A. P. P.; SOUSA, I. A. **Obtenção da farinha de camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*) do aproveitamento do cefalotórax (cabeça) e resíduos (casca), para elaboração de produtos destinados à alimentação humana**. Macapá: UFPA, 51p. 2001.

FAO. **Estatísticas da Produção Mundial de Pescado em 2003 – FISHSTAT**, ROMA, 2005.

FELLOWS, P. J. Embalagem. \_\_\_\_\_ . **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2006, cap. 24, p. 473-519.

FERREIRA, M. W., BRESSAN, M. C., VIEIRA, J. O., CHALFIN, L. T. F., SOUZA, R., SILVEIRA, L. S. M. **Perfil de ácidos graxos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas a diferentes métodos de cocção**. In: XIX CBCTA - Ciência e Tecnologia de Alimentos: Estratégia Para o Desenvolvimento, Recife. Resumos, Cdroom 1. 2004.

FOSTER, W. W.; SIMPSON, T.H. Studies of smoking process for food. II. Role of smoke particles. **Journal Science Food Agric**. 12 Sept, 1961.

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

FURUYA, W. M.; HAYASHI, C.; SILVA, A. B. M.; SANTOS JÚNIOR, O. O.; SOUZA N. E.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J. V. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos do camarão-d'água-doce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1577-1580, 2006 (supl.).

GALLART-JORNET, L.; BARAT, J. M.; RUSTAD, T.; ERIKSON, U.; ESCRICHE, I.; FITO, P. A comparative study of brine salting of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Journal of Food Engineering**, Volume 79, Issue 1, Pg. 261-270, March. 2007.

GAL, S. The need for and practical applications of sorption data”, **Physical Properties of Foods**, p. 13-25, 1993.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S.; OLIVEIRA, C. A. F. Aspectos da qualidade do pescado de relevância em saúde pública. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, n. 53, jan/fev. 1998.

GIBSON, D. M. **Preservation technology and Shelf life of fish and fish products**. In: Shelf life evaluation of foods; C.M.D. Man and A. A. Jones. Eds.; Chapman and Hall, London, England 321p. 1992.

GONÇALVES, A. A.; PRENTICE, Hb. **Fumaça Líquida: Uma Tecnologia para Defumar Pescado**. Boletim SBCTA, Rio Grande, 32 (2): 189-199, Set/Dez. 1998.

GONÇALVES, A. A.; PRENTICE, Ha. **Defumação líquida de Anchova (*Pomatomus saltatrix*): Efeito do Processamento nas Propriedades Químicas e Microbiológicas**. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.4, Out/Dez. 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 18 de Dezembro de 2007.

GORBATOV, V. M. Liquid smokes for use in cured meats. **Food Technology**, v. 25, n. 71, p. 71-77, 1971.

GUILBERT, S. ; MORIN, P. Définition et mesure de l'activité de l'eau: revue des méthodes pratiques and critiques théoriques. *Lebensmittel Wiss. Technol.* 19, p. 395–400. 1986.

GUEST, W. C. Laboratory life history of palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, Leiden, v.37, n.2, p. 141-152. 1979.

HONORATO, G. C.; OLIVEIRA, E. L.; ALSINA, O. L; MAGALHAES, M. M. A. Study of the Kinetic Drying Process for Shrimp Cephalothorax. *Información tecnológica*, v.16, n.4, p. 3-10. 2005.

HOSANG, K. **Extração de pigmentos carotenóides a partir de resíduos do processamento de camarão (*Farfantepenaeus paulensis*)**. (Dissertação de Mestrado em ciências dos alimentos) – Departamento de Ciências dos Alimentos do Centro de ciências Agrárias. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

HUIDOBRO, F. R.; MIGUEL, E.; BLÁZQUEZ, B.; ONEGA, E. A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Science*. v.69, n.3, p.527-536, 2005.

IBAMA. **Estatística da pesca nacional 2005: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília, 147 p., 2007.

IGLÉSIAS, H. A.; CHIRIFE, J.; BOQUET, R. Prediction of water sorption isotherms of food models from knowledge of components sorption behavior. *Journal of Food Science*, v. 45, n.3, p. 450-452, 1980.

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry. Reporting physisorption data for gas / solid systems. *Pure & Appl. Chem.*, v. 57, n. 4, p. 603-619, 1985.

JOHNSTON, M. R.; LIN, R. C. **FDA views on the importance of water activity in good manufacturing practice**. In: *Water Activity: Theory and Applications to Food*. Chicago: Institute of Food Technologists, 1987.

KARATHANOS, V. T.; VILLALOBOS, G.; SARAVACOS, G. D. Comparison of two methods of estimation of the effective moisture diffusivity from drying data. **Journal of Food Science**. v. 55, n. 01, p. 218 -223. 1990.

KATSANIDIS, E. Impact of Physical and Chemical Pretreatments on Texture of Octopus (*Eledone moschata*). *Journal of Food Science* - Vol. 69, Nr. 7, 2004.

KATZ, E. E.; LABUZA, T. P. Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. **Journal of Food Science**. 46: p. 403-409. 1981.

KIRSCHNIK, P. G.; VIEGAS, E. M. M. Alterações na qualidade do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* durante estocagem em gelo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 24, n. 3, p. 407-412, 2004.

KOCKEL, T. K.; ALLEN, S.; HENNIGS, C.; LANGRISH, T. A. G. An experimental study of the equilibrium for skim milk powder at elevated temperature. **Journal of Food Engineering**, v.51, p. 291–297, 2002.

KUO, H. C.; LEE, T. C.; CHICHESTER, C.O.; SIMPSON, K. L. The carotenoids in the deep sea red crab, (*Geryon quinquedens*). *Comp. Biochem. Physiol.* v. 54B, p. 387-390, 1976.

LABUZA, T. P.; TANNENBAUM, S. R.; KAREL, M. Water content and stability of low-moisture and intermediate-moisture foods. **Food Technology**. v.24, n.5, p. 543-550. 1970.

LANG, K. W.; STEINBERG, M. P. Calculation of moisture content of a formulated food system to any given water activity. **Journal Food Science**. 45. p.122-1230. 1980

LAGHMARI, H. ELMARAKCHI, A. Organoleptica and physical chemical assessmento of shrimp (*Parapenaeus longirotris*, Lucas, 1846). **Revue de medicine veterinaire**. Toulouse, v. 156, n, 04, p. 221 – 226, 2005.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. Maryland: Aspen Publishers, 1999.

