



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA

PEDRO HENRIQUE GOMES DOS SANTOS

MANIPULAÇÃO DE FATORES FÍSICOS E QUÍMICOS NA FABRICAÇÃO DE
DIETAS EXPERIMENTAIS PARA CAMARÃO COM VISTAS A MELHORIA DA
ESTABILIDADE

FORTALEZA
2010



PEDRO HENRIQUE GOMES DOS SANTOS

MANIPULAÇÃO DE FATORES FÍSICOS E QUÍMICOS NA FABRICAÇÃO DE
DIETAS EXPERIMENTAIS PARA CAMARÃO COM VISTAS A MELHORIA DA
ESTABILIDADE

Trabalho Supervisionado – Modalidade
A – Monografia – submetida à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia de Pesca da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial
para a obtenção do título de
Engenheiro(a) de Pesca.

Orientador: Alberto Jorge Pinto Nunes,
Ph.D

FORTALEZA
2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S237m Santos, Pedro Henrique Gomes dos.
Manipulação de fatores físicos e químicos na fabricação de dietas experimentais para camarão com vistas a melhoria da estabilidade / Pedro Henrique Gomes dos Santos. – 2010.
29 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2010.
Orientação: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.
1. Aquicultura. 2. Nutrição animal. 3. Camarão. 4. Dietas. 5. Fabricação. 6. Hidroestabilidade. I. Título.
CDD 639.2
-



PEDRO HENRIQUE GOMES DOS SANTOS

MANIPULAÇÃO DE FATORES FÍSICOS E QUÍMICOS NA FABRICAÇÃO DE
DIETAS EXPERIMENTAIS PARA CAMARÃO COM VISTAS A MELHORIA DA
ESTABILIDADE

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia de Pesca,
da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de
Graduada em Engenharia de Pesca.

Aprovado em ____ / ____ /2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Reynaldo Amorim Marinho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vitalidade que me fornece diariamente.

A meu orientador, Professor Alberto, que me recebeu de braços abertos e nunca se negou a ajudar, pela a oportunidade de trabalhar ao seu lado e assim enriquecer meus conhecimentos.

A minha namorada linda, Liana, que foi peça fundamental na minha vida acadêmica, sempre me incentivando, meu maior exemplo de dedicação e esforço nessa jornada.

Aos meus companheiros de laboratório que sempre, de alguma forma, me ajudaram (Saulo, Leandro, Sandra, Hassan, Ricardo, Junior e Emanuela).

A todos meus amigos, Carol, Érika, Derson, Regis, Cabral e outros.

Ao Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) e ao CNPq/MCT (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Ministério da Ciência e Tecnologia) pelo apoio financeiro proporcionado através da bolsa de Iniciação Tecnológica e Industrial - ITI (Nível A, Processo No. 180167/2010-3) obtida no âmbito do projeto “Nutrição, sanidade e valor do beijupirá, *Rachycentron canadum*, cultivado no Nordeste do Brasil” (Processo No. 559527/2009-8, Edital nº 36/2009 - Chamada 2).

RESUMO

No cultivo de camarão marinho, um dos principais fatores para o sucesso da atividade é uma nutrição adequada do animal. Além de um alto valor nutricional, as rações para criação de camarão precisam manter a estabilidade física após a imersão em água. Ao contrário, a integridade física do alimento é rapidamente perdida, causando a lixiviação de nutrientes essenciais para o crescimento e a sobrevivência dos camarões. No presente estudo, foi avaliada a lixiviação de matéria seca de 10 rações comerciais para camarões marinhos e dietas experimentais preparadas em laboratório. Em condições laboratoriais, as dietas experimentais foram fabricadas pelos métodos de extrusão a seco e peletização, adotando-se diferentes inclusões de um aglutinante sintético (0,3, 0,5, 0,7, e 1,0% da dieta) a base de uréia formaldeído. Em outra etapa, uma dieta experimental para camarão foi submetida a variações na temperatura de cozimento (80, 90, 100, 110 e 120°C) durante a extrusão. A lixiviação de matéria seca das dietas foi determinada utilizando tanques retangulares de 60 l de capacidade contendo água salgada a 35‰ em meio estático nos períodos de imersão de 1, 4, 8, 12 e 16 h. As rações comerciais avaliadas no presente estudo não apresentaram diferença estatística significativa quanto a sua estabilidade física em água. Contudo, houve um aumento significativo na perda de matéria seca das rações comerciais após 4 h de imersão em água salgada. Nas dietas extrusadas preparadas em laboratório foi observado uma maior retenção de matéria seca comparado com as dietas peletizadas. A adição de aglutinante sintético em dietas extrusadas foi mais eficaz a 0,5 e 0,7%, enquanto que na dieta peletizada o efeito da inclusão de aglutinante foi menos consistente. O efeito de maiores inclusões de aglutinante sintético foi menos potencializado na medida em que se aumentou o tempo de exposição da dieta em água (1, 4, 8, 12 e 16 h). Não foi possível detectar um efeito positivo sobre a lixiviação de matéria seca das dietas extrusadas quando se variou as temperaturas de cozimento (80°C, 90°C, 100°C, 110°C e 120°C). Visando uma melhoria da estabilidade das dietas produzidas em laboratório, estudos futuros devem avaliar aspectos como o grau de moagem dos ingredientes, a homogeneização do aglutinante sintético a mistura, a adição externa de óleo (vegetal ou animal), o pré- e o pós-cozimento.