LEE, K. H.; AHN, H. J.; JO, C.; YOON, H. S.; BYUN, M. W. Production of low salted and fermented shrimp by irradiation process. **Journal of Food Science**, 67, 1772–1777. 2002.

LEE H. S.; O'MAHONY, M. Sensory evaluation and marketing: measurement of a consumer concept. **Food Qual Prefer.**; 16:227–35. 2005

LEPAGE, G., ROY, C. C. **Improved recovery of fatty acid through direct transesterification without prior extracting or purification**. J. Lip. Res., Nº 25, p. 1391 – 1396, 1984.

LESSI, E. **Tecnologia do Pescado Salgado In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE SALGA E DEFUMAÇÃO DE PESCADO**, 1995, Campinas. Anais Campinas: ITAL, 1995. p.14-17

LEUNG, H. K. Structure and properties of water. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 26, n. 7, p. 350-352, 1981.

LOPES, T. G. G.; **Efeito sinérgico da radiação gama e da refrigeração na conservação do camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*)**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, SP. 2006.

MACHADO, Z. L. **O camarão marinho, cultivo, captura, conservação e comercialização**. Recife: SUDENE. 249 p. 1988.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMPF, S. **Krause**: alimentos, nutrição e dietoterapia. 9 ed. São Paulo: Roca, 1179 p. 1998.

MAROULIS, Z. B. Application of the GAB model to the sorption isotherms for dried fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 7, n. 1, p. 63-70, 1988.



MARTINS, P. P. **Processamento de lingüiças curadas e cozidas.** 2004. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2004.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques.** 3<sup>rd</sup> ed. Boca Raton: CRC, 1999. 390p.

MEINERT, E. M. **Avaliação sensorial e instrumental da textura de camarão reconstituído.** 1997. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MOJET, J & KÖSTER, E.P. Sensory memory and food texture. **Food Quality and Preference.** v.16, n.3, p.251-266, 2005.

MOLINA-FILHO, L; PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; BARBOZ, S. H. R. Influência da temperatura e da concentração do cloreto de sódio (NaCl) nas isotermas de sorção da carne de tambaqui (*Colossoma macroparum*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, nº 2, abr./jun., 2006.

MONSERRAT, J. M.; MARTÍNEZ, P. E.; GERACITANO, L. A.; AMADO, L. L.; MARTINS, C. M. G.; PINHO, G. L. L.; CHAVES, I. S.; FERREIRA-CRAVO, M.; VENTURA-LIMA, J.; BIANCHINI, A. Pollution biomarkers in estuarine animals: Critical review and new perspectives. **Comp Biochem Physiol C**, v. 146, p. 221-234, 2007.

MORAIS, C.; MACHADO, T. M.; TAVARES, M.; TAKEMOTO, E.; YABICU, H. I.; MARTINS, M. S. Defumação da truta arco-íris: efeitos do processamento e da estocagem nas propriedades físicas, químicas e sensoriais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, 56: 43-48. 1996.

MORAES-RIODADES, P. M. C.; VALENTI, W. C.; PERALTA, A. S. L.; AMORIN, M. D. L. **Carcinicultura de água doce no estado do Pará: situação e perspectivas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 11., 1999; CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ENGENHARIA DE PESCA, 1., 1999, Recife. **Anais...** Recife: Associação dos Engenheiros de Pesca de Pernambuco, v. 2. p. 598-604. 1999.

MORAES-RIODADES, P. M. C.; VALENTI, W. C. Crescimento relativo do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em viveiros. **Revista Brasileira de Zoologia**. 19 (4), 1169-1176. 2002.

MOURA, A.F.P.; TORRES, R.P.; MANCINI-FILHO, J. et al. Caracterização da fração lipídica de amostras comerciais de camarão-rosa. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.52, n.2, p.1-9, 2002.

MULET, A. Drying modeling and water diffusivity in carrots and potatoes. **Journal Food Engineering**, v.22, p.329-348, 1994.

MUZZOLINI, R.; YANG, Y.H.; PIERSON, R. Texture characterization using robust statistics. **Pattern Recognition**. v.27, n.1, p.119-134, 1994.

NÈGRE-SADARGUES, G.; CASTILLO, R.; SEGONZAC, M. Carotenoid pigments and trophic behaviour of deep-sea shrimps (Crustacea, Decapoda, Alvinocatididae) from a hydrothermal area of the Mid-Atlantic Ridge. **Comp. Biochem. Phys. A**. n. 127, p. 293-300, 2000.

NKETSIA-TABIRI, J.; SEFA-DEDEH, S. Optimization of process, conditions and quality of salted dried tilapia (*Oreochromis niloticus*) using response surface methodology. **Journal Sci. Food Agric**. 69(1):117-127. 1995.

NIAMNUY, C.; DEVAHASTIN, S.; SOPONRONNARIT, S. Quality Changes of Shrimp during Boiling in Salt Solution. **Journal of Food Science**, vol. 72, n. 5, p. 289-297, 2007.

ODINETZ-COLLART, O. La pêche crevettière de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) dans le Bas-Tocantins, après la fermeture du barrage de Tucuruí (Brésil). **Rev. Hydrobiol. Trop.**, v.20, n.2, p. 131-144. 1987.

ODINETZ-COLLART, O. Aspectos ecológicos do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) no baixo Tocantins (PA-Brasil). **Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle**. 48 (Supl.): 341-353. 1988.

ODINETZ-COLLART, O.; MOREIRA, L. C. Potencial pesqueiro de *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central (Ilha do Careiro): variação da abundância e do comportamento. **Amazoniana** 12 (3/4):399-414. 1993.

OETTERER, M. Industrialização do pescado cultivado. Guaíba: **Agropecuária**, 200p. 2002.

OGAWA, N. B. P.; SILVA, F. C.; SANTOS-FILHO, C. J. Avaliação e controle da qualidade do pescado. In: OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, Cap. 11, p.175-200. 1999.

OKOS, M. R.; NARSIMHAN, G.; SINGH, R.K.; WITNAUER, A. C. **Food dehydration**. In: HELDMAN, D.R.; LUND, D.B. Lund (Ed.). Handbook of food Engineering. New York: Marcel Dekker, p.437-562. 1992.

OLIVEIRA, E. G.; ROSA, G. S.; MORAES, M. A.; PINTO, L. A. A. **Drying of *Spirulina platensis* in thin layer**. In: 15th International Drying Symposium (IDS 2006), 2006, Budapest. Proceedings of the 15th International Drying Symposium, v. B. p. 1184-1189. 2006.

OLIVEIRA, D. M.; FRÉDOU, T.; LUCENA, F. A pesca no estuário amazônico: Uma análise uni e multivariada. Boletim do Museu Emilio Goeldi, Ciência Naturais. v. 02,n. 02, maio/agosto, p. 11 – 21, 2007.

ORDÓNEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. Vol. II. Porto Alegre: Artmed, 2005.

ORIGIN 7.0. **Origin Lab - Data Analysis and Graphing Software**. US Canadá. 2002

PANAGIOTOU, N. M.; KROKIDA, M. K.; MAROULIS, Z. B.; SARAVACOS, G. D. Moisture diffusivity: literature data compilation for foodstuffs. **International Journal of Food Properties**, 7(2), 273–299. 2004.

PARK, K. J.; NOGUEIRA, R. I. Modelos para ajuste de isotermas de sorção de alimentos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 80-6, 1992.

PARK, K. J. Diffusional model with and without shrinkage during salted fish muscle drying. **Drying Technology**, 16 (3-5), p. 889 – 905. 1998.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (pyrus sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V. 21(1): 73-77, jan.-abr. 2001.

PEDROSA-MENABRITO A.; REGENSTEIN, J. M. Shelf-life extension of fresh fish – A review part I – Spoilage of fish. **Journal of Food Quality**, vol. 11, n. 2, p. 117-127, 1988.

PEDROSA, L. F. C.; COZZOLINO, S. M. F. Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal /RN. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V. 21, n.2, p.154-157, 2001.

PELEG, M. The semantics of rheology and texture. *Food Technology*, nov., p.54-61, 1983.

PENAFORT, J. M. **Cultivo de Macrobrachium amazonicum (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae), do ovo a maturidade sexual, sob diferentes dietas, taxas de estocagem e níveis de salinidade**. 84p. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1992.

PERDIGÃO, N. B.; VASCONCELOS, F. C.; CINTRA, I. H. A; OGAWA, M. Extração de carotenóides de carapaças de crustáceos em óleo. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, v.3, n.1, p. 231-241. 1995.

PEZANTES, D. V. **Estudo das operações combinadas da desidratação osmótica a vácuo, defumação líquida e secagem em filés de Bonito (*Sarda sarda*)**. 2006. 251 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

PIGOTT, G. M.; TUCKER, B. W. **Seafood: effects of technology on nutrition**. New York: Marcel Dekker, 362p. 1990.

PINHEIRO, C. R. **Avaliação física, química e sensorial do pescado curado**, In: **SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE SALGA E DEFUMAÇÃO DE PESCADO**, 1995. Campinas. Anais... Campinas, 1995. p.149-158.

PINTO, L. A. A. **Cinética da secagem de filé de peixe: uso de um modelo difusivo com variações de volume**. São Carlos, 154p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos. 1996.

PITTIA, P.; NICOLI, M. C.; SACCHETTI, G. Effect of moisture and water activity on textural properties of raw and roasted coffee beans. **Journal of texture studies**. V. 38 p. 116–134. 2007.

POLIGNÉ, I.; COLLIGNAM, A.; TRYSTAM, G. Characterization of traditional processing of pork meat into baucaré. **Meat Science**, v.59, n. 4, p. 377-389, 2001.

POTTER, N. N.; HOTCHIKISS, J. H. **Food Science**. 5. ed. New York: Chapman & Hall, 608 p. 1995.

PRIOR, B. A. J. Measurement of water activity in food: A Review. **Journal of Food Protection**, v.42, n.8, p.668-674, 1979.

RAHMAN, M. S. **Food Properties Handbook**. CRC Press. 1st edit, New York, USA, 1995.

REGENSTEIN; J. M.; REGENSTEIN, C. R. **Frozen Fish**. In: **Introduction to Fish Technology**. New York: An Osprey Book, Cap. 07, p. 104 – 119, 1991.

RIBEIRO, S. C. A. **Estudo do processo de desidratação osmótica e secagem de filés de mapará (*Hypophthalmus edentatus*)**. 288 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, SP. 2005.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 2004.

RIBEIRO, S. C. A. **Secagem e defumação líquida de filé de peixe matrinhã (*Brycon cephalus*)**. 2000. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, SP. 2000.

RODRIGUES, A. M. C. **Secagem e defumação de peixe de água doce**. Campinas, 1996, 98p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

RODRIGUES, A. M. C.; TOBINAGA, S. **Secagem e Defumação de Filé de Peixe de Água Doce, Tambacu (*Colossoma Macropum* e *Colossoma Mitrei*)**. In: XXIV Encontro sobre Meios Porosos. Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados. Uberlândia, MG. v. 1. p. 191-195. 1997.

RODRIGUES-AMAYA, C. H. **A Guide to Carotenoid Analysis**. In Foods. ed. ILSI Press. Washington, 2001.

RODRIGUES, I. A. Água nos Alimentos. In: Castro, A. G. A Química e a Reologia no Processamento dos Alimentos. **Ciência Técnica**. Instituto Piaget, p. 22-31. 2003.

ROMERO, M. E. Preliminary observations on the potential of culture of *Macrobrachium amazonicum* in Venezuela. **Provis. Rep. Int. Found. Sci.** V. 9, p. 401-412, 1980.

ROSA, F. C. **Composição química e métodos de cocção de carcaça de frangos de corte alimentados com rações suplementadas com ômega-3**. 131 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

ROÇA, R. O. **Defumação**. Laboratório de tecnologia dos produtos de origem animal. Unesp. Botucatu, SP. 2007. Disponível em: <<http://puhrs.campus2.br/~thompson/TPOA-Carne/Roca112.pdf>>. Acesso em: 14/12/2007.

SACHINDRA, N. M.; BHASKAR, N.; MAHENDRAKAR, N. S. Carotenoids in crabs marine and fresh waters of India. **LTW**. 38p. 2005.