Palavras chave: Aquicultura, Nutrição animal, Camarão, Dietas, Fabricação, Hidroestabilidade

LISTA DE ILUTRAÇÕES

- FIGURA 1.** Extrusão (A) e peletização (B) das dietas experimentais empregadas no estudo..... 17
- FIGURA 2.** Fluxograma de fabricação das dietas experimentais (extrusadas e peletizadas)..... 18
- FIGURA 3.** Determinação da lixiviação de matéria seca das dietas experimentais. A, tanques de 60 l com água salgada. B, dietas experimentais nas bandejas de alimentação durante imersão em água. C, dietas após imersão em água. D, drenagem do excesso de água antes da secagem em estufa. E, dietas em papel alumínio para secagem em estufa..... 20
- FIGURA 4.** A, média de lixiviação de matéria seca (\pm erro padrão) de 10 rações comerciais em função do tempo de exposição em água salgada. Letras iguais denotam diferença estatística não significativa entre os tempos de exposição ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD. B, relação entre tempo de imersão em água salgada e lixiviação de matéria seca (média \pm erro padrão) de 10 rações comerciais para camarão marinho. Cada ponto representa a média de quatro observações. Salinidade de $34 \pm 2\%$; temperatura de $29,2 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ 23
- FIGURA 5.** Lixiviação de matéria seca de dietas extrusadas e peletizadas produzidas com equipamentos laboratoriais em cinco períodos de imersão em água salgada (35‰). Valores apresentados como média \pm desvio padrão de cinco amostras. As dietas foram produzidas com 0,3, 0,5, 0,7 e 1,0% de inclusão de aglutinante sintético. Valores de P segundo o teste de *t*..... 28
- FIGURA 6.** Lixiviação de matéria seca (média \pm erro padrão) de dietas experimentais de camarão submetidas a diferentes temperaturas de cozimento durante um processo laboratorial de extrusão. As dietas foram submetidas aos períodos de imersão em água salgada (35‰ e $28,4 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$) de 1, 4, 8, 12 e 16 h. Colunas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre temperaturas de cozimento em cada tempo de imersão em água ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD. A ausência de letras indica diferença estatística não significativa..... 30

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1.** Composição da dieta experimental (g/kg de matéria natural) desenhada para avaliar o efeito do nível de inclusão de um aglutinante sintético e da temperatura de processamento sobre a lixiviação de matéria seca da dieta em água salgada..... **15**
- TABELA 2.** Lixiviação de dieta extrusada em água salgada a 35‰ de salinidade e temperatura de $29,8 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ com quatro níveis de inclusão de aglutinante sintético (0,3, 0,5, 0,7 e 1,0%) durante cinco períodos de imersão (1, 4, 8, 12, e 16 h). Valores apresentados como média \pm desvio padrão de cinco observações. Linhas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre níveis de inclusão de aglutinante sintético (minúsculas) e entre tempos de imersão em água (maiúsculas) ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD..... **25**
- TABELA 3.** Lixiviação de dieta peletizada em água salgada a 35‰ e temperatura de $29,8 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ com quatro níveis de inclusão de aglutinante sintético (0,3, 0,5, 0,7 e 1,0%), com um controle (sem aglutinante) durante cinco períodos de imersão (1, 4, 8, 12, e 16 h). Valores apresentados como média \pm desvio padrão de cinco observações. Linhas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre níveis de inclusão de aglutinante sintético (minúsculas) e tempo de imersão em água (maiúsculas) ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD..... **27**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.1. Local do Estudo e Delineamento Experimental.....	14
2.2. Dietas Comerciais e Experimentais.....	14
2.3. Preparação das Dietas Experimentais pelos Métodos de Peletização e Extrusão.....	16
2.4. Determinação da Lixiviação de Matéria Seca das Dietas.....	18
2.5. Análises Estatísticas.....	21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
3.1. Validação do Teste de Lixiviação.....	22
3.2. Efeito da Inclusão de Aglutinante Sintético e do Método de Preparação da Dieta.....	24
3.3. Efeito da Temperatura de Cozimento na Extrusão.....	29
4. CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura consiste na produção de organismos em cativeiro com hábitat predominantemente aquático, em qualquer um de seus estágios de desenvolvimento. Esta atividade emprega recursos naturais, manufaturados e humanos (terra, água, energia, ração, mão de obra, entre outros), de forma racional para que se torne perene e lucrativa (VALENTI, 2002).