SALES, R. O.; SALES, A. M. Estudo da composição química e rendimento de dez espécies de pescado de água doce de interesse comercial nos açudes do nordeste brasileiro. **Ciências Agrônômicas**. n. 21, p. 27 – 30, 1990.

SANTOS, G. M.; SANTOS, A. C. M. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. **Acta Amazonica**, 19 (54): p. 165-182, 2005.

SARSAVADIA P. N.; SAWHNEY R. L.; PANGAVHANE D. R.; SINGH S. P. Drying behavior of brined onion slices. **Journal Food Engineering**. V40. 219 - 226. 1999.

SEBASTIAN, P.; BRUNEAU, D.; COLLIGNAM, A.; RIVIER, M. Drying and smoking of meat: heat and mass transfer modeling and experimental analysis. **Journal of Food Engineering**, v. 70, p. 227-243, 2005.

SCHINDLER, J. Processo de defumação com um toque diferente. **Revista Nacional da Carne**. n. 241, mar. 1997, p. 60-68.

SCHNEIDER, F.; BASTOS, A. C.; PLÜMER, E. C.; Defumação de pescados e crustáceos. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas**. Rio Grande do Sul: SENAI-RS, 2006. Disponível em: < <http://www.sbrt.ibict.br> >. Acesso em: 20 de Dezembro de 2007.

SHIRANITA, K.; MIYAJIMA, T.; TAKIYAMA, R. Determination of meat quality by texture analysis. **Pattern Recognition Letters**. v.19, n.14, p.1319-1324, 1998.

SIMAL, S.; FEMENIA, A.; GARAU, M. C.; ROSELLÓ, C. Use of exponential, Page's and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p. 323-328, 2005.

SIKORSKI, Z. E.; KOLAKOWSKA, A.; BURT, J. R. **Cambios bioquímicos e microbianos subsiguientes a la captura**. In: SIKORSKI, Z. E. (Ed.). Tecnología de los productos del mar: recursos, composition y conservation. Zaragoza: Acribia. 1994.

SILVA, J. A. **Tópicos de tecnologia dos alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, p. 175 – 180. 2000.

SILVA, A. E.; SILVA, L. H. M.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, 28(4): 895-901, out.-dez. 2008.

SOUZA, M. L. R.; BACCARIN, A. E.; VIEGAS, E. M. M.; KRONKA, S. N. Defumação da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira eviscerada e filé: aspectos referentes às características organolépticas, composição centesimal e perdas ocorridas no processamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V.33, n.1, p.27-36, 2004.

SRIKET, P.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; KIJROONGROJANA, K. Comparative studies on chemical composition and thermal properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) meats. *Food Chemistry*, 103. 1199–1207. 2007.

STAINISLAW, K.; BRITTON G. A study of protein-carotenoid interactions in theastaxanthin-protein crustacyanin by absorption and Stark spectroscopy; evidence for the presence of three spectrally distinct species. **Biochim. Biophys. Acta**. n. 1544, p. 301-310, 2001.

STATSOFT, INC. (1995). **STATISTICA for Windows [Computer program manual]**. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 2325 East 13th Street, Tulsa, OK 74104, (918) 583-4149, fax: (918) 583-4376.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation techniques: test strategy and the design of experiments**. Florida: Academic Press, 1985. p. 87-131.

SUZUKI, T. **Tecnologia de las proteínas de pescado e krill**. Zaragoza: Acribia, 230 p. 1987.

SZCZESNIAK, A. S. Classification of textural characteristics. **Journal of Food Science**. v.29, p.385-389, 1963.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: Editora da UFSC, 180p. 1987.



TEIXEIRA, M. B. F. Secagem de manta de lula (*Loligo brasiliensis*). Campinas, 81p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 1995.

TOBINAGA, S.; PINTO, L. A. A. Secagem de materiais fibrosos: músculo de peixe. In: FREIRE, J. T.; SARTORI, D. S. **Tópicos especiais em secagem**. V.1, P. 211-251. São Carlos, UFScar, 1992.

TOCHER, D. R.; GHIONI, C. Fatty acid metabolism in marine fish: Low activity of fatty acyl  $\Delta^5$  desaturation in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) cells. **Lipids**, v.34, p.433-40, 1999.

TROUNG, V. D.; WALTER, W. M.; HAMAN, D. D. Relationship between instrumental and sensory parameters of cooked sweet potato texture. **Journal of Texture Studies**, v. 28, p.163-185, 1997.

VALENTI, W. C. Caracterização geral dos camarões de água doce. \_\_\_\_\_ **Cultivo de camarões de água doce**. São Paulo: Nobel, 1989, cap.2, p.3-12.

VAN ARSDEL, W. B. Drying phenomena. **Food dehydration**. The AVI Publishing Company. V. 1, pg. 22-57. 1973.

VAN DEN BERG, C.; BRUIN, S.. Water activity and its estimation in food systems: Theoretical aspects. In L. B. Rockland & G. F. Stewards (Eds.), Water activity. Influence on food quality (pp. 1–61). New York: Academic Press, 1981.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER. D. F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**, 3<sup>rd</sup>. ed. Washington: American Public Health Association (APHA), 1992.

VASCONCELOS, M. M. M.; SILVEIRA, V. M. M. A. Rendimento e composição química dos componentes estruturais do camarão branco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado no município de Acaraú/CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Recife. **Anais**. Recife: SBCTA, 2004. CD Room. 2004.

VAZQUEZ, J.; SANCHEZ-MUNIZ, F. J. Revision: Proteína de pescado y metabolismo del colesterol. **Revista Espanola de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Madri, v. 34, n. 6, p. 589-608, 1994.

VELU, C. S.; CZECZUGA, B.; MANUSWAMY, N. Carotenoprotein complexes in entomostracan crustaceans (*Streptocephalus dichotomus* and *Moina micrura*). **Comp. Biochem. Phys. B**. n. 135, p. 35-42, 2003.

VIEIRA, I. M. **Bioecologia e pesca do camarão, *Macrobrachium amazonicum* no Baixo Rio Amazonas**. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. 142 p. 2003.

VIEIRA, R. H. S. F. Microbiologia do pescado: Higiene, conservação e controle de qualidade. \_\_\_\_\_ . **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado (teoria e prática)**. São Paulo: Varela, 2004, cap.1, p. 25-35.

VIVANCO, M. L. M. **Desidratação osmótica em soluções ternárias, secagem e transições térmicas de filé de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

WATTS, B. M.; YLIMAKI, G. L.; JEFFERY, L. E.; ELIAS, L. G. **Métodos sensoriais básicos para la evaluación de alimentos**. Ottawa: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 1992. 170p.

WEESIE, R. J.; ASKIN, D.; JANSEN, F. J. H. M.; GROOT, H. J. M.; LUGTENBURG, J.; BRITTON, G. Protein-chromophore interactions in  $\beta$ -crustacyanin, the major blue carotenoprotein from the carapace of the lobster, *Homarus gammarus* a study by  $^{13}\text{C}$  magic angle spinning NMR. **Federation of European Biochemical Societies**. n. 362, p. 34-38, 1995.

**Apêndice 1.** Tabelas de Umidade do camarão regional cozido e Dados de sorção do camarão regional cozido e defumado.

**Tabela 4.4.** Teor de Cl<sup>-</sup> no camarão regional cozido.

Amostra	Tempo de cozimento (min)	% de Cl <sup>-</sup>
Sem processamento	0	0,14 ± 0,01 <sup>k</sup>
C1	3	0,29 ± 0,09 <sup>jk</sup>
	5	0,54 ± 0,20 <sup>hijk</sup>
	7	0,69 ± 0,04 <sup>ghij</sup>
C2	3	0,42 ± 0,06 <sup>ijk</sup>
	5	0,81 ± 0,06 <sup>efghi</sup>
	7	1,10 ± 0,11 <sup>bcdef</sup>
C3	3	0,67 ± 0,16 <sup>ghij</sup>
	5	0,87 ± 0,10 <sup>cdefghi</sup>
	7	1,14 ± 0,05 <sup>bcdefg</sup>
C4	3	0,77 ± 0,01 <sup>fghij</sup>
	5	0,85 ± 0,25 <sup>defghi</sup>
	7	1,27 ± 0,10 <sup>bcdef</sup>
C5	3	0,84 ± 0,19 <sup>cdefghi</sup>
	5	1,00 ± 0,05 <sup>defghi</sup>
	7	1,32 ± 0,33 <sup>abcd</sup>
C6	3	0,90 ± 0,06 <sup>cdefghi</sup>
	5	1,17 ± 0,10 <sup>bcdefg</sup>
	7	1,33 ± 0,15 <sup>abcd</sup>
C7	3	0,90 ± 0,06 <sup>cdefghi</sup>
	5	1,36 ± 0,26 <sup>abc</sup>
	7	1,57 ± 0,35 <sup>ab</sup>
C8	3	1,00 ± 0,06 <sup>cdefgh</sup>
	5	1,56 ± 0,17 <sup>ab</sup>
	7	1,79 ± 0,04 <sup>a</sup>
C9	3	1,30 ± 0,06 <sup>abcde</sup>
	5	1,60 ± 0,06 <sup>ab</sup>
	7	1,80 ± 0,31 <sup>a</sup>

- Médias com letras em comum na mesma coluna não diferem entre si no nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 4.5.** Umidade no camarão regional cozido.

<b>Amostra</b>	<b>Tempo de cozimento (min)</b>	<b>% de Umidade</b>
Sem processamento	0	354,39 ± 0,01 <sup>k</sup>
C1	3	339,23 ± 0,02 <sup>bcde</sup>
	5	323,26 ± 0,01 <sup>abc</sup>
	7	304,40 ± 0,04 <sup>abc</sup>
C2	3	336,42 ± 0,03 <sup>ab</sup>
	5	305,84 ± 0,06 <sup>abc</sup>
	7	293,11 ± 0,01 <sup>bcde</sup>
C3	3	324,11 ± 0,06 <sup>abc</sup>
	5	304,43 ± 0,10 <sup>abc</sup>
	7	289,40 ± 0,02 <sup>e</sup>
C4	3	322,46 ± 0,01 <sup>a</sup>
	5	298,79 ± 0,25 <sup>abc</sup>
	7	289,94 ± 0,10 <sup>cde</sup>
C5	3	321,60 ± 0,19 <sup>ab</sup>
	5	281,93 ± 0,05 <sup>abcd</sup>
	7	282,42 ± 0,33 <sup>de</sup>
C6	3	288,87 ± 0,06 <sup>ab</sup>
	5	262,46 ± 0,10 <sup>de</sup>
	7	260,35 ± 0,15 <sup>bcde</sup>
C7	3	306,66 ± 0,06 <sup>fg</sup>
	5	292,87 ± 0,06 <sup>fgh</sup>
	7	278,65 ± 0,05 <sup>i</sup>
C8	3	302,13 ± 0,01 <sup>f</sup>
	5	284,76 ± 0,17 <sup>hj</sup>
	7	276,97 ± 0,04 <sup>j</sup>
C9	3	299,88 ± 0,06 <sup>f</sup>
	5	281,77 ± 0,06 <sup>i</sup>
	7	276,88 ± 0,31 <sup>j</sup>

- Médias com letras em comum na mesma coluna não diferem entre si no nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 4.6.** Efeito do cozimento na cor instrumental do camarão.