Além da movimentação econômica pela produção de alimentos, a aquicultura nos últimos anos ganhou importância pelos insumos comercializados no mercado mundial (FLORES; MARTINEZ, 1993). A ração representa o maior custo de uma produção aquícola podendo variar de 50 a 70% dos custos operacionais de um empreendimento. O uso de alimentos balanceados pode melhorar a produção de camarão e aumentar os lucros (CRUZ-SUAREZ *et al.*, 2002). O aprimoramento das práticas de alimentação é essencial para uma redução de custos e da pressão ambiental pelas fazendas de camarão (CARVALHO; NUNES, 2006). Nos últimos anos, pesquisas estão sendo intensificadas para uma produção de dietas artificiais com ingredientes renováveis, de menor custo econômico utilizando práticas e tecnologias mais eficientes de fabricação (FLORES; MARTINEZ, 1993).

Para o desenvolvimento da carcinicultura é indispensável uma maior compreensão sobre as exigências nutricionais dos camarões cultivados, bem como uma melhoria na tecnologia de fabricação de rações. Uma nutrição adequada dos camarões é alcançada através de uma ração que contenha quantidade e qualidade adequada de proteína, lipídeo, carboidrato, vitaminas, minerais e água. Estes compostos atuam na construção e manutenção dos tecidos e no suprimento de energia. A falta ou a insuficiência desses nutrientes essenciais em rações destinadas ao cultivo de camarão pode acarretar crescimento deficiente, deformidades ou susceptibilidade a doenças (NUNES, 2000).

A estabilidade física das rações em água é outro fator importante, ao contrario, os nutrientes essenciais serão perdidos antes da ingestão pelos camarões. Portanto, uma alta estabilidade física de uma ração é definida pela conservação da integridade física do alimento em água e a mínima desintegração de nutrientes por lixiviação, até o consumo pelo animal (OBALDO; DIVAKARON; TACON, 2002). Algumas investigações demonstram que cerca de 20% da proteína bruta, 50% dos

carboidratos e 50% do conteúdo vitamínico presente em rações para camarões podem ser perdidas antes da ingestão (LATUZ, 2004). A rápida perda de estabilidade pode acarretar uma redução nos parâmetros de qualidade da água, um baixo crescimento dos camarões, uma baixa eficiência alimentar e uma queda nos índices de sobrevivência (OBALDO; DIVAKARON; TACON, 2002).

A estabilidade de rações em água pode ser melhorada através do uso de aglutinantes sintéticos ou naturais. Estes aglutinantes, por ter propriedades adesivas, preenchem espaços vazios na mistura de ingredientes proporcionando uma maior aglutinação e durabilidade dos *pellets*. Além disso, a seleção adequada dos ingredientes, as técnicas de processamento e o uso adequado da ração são primordiais para sua integridade física (LIM; CUZON, 1994). A desintegração rápida da ração também pode ser minimizada pelo aumento da atratividade alimentar, auxiliando na detecção do alimento e na velocidade de consumo (LIM; CUZON, 1994). O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência sobre a estabilidade física de *pellets* de diferentes inclusões de um aglutinante sintético e de um aumento na temperatura de cozimento, em dietas experimentais para camarão fabricadas pelos métodos de extrusão e peletização em laboratório. Dez rações comerciais para camarão foram empregadas para validação do método de avaliação de lixiviação de matéria seca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do estudo e Delineamento experimental

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) situado no Centro de Estudos Ambientais e Costeira (CEAC) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC). O CEAC está localizado às margens do estuário do Rio Pacotí (município do Eusébio, CE; 3°53'15" S; 38°22'30" O), distante cerca de 20 km de Fortaleza.

O trabalho consistiu na determinação da lixiviação de matéria seca de dietas comerciais e experimentais para o cultivo de camarão marinho submetidas a diferentes tempos de imersão em água salgada. As dietas comerciais foram adquiridas no mercado, enquanto que as dietas experimentais foram fabricadas com equipamentos laboratoriais.