Amostra	Tempo de Cozimento (min)	L	a	b	$\Delta E$
Sem processamento	0	60,54 <sup>a</sup> ± 0,29	4,79 <sup>a</sup> ± 0,28	10,75 <sup>a</sup> ± 0,57	-
C1	3	84,34 <sup>c</sup> ± 1,05	11,75 <sup>bc</sup> ± 0,40	21,53 <sup>b</sup> ± 1,02	27,05 <sup>a</sup> ± 1,16
	5	85,29 <sup>c</sup> ± 0,67	11,07 <sup>c</sup> ± 0,55	22,21 <sup>c</sup> ± 0,24	28,00 <sup>ab</sup> ± 0,67
	7	85,56 <sup>c</sup> ± 0,66	10,86 <sup>c</sup> ± 0,55	22,32 <sup>c</sup> ± 0,67	28,24 <sup>b</sup> ± 0,83
C2	3	85,85 <sup>bc</sup> ± 0,89	12,34 <sup>b</sup> ± 0,24	23,00 <sup>d</sup> ± 0,41	29,12 <sup>b</sup> ± 0,75
	5	85,40 <sup>c</sup> ± 0,58	12,40 <sup>b</sup> ± 0,43	23,36 <sup>d</sup> ± 0,47	28,92 <sup>b</sup> ± 0,46
	7	84,09 <sup>cd</sup> ± 1,25	12,13 <sup>b</sup> ± 0,40	23,18 <sup>d</sup> ± 0,48	27,63 <sup>ab</sup> ± 1,59
C3	3	85,58 <sup>c</sup> ± 0,69	12,04 <sup>b</sup> ± 0,22	22,74 <sup>d</sup> ± 0,90	28,70 <sup>b</sup> ± 1,30
	5	85,15 <sup>c</sup> ± 0,26	14,00 <sup>d</sup> ± 0,37	24,62 <sup>e</sup> ± 1,15	29,64 <sup>b</sup> ± 0,30
	7	82,51 <sup>e</sup> ± 0,35	14,37 <sup>d</sup> ± 0,54	24,56 <sup>e</sup> ± 1,12	27,67 <sup>a</sup> ± 0,71
Sem processamento	0	70,68 <sup>a</sup> ± 0,55	4,29 <sup>a</sup> ± 0,10	11,46 <sup>a</sup> ± 0,21	-
C4	3	86,63 <sup>b</sup> ± 1,11	13,30 <sup>b</sup> ± 0,50	24,17 <sup>b</sup> ± 0,49	22,31 <sup>a</sup> ± 1,23
	5	85,68 <sup>bc</sup> ± 0,71	11,79 <sup>c</sup> ± 0,28	22,22 <sup>c</sup> ± 0,75	19,93 <sup>b</sup> ± 1,07
	7	83,90 <sup>cd</sup> ± 0,83	11,86 <sup>c</sup> ± 0,40	22,15 <sup>c</sup> ± 0,12	18,63 <sup>c</sup> ± 0,78
C5	3	85,84 <sup>bc</sup> ± 0,32	11,33 <sup>c</sup> ± 0,11	22,46 <sup>c</sup> ± 0,14	20,02 <sup>b</sup> ± 0,41
	5	84,97 <sup>c</sup> ± 0,28	11,40 <sup>c</sup> ± 0,14	23,09 <sup>d</sup> ± 0,04	19,75 <sup>b</sup> ± 0,54
	7	83,25 <sup>d</sup> ± 0,38	13,22 <sup>b</sup> ± 0,23	24,35 <sup>b</sup> ± 0,28	20,10 <sup>b</sup> ± 0,68
C6	3	85,88 <sup>bc</sup> ± 0,49	12,99 <sup>b</sup> ± 0,20	22,34 <sup>c</sup> ± 0,60	20,63 <sup>b</sup> ± 0,31
	5	83,30 <sup>d</sup> ± 0,64	12,32 <sup>bc</sup> ± 0,25	22,75 <sup>cd</sup> ± 0,28	18,75 <sup>c</sup> ± 0,34
	7	84,20 <sup>cd</sup> ± 0,89	12,40 <sup>bc</sup> ± 0,07	22,96 <sup>cd</sup> ± 0,15	19,52 <sup>b</sup> ± 0,41
Sem processamento	0	56,23 <sup>a</sup> ± 0,58	2,53 <sup>a</sup> ± 0,04	8,06 <sup>a</sup> ± 0,19	-
C7	3	72,41 <sup>b</sup> ± 1,01	9,25 <sup>b</sup> ± 0,52	18,75 <sup>b</sup> ± 0,29	20,55 <sup>a</sup> ± 0,87
	5	71,32 <sup>bc</sup> ± 0,45	9,95 <sup>bd</sup> ± 0,42	19,33 <sup>b</sup> ± 0,51	20,25 <sup>ab</sup> ± 0,93
	7	69,24 <sup>c</sup> ± 1,14	10,01 <sup>bc</sup> ± 0,35	20,25 <sup>bc</sup> ± 1,29	19,35 <sup>bd</sup> ± 1,79
C8	3	72,89 <sup>b</sup> ± 0,43	10,41 <sup>bc</sup> ± 0,12	19,39 <sup>bc</sup> ± 0,18	21,64 <sup>c</sup> ± 0,79
	5	69,73 <sup>c</sup> ± 0,50	9,53 <sup>b</sup> ± 0,23	18,94 <sup>bc</sup> ± 0,46	18,71 <sup>d</sup> ± 0,97
	7	66,45 <sup>e</sup> ± 1,73	10,89 <sup>c</sup> ± 0,36	19,72 <sup>bc</sup> ± 0,36	17,66 <sup>d</sup> ± 1,49
C9	3	72,60 <sup>b</sup> ± 0,37	8,96 <sup>d</sup> ± 0,26	18,80 <sup>bc</sup> ± 0,41	20,62 <sup>a</sup> ± 0,73
	5	69,19 <sup>c</sup> ± 0,62	10,41 <sup>bc</sup> ± 0,35	19,55 <sup>bc</sup> ± 0,42	19,04 <sup>bd</sup> ± 0,83
	7	66,81 <sup>e</sup> ± 0,59	10,55 <sup>bc</sup> ± 0,08	19,48 <sup>bc</sup> ± 0,19	17,53 <sup>d</sup> ± 0,60

- Médias com letras em comum na mesma coluna não diferem entre si no nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 4.19.** Dados de sorção a 25°C para o camarão regional defumado.

<b>Adsorção</b>		<b>Dessorção</b>	
$a_w$	<b>Umidade (gH<sub>2</sub>O.100g<sup>-1</sup> b.s)</b>	$a_w$	<b>Umidade (gH<sub>2</sub>O.100g<sup>-1</sup> b.s)</b>
0,1490	3,4083	0,9150	77,3801
0,2095	4,0662	0,8983	73,2164
0,2280	4,2363	0,8785	66,9483
0,2515	4,9069	0,8540	58,8612
0,2650	4,9846	0,8430	55,2849
0,2805	5,0353	0,8135	45,9269
0,2965	5,6562	0,7905	39,9842
0,3035	5,8226	0,7255	30,1053
0,3155	6,2763	0,6440	22,8859
0,3205	6,2876	0,5115	16,4893
0,3320	6,7092	0,4700	15,0482
0,3422	6,9668	0,4280	13,3362
0,3690	7,3691	0,3825	12,0751
0,3920	7,8213	0,3380	10,6539
0,4010	8,1369	0,2746	10,1298
0,4200	8,5874	0,2440	8,9459
0,4455	9,5614	0,2070	8,2463
0,4596	10,2801	0,2030	7,9907
0,4790	10,8237	0,1996	7,6151
0,5375	12,1597	0,1930	7,4442
0,5533	13,2672	0,1635	7,2995
0,5675	14,2279	-	-
0,5770	14,6044	-	-
0,5816	15,0126	-	-
0,5903	15,2609	-	-
0,6000	16,1058	-	-
0,6260	18,3428	-	-
0,6313	18,9723	-	-
0,6455	20,3707	-	-
0,6500	21,4592	-	-
0,6662	22,5311	-	-
0,6893	24,4327	-	-
0,7080	26,5591	-	-
0,7335	30,7812	-	-
0,7505	31,9146	-	-
0,7746	34,6350	-	-
0,7830	36,8381	-	-
0,8027	39,4955	-	-
0,8166	41,6825	-	-

**Apêndice 2.** Tabelas dos dados da cinética de secagem.

**Tabela 1.** Dados experimentais de cinética de secagem da amostra de camarão regional sem processamento na temperatura de 50°C, 1° ensaio.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa de amostra (Total)</b>	<b>Massa de água</b>	<b>Xbs</b>	<b>Xbu (%)</b>	<b>dx</b>	<b>dt</b>	<b>Taxa (dx/dt)</b>
0	42,06	32,15	3,244	76,438			
5	39,4	29,49	2,976	74,848	0,268	5,000	0,054
10	37,53	27,62	2,787	73,594	0,189	5,000	0,038
15	35,88	25,97	2,621	72,380	0,166	5,000	0,033
20	34,52	24,61	2,483	71,292	0,137	5,000	0,027
25	33,2	23,29	2,350	70,151	0,133	5,000	0,027
30	32,3	22,39	2,259	69,319	0,091	5,000	0,018
40	30,57	20,66	2,085	67,583	0,175	10,000	0,017
50	29,04	19,13	1,930	65,875	0,154	10,000	0,015
60	27,86	17,95	1,811	64,429	0,119	10,000	0,012
70	26,73	16,82	1,697	62,926	0,114	10,000	0,011
80	25,78	15,87	1,601	61,559	0,096	10,000	0,010
90	24,91	15	1,514	60,217	0,088	10,000	0,009
100	24,11	14,2	1,433	58,897	0,081	10,000	0,008
110	23,27	13,36	1,348	57,413	0,085	10,000	0,008
120	22,56	12,65	1,276	56,073	0,072	10,000	0,007
130	21,89	11,98	1,209	54,728	0,068	10,000	0,007
140	21,23	11,32	1,142	53,321	0,067	10,000	0,007
150	20,75	10,84	1,094	52,241	0,048	10,000	0,005
160	20,04	10,13	1,022	50,549	0,072	10,000	0,007
170	19,55	9,64	0,973	49,309	0,049	10,000	0,005
180	19,02	9,11	0,919	47,897	0,053	10,000	0,005
195	18,3	8,39	0,847	45,847	0,073	15,000	0,005
210	17,72	7,81	0,788	44,074	0,059	15,000	0,004
225	17,14	7,23	0,730	42,182	0,059	15,000	0,004
240	16,61	6,7	0,676	40,337	0,053	15,000	0,004
255	16,08	6,17	0,623	38,371	0,053	15,000	0,004
270	15,61	5,7	0,575	36,515	0,047	15,000	0,003
285	15,12	5,21	0,526	34,458	0,049	15,000	0,003
300	14,74	4,83	0,487	32,768	0,038	15,000	0,003
330	13,94	4,03	0,407	28,910	0,081	30,000	0,003
360	13,38	3,47	0,350	25,934	0,057	30,000	0,002
390	12,83	2,92	0,295	22,759	0,055	30,000	0,002
420	12,38	2,47	0,249	19,952	0,045	30,000	0,002
450	11,95	2,04	0,206	17,071	0,043	30,000	0,001
480	11,7	1,79	0,181	15,299	0,025	30,000	0,001

**Tabela 2.** Dados experimentais de cinética de secagem da amostra de camarão regional sem processamento, na temperatura de 50°C, 2° ensaio.

Tempo (min)	Massa de amostra (Total)	Massa de água	Xbs	Xbu (%)	dx	dt	Taxa (dx/dt)
0	35	26,76	3,717	76,457			
5	33,14	24,9	3,466	75,136	0,251	5,000	0,050
10	31,51	23,27	3,247	73,850	0,220	5,000	0,044
15	30,17	21,93	3,066	72,688	0,181	5,000	0,036
20	28,82	20,58	2,884	71,409	0,182	5,000	0,036
25	27,8	19,56	2,747	70,360	0,137	5,000	0,027
30	26,83	18,59	2,616	69,288	0,131	5,000	0,026
40	25,16	16,92	2,391	67,250	0,225	10,000	0,023
50	23,81	15,57	2,209	65,393	0,182	10,000	0,018
60	26,6	18,36	2,585	69,023	-0,376	10,000	-0,038
70	21,55	13,31	1,904	61,763	0,681	10,000	0,068
80	20,72	12,48	1,792	60,232	0,112	10,000	0,011
90	19,92	11,68	1,685	58,635	0,108	10,000	0,011
100	19,09	10,85	1,573	56,836	0,112	10,000	0,011
110	18,41	10,17	1,481	55,242	0,092	10,000	0,009
120	17,81	9,57	1,400	53,734	0,081	10,000	0,008
130	17,29	9,05	1,330	52,342	0,070	10,000	0,007
140	16,56	8,32	1,232	50,242	0,098	10,000	0,010
150	16,14	7,9	1,175	48,947	0,057	10,000	0,006
160	15,7	7,46	1,116	47,516	0,059	10,000	0,006
170	15,24	7	1,054	45,932	0,062	10,000	0,006
180	14,68	6,44	0,978	43,869	0,075	10,000	0,008
195	14,18	5,94	0,911	41,890	0,067	15,000	0,004
210	13,58	5,34	0,830	39,323	0,081	15,000	0,005
225	13,1	4,86	0,765	37,099	0,065	15,000	0,004
240	12,59	4,35	0,697	34,551	0,069	15,000	0,005
255	12,16	3,92	0,639	32,237	0,058	15,000	0,004
270	11,81	3,57	0,592	30,229	0,047	15,000	0,003
285	11,53	3,29	0,554	28,534	0,038	15,000	0,003
300	11,14	2,9	0,501	26,032	0,053	15,000	0,004
330	10,58	2,34	0,426	22,117	0,075	30,000	0,003
360	10,05	1,81	0,354	18,010	0,071	30,000	0,002
390	9,58	1,34	0,291	13,987	0,063	30,000	0,002
420	9,2	0,96	0,240	10,435	0,051	30,000	0,002
450	8,93	0,69	0,204	7,727	0,036	30,000	0,001
480	8,85	0,61	0,193	6,893	0,011	30,000	0,000