Em uma primeira etapa foi avaliado a lixiviação de matéria seca de 10 rações comerciais para camarões marinhos. Na segunda etapa do estudo, foi determinada a ação de diferentes níveis de inclusão de um aglutinante sintético comercial a base de uréia formaldeído (Pegabind™, Bentoli Agrinutrition Inc., Texas, EUA) sobre a lixiviação de dietas experimentais submetidas a dois processos de fabricação a nível laboratorial. Em uma terceira etapa, foi avaliado o efeito da temperatura de cozimento da extrusão sobre a lixiviação de uma dieta experimental. Foram realizadas de quatro a cinco observações de lixiviação para cada efeito e tipo de dieta avaliado.

2.2 Dietas comerciais e experimentais

Dez rações comerciais peletizadas recomendadas para engorda de camarão marinho foram adquiridas no mercado local e utilizadas para validação das avaliações de lixiviação de matéria seca. As formulas experimentais foram desenvolvidas utilizando o software de formulação linear Feedsoft® Enterprise 2010 (Feedsoft Corporation, Richardson, Texas, EUA). Para avaliar o efeito do nível de inclusão de um

aglutinante sintético sobre a lixiviação de matéria seca, foram desenhadas cinco dietas. Um aglutinante sintético com nome comercial de Pegabind™ (Bentoli Agrinutrition Inc., Texas, EUA) foi empregado nos níveis de inclusão de 0,3% (dieta **BD-3**), 0,5% (**BD-5**), 0,7% (**BD-7**) e 1,0% (**BD-10**) ao custo de betonita, sendo uma dieta controle (**BD-0**) sem aglutinante sintético (Tabela 1). As dietas foram preparadas em laboratório pelos métodos de peletização e extrusão descritos na seção 2.3.

Tabela 1 - Composição da dieta experimental (g/kg de matéria natural) desenhada para avaliar o efeito do nível de inclusão de um aglutinante sintético e da temperatura de processamento sobre a lixiviação de matéria seca da dieta em água salgada.

Ingrediente	Dietas*/Composição (g/kg)					
	BD-0	BD-3	BD-5	BD-7	BD-10	TEMP
Farelo de soja	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	443,00
Farinha de trigo	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
Farinha de vísceras de frango	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Farinha de peixe nacional	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Farinha de carne e ossos	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Óleo de soja	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Aglutinante sintético**	0,00	3,00	5,00	7,00	10,00	7,00
Betonita	10,00	7,00	5,00	3,00	0,00	0,00

***BD-0**, dieta sem aglutinante sintético; **BD-3**, dieta com 0,3% de aglutinante sintético; **BD-7**, dieta com 0,7% de aglutinante sintético; **BD-10**, dieta com 1,0% de aglutinante sintético; **TEMP**, dieta empregada para avaliar o efeito da temperatura de cozimento da extrusão.

**Pegabind™, Bentoli Agrinutrition Inc., Texas, EUA.

Para avaliar o efeito da temperatura de cozimento da extrusão sobre a lixiviação de matéria seca, foi desenvolvida uma dieta experimental contendo 0,7% de aglutinante sintético (**TEMP**, Tabela 1). As temperaturas de cozimento avaliadas foram de 80°C, 90°C, 100°C, 110°C e 120°C.

2.3 Preparação das Dietas Experimentais pelos Métodos de Peletização e Extrusão

Foram empregados equipamentos laboratoriais para preparação das dietas experimentais. O processo de preparação das dietas iniciou-se com a moagem (moinho industrial da marca Vieira, modelo 280 com potência de 5 cv) do farelo de soja, em malha com 300 μm . Subseqüentemente, a farinha de peixe nacional, a farinha de carne e ossos e a farinha de vísceras de frango foram individualmente peneiradas manualmente em malha de 600 μm . O aglutinante sintético, a betonita e a farinha de trigo não foram submetidos à moagem ou ao peneiramento, pois já apresentavam uma fina granulometria.

Após a moagem, todos os ingredientes sólidos e líquidos (óleo de soja) foram pesados em balança eletrônica de precisão (Ohaus Adventurer, Toledo do Brasil, São Paulo, SP) e misturados em uma batedeira planetária industrial para massas (G. Paniz, modelo BP-12 Super, Caxias do Sul, RS) durante 10 minutos. Após este período, 300 ml de água doce fria (por Kg de massa) foram gradualmente adicionados a mistura de ingredientes para dietas submetidas à extrusão. Para peletização houve a adição de 600 ml (por Kg de massa) de água a temperatura ambiente. Após a adição de água, os ingredientes foram misturados por um tempo adicional de 5 minutos até a formação de um bolo. Após o processo de mistura e adição de água, houve a determinação da umidade feita por meio de um analisador de umidade com lâmpada halôgena (MB35 Moisture Analyzer, Ohaus Corporation. New Jersey, EUA).

Para as dietas submetidas ao processo de extrusão, o bolo de ingredientes foi transferido para compactação em micro extrusora para laboratório com cozimento a seco (Micro extrusora para laboratório com capacidade para 15 kg/h, Exteec Máquinas, Ribeirão Preto, SP) equipada com uma matriz de 1,8 mm de diâmetro (Figura 1A). Nas dietas experimentais com variação na inclusão de aglutinante sintético, a temperatura de cozimento da extrusora foi ajustada para 95°C. Para as dietas submetidas ao processo de peletização (Figura 1B), o bolo de ingredientes foi transferido para uma cuscuzeira e mantido sob cozimento a vapor durante 15 minutos em fogão industrial de duas bocas. Após o cozimento a vapor, o bolo foi submetido à peletização em um moedor industrial para carnes (C.A.F., modelo CAF-32, Rio Claro, SP) equipado com uma matriz de 2,0 mm de diâmetro.



Figura 1 - Extrusão (A) e peletização (B) das dietas experimentais empregadas no estudo.

Durante os dois processos de fabricação houve a formação de uma massa na forma de *spaghetti*, o qual foi distribuído em bandejas de aço inox para secagem a 65°C em uma estufa com circulação e renovação de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, SP), até ser alcançada uma umidade final entre 8 e 9%. Durante a secagem, a massa foi revirada a cada 10 minutos para alcançar uma umidade homogênea em toda dieta. Findo o processo de secagem as dietas foram cortadas em *pellets* com 5,0 cm de comprimento em um multiprocessador, resfriada e embalada em sacos plásticos. Em resumo, os dois processos de preparação das dietas (*i.e.*, extrusão versus peletização) apresentaram diferenças principalmente em relação à quantidade de água durante a mistura dos ingredientes, ao modo de cozimento da massa (em vapor ou a seco) como também ao processo de formação dos *pellets* (Figura 2).

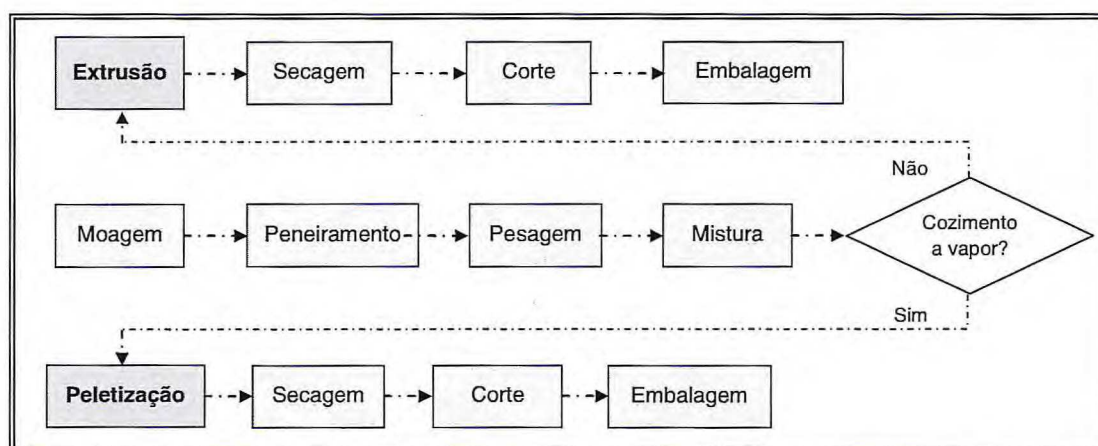


Figura 2 - Fluxograma de fabricação das dietas experimentais (extrusadas e peletizadas).

2.4. Determinação da Lixiviação de Matéria Seca das Dietas

Para determinar a lixiviação de matéria seca das dietas em função do tempo de imersão em água salgada, primeiramente foram fabricadas estruturas retangulares de suporte com canos de PVC soldável de 20 mm de diâmetro, unidos por cotovelos de PVC soldável. Uma linha náilon foi fixada nos canos em forma de tela para fixação de bandejas circulares de alimentação (Figura 3). As bandejas foram fabricadas com aro de

PVC (com 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura) forrado na parte inferior por uma tela de náilon (640 μ m de abertura de malha).