**Tabela 3.** Dados experimentais de cinética de secagem da amostra de camarão regional cozido, na temperatura de 50°C.

Tempo (min)	Massa de amostra (Total)	Massa de água	Xbs	Xbu (%)	dx	dt	Taxa (dx/dt)
0	57,03	51,37	8,154	90,075			
5	54,39	48,73	7,730	89,594	0,424	5,000	0,085
10	51,64	45,98	7,289	89,040	0,441	5,000	0,088
15	48,8	43,14	6,833	88,402	0,456	5,000	0,091
20	46,26	40,6	6,425	87,765	0,408	5,000	0,082
25	44	38,34	6,063	87,136	0,363	5,000	0,073
30	41,83	36,17	5,714	86,469	0,348	5,000	0,070
40	37,92	32,26	5,087	85,074	0,628	10,000	0,063
50	34,95	29,29	4,610	83,805	0,477	10,000	0,048
60	32,39	26,73	4,199	82,525	0,411	10,000	0,041
70	30,15	24,49	3,839	81,227	0,360	10,000	0,036
80	28,42	22,76	3,562	80,084	0,278	10,000	0,028
90	26,82	21,16	3,305	78,896	0,257	10,000	0,026
100	25,42	19,76	3,080	77,734	0,225	10,000	0,022
110	24,24	18,58	2,891	76,650	0,189	10,000	0,019
120	23,18	17,52	2,721	75,582	0,170	10,000	0,017
130	22,26	16,6	2,573	74,573	0,148	10,000	0,015
140	21,5	15,84	2,451	73,674	0,122	10,000	0,012
150	20,86	15,2	2,348	72,867	0,103	10,000	0,010
160	20,18	14,52	2,239	71,952	0,109	10,000	0,011
170	19,74	14,08	2,169	71,327	0,071	10,000	0,007
180	19,36	13,7	2,108	70,764	0,061	10,000	0,006
195	18,84	13,18	2,024	69,958	0,083	15,000	0,006
210	18,38	12,72	1,950	69,206	0,074	15,000	0,005
225	17,96	12,3	1,883	68,486	0,067	15,000	0,004
240	17,76	12,1	1,851	68,131	0,032	15,000	0,002
255	17,47	11,81	1,804	67,602	0,047	15,000	0,003
270	17,34	11,68	1,783	67,359	0,021	15,000	0,001
285	17,16	11,5	1,754	67,016	0,029	15,000	0,002
300	17,06	11,4	1,738	66,823	0,016	15,000	0,001

**Tabela 4.** Dados experimentais de cinética de secagem da amostra de camarão regional defumado, na temperatura de 50°C.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa de amostra (Total)</b>	<b>Massa de água</b>	<b>Xbs</b>	<b>Xbu (%)</b>	<b>dx</b>	<b>dt</b>	<b>Taxa (dx/dt)</b>
0	30,30	23,40	6,3	77,23			
5	28,35	21,45	5,83	75,66	0,47	5,00	0,094
10	26,77	19,87	5,45	74,22	0,38	5,00	0,076
15	25,42	18,52	5,13	72,86	0,33	5,00	0,065
20	24,3	17,4	4,86	71,60	0,27	5,00	0,054
25	23,14	16,24	4,58	70,18	0,28	5,00	0,056
30	22,29	15,39	4,37	69,04	0,20	5,00	0,041
40	20,58	13,68	3,96	66,47	0,41	10,00	0,041
50	19,26	12,36	3,64	64,17	0,32	10,00	0,032
60	18,29	11,39	3,41	62,27	0,23	10,00	0,023
70	17,19	10,29	3,14	59,86	0,27	10,00	0,027
80	16,37	9,47	2,94	57,85	0,20	10,00	0,020
90	15,67	8,77	2,78	55,97	0,17	10,00	0,017
100	14,94	8,04	2,6	53,82	0,18	10,00	0,018
110	14,38	7,48	2,47	52,02	0,13	10,00	0,013
120	13,87	6,97	2,34	50,25	0,12	10,00	0,012
130	13,32	6,42	2,21	48,20	0,13	10,00	0,013
140	12,96	6,06	2,12	46,76	0,09	10,00	0,009
150	12,55	5,65	2,02	45,02	0,10	10,00	0,010
160	12,16	5,26	1,93	43,26	0,09	10,00	0,009
170	11,76	4,86	1,83	41,33	0,10	10,00	0,010
180	11,07	4,17	1,67	37,67	0,17	10,00	0,017
195	11,03	4,13	1,66	37,44	0,01	15,00	0,001
210	10,65	3,75	1,57	35,21	0,09	15,00	0,006
225	10,36	3,46	1,5	33,40	0,07	15,00	0,005
240	9,99	3,09	1,41	30,93	0,09	15,00	0,006
270	9,53	2,63	1,3	27,60	0,11	30,00	0,004
300	9,13	2,23	1,2	24,42	0,10	30,00	0,003
330	8,86	1,96	1,13	22,12	0,07	30,00	0,002
360	8,53	1,63	1,06	19,11	0,08	30,00	0,003
390	8,24	1,34	0,99	16,26	0,07	30,00	0,002
420	8,05	1,15	0,94	14,29	0,05	30,00	0,002
450	8,03	1,13	0,93	14,07	0,00	30,00	0,000
480	7,95	1,05	0,92	13,21	0,02	30,00	0,001