Para determinação da lixiviação, inicialmente foi avaliado o teor de umidade na matéria natural de cada dieta. Um total de 2 g de cada dieta (cinco repetições por amostra) foi pesado e subsequentemente submetido à secagem em estufa de circulação e renovação de ar a 105° C por um período de 48 h. O teor de umidade foi calculado pela diferença de peso das amostras no início e ao final do processo secagem. Para lixiviação, foi empregado 2 g por dieta (cinco repetições por amostra), sendo que cada amostra foi acomodada individualmente em uma bandeja de alimentação e imersa em água salgada em períodos distintos (1, 4, 8, 12, e 16 h). Foram empregadas quatro caixas retangulares de polietileno de cor azul (modelo 1035, Marfinite Produtos Sintéticos Ltda., Itaquaquecetuba, SP) com capacidade de 61 l (32,0 x 39,0 x 62,0 cm; altura x largura x comprimento). A cada período de imersão, as caixas foram cheias com 24L de água salgada e acomodadas 12 bandejas com ração previamente pesada, sendo a temperatura e a salinidade da água estabilizada antes do início das observações.

Após cada período de imersão, as bandejas foram removidas simultaneamente e encaixadas em uma mesa de madeira para drenagem do excesso de água por um período de 15 minutos. Após este processo, as dietas úmidas foram transferidas para recipientes plásticos para pesagem em balança de precisão. Para determinar a perda de matéria seca, as dietas úmidas foram submetidas à secagem a 105°C por 48 h em uma estufa de circulação e renovação de ar.

A taxa de lixiviação em água (DM_i) no seu respectivo tempo de imersão foi calculada pela fórmula:

$$DM_i = [1 - (W_{di}/W_f)] \times 100, \text{ onde:}$$

DM_i = % de lixiviação da ração em água no tempo i (%);

W_f = peso seco (g) da ração antes de sua imersão em água, e;

W_{di} = peso seco (g) da ração após imersão em água no tempo i .

O peso seco refere-se ao resíduo após a secagem em estufa sob 105°C por 48 h. A taxa de absorção de água (WA_i) no seu respectivo intervalo de imersão em água foi calculada pela equação:

$$WA_i = [(W_{mi} - W_f) + (W_c - W_{di})/W_f] \times 100, \text{ onde:}$$

WA_i = % de absorção de água salgada pela ração no tempo i (%);

W_{mi} = peso úmido da ração após imersão em água salgada no tempo i (g);

W_{mdi} = peso seco da ração no tempo i (g); e,

W_c = peso bruto (matéria natural) da ração antes da secagem em estufa (g).



Figura 3 - Determinação da lixiviação de matéria seca das dietas experimentais. A, tanques de 60 L com água salgada. B, dietas experimentais nas bandejas de alimentação durante imersão em água. C, dietas após imersão em água. D, drenagem do excesso de água antes da secagem em estufa. E, dietas em papel alumínio para secagem em estufa.

2.5 Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o programa Statistical Package for Social Sciences, versão Windows 15 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA). A Análise de Variância Univariada (ANOVA) foi aplicada para determinar as diferenças estatísticas entre os tratamentos. O teste *a posteriori* de Tukey HSD foi utilizado para examinar as diferenças estatísticas individuais entre tratamentos, quando observadas diferenças estatísticas ao nível de significância de 0,05. O teste *t* foi aplicado para testar a igualdade entre duas variáveis.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Validação do teste de lixiviação

Todas as 10 rações comerciais avaliadas sofreram uma maior perda de matéria seca na medida em que se aumentou o tempo de exposição à água salgada (Figura 4). Entretanto, não houve uma diferença estaticamente significativa na lixiviação de matéria seca entre as dez rações comerciais avaliadas ($P > 0,05$, ANOVA).

A lixiviação de matéria seca das rações comerciais manteve-se relativamente estável na primeira e quarta hora de imersão em água, com médias (\pm desvio padrão) de $3,2 \pm 1,1\%$ e $4,4 \pm 1,6\%$, respectivamente. Contudo, nos tempos subseqüentes de imersão (8 e 12 h) houve aumento significativo da perda de matéria seca, alcançando $9,3 \pm 1,8\%$ e $14,4 \pm 3,2\%$, respectivamente. A relação entre a perda de matéria seca das rações e o tempo de exposição em água foi expressa através da relação polinomial $y = 0,0004x^2 + 0,0046x + 0,0249$ ($R^2 = 0,8793$), sendo y a lixiviação (%) e x o tempo de imersão em água (h).

Seiffert *et al.* (1997) também não observaram diferença estatisticamente significativa entre três dietas comerciais quanto à perda de matéria seca por lixiviação em água nos tempos de 30, 60 e 90 minutos. No trabalho de Seiffert *et al.* (1997) as dietas comerciais perderam menos matéria seca quando imersas em água salgada comparadas com as dietas experimentais. A provável falta de diferença na lixiviação de matéria seca entre as rações no trabalho de Seiffert *et al.* (1997) pode estar associado ao curto tempo de exposição em água salgada.

Em trabalho realizado com uma ração comercial, Carvalho e Nunes (2006) também observaram que uma perda de matéria seca de $4,65 \pm 0,34\%$ após a primeira hora de imersão em água salgada. No entanto, diferente do presente trabalho, Carvalho e Nunes (2006) realizaram suas observações em um viveiro comercial de camarão marinho, motivo pelo qual os valores de lixiviação observados para primeira hora tenham sido mais elevados do que no presente estudo. Os autores encontraram ainda que após 8 h de imersão em água, a proteína bruta e o extrato etéreo da ração caíram de 39,58% para 34,07% e de 9,25% para 7,88%, respectivamente.

Cruz-Suárez *et al.* (2002) avaliando nove dietas comerciais para camarões fabricadas no México reportou taxas de lixiviação de matéria seca na primeira hora de

imersão em água variando de $1.7 \pm 0.6\%$ a um máximo de $4.9 \pm 0.8\%$. A lixiviação foi determinada em uma temperatura de água entre 27 e 28°C e uma salinidade entre 24 e 35‰.

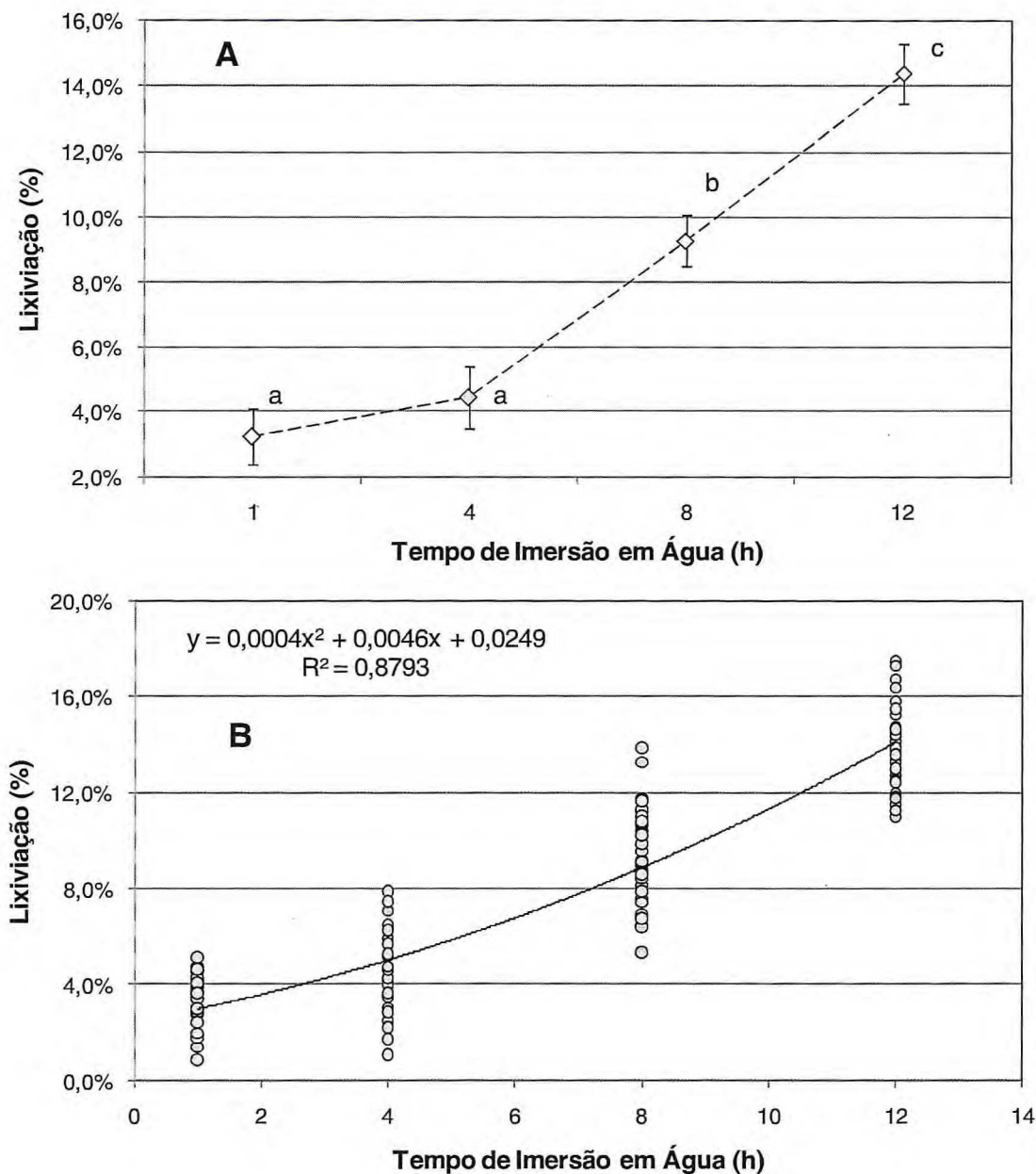


Figura 4 - A média de lixiviação de matéria seca (\pm erro padrão) de 10 rações comerciais em função do tempo de exposição em água salgada. Letras iguais denotam diferença estatística não significativa entre os tempos de exposição ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste *a posteriori* de Tukey HSD. B, relação entre tempo de imersão em água salgada e lixiviação de matéria seca (média \pm erro padrão) de 10 rações comerciais para camarão marinho. Cada ponto representa a média de quatro observações. Salinidade de $34 \pm 2\%$; temperatura de $29,2 \pm 1,2^\circ\text{C}$.

No presente trabalho, a falta de diferença estatística na lixiviação de matéria seca entre as rações comerciais pode ser atribuída ao uso de um ambiente estático (*i.e.*, sem movimentação de água) durante as avaliações ou a própria semelhança das propriedades físicas das rações utilizadas.

Obaldo, Divakaron e Tacon (2002) avaliando três métodos de determinação de lixiviação de matéria seca em rações para camarão, concluíram que o método estático é tão eficiente quanto o método com agitação horizontal ou vertical. No entanto, os autores ressaltaram que o método estático foi o que produziu a menor taxa de lixiviação nas rações avaliadas, comparado com os métodos com agitação horizontal e vertical. Obaldo, Divakaron e Tacon (2002) recomendaram que o método estático pode ser utilizado como referência para comparar os valores máximos de estabilidade física de rações para camarões. Segundo os autores, durante a determinação da lixiviação de matéria seca de rações para camarões é importante manter controle sobre a velocidade de agitação da amostra, a temperatura e a salinidade da água de imersão.

Os resultados do presente trabalho indicam que após 4 h de imersão em água, as rações comerciais sofreram perda significativa em termos de matéria seca. Isto pode acarretar perdas de ordem zootécnica, particularmente no que diz respeito à eficiência alimentar, já que a ração com pouca integridade física pode dificultar ou impossibilitar o consumo alimentar dos camarões cultivados.

3.2 Efeito da inclusão de aglutinante sintético e do método de preparação da dieta

As dietas experimentais submetidas ao método extrusão aumentaram a perda de matéria seca com um aumento do tempo de imersão em água e com uma menor inclusão de aglutinante sintético (Tabela 2). Na primeira hora de exposição em água, a lixiviação de matéria seca das dietas variou entre $6,0 \pm 1,9\%$ e $8,1 \pm 1,3\%$ para $13,1 \pm 2,6\%$ a $15,7 \pm 3,1\%$ após 16 h de imersão. Em termos de inclusão de aglutinante sintético nas dietas, foi observada uma relação inversa, onde as maiores lixiviações coincidiram com as dietas com menor quantidade de aglutinante.

Do ponto de vista estatístico, quando se comparou diferentes níveis de inclusão de aglutinante sintético em um mesmo tempo de imersão em água, não foi possível detectar diferença significativa na lixiviação de matéria seca ($P > 0,05$, ANOVA, Tabela 2), exceto no

tempo de imersão de 8 h ($P < 0,05$, ANOVA). Neste período, foi observada uma menor lixiviação de matéria seca quando se empregou 1,0% de aglutinante sintético, comparado com 0,3% e 0,5% ($P < 0,05$, teste de Tukey HSD).

Tabela 2 - Lixiviação de dieta extrusada em água salgada a 35‰ de salinidade e temperatura de $29,8 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ com quatro níveis de inclusão de aglutinante sintético (0,3, 0,5, 0,7 e 1,0%) durante cinco períodos de imersão (1, 4, 8, 12, e 16 h). Valores apresentados como média \pm desvio padrão de cinco observações. Linhas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre níveis de inclusão de aglutinante sintético (minúsculas) e entre tempos de imersão em água (maiúsculas) ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD.

Tempo de Imersão (h)	Inclusão de Aglutinante Sintético (% da dieta, material natural)				P ANOVA
	0,3	0,5	0,7	1,0	
1	6,9 \pm 1,7 A	8,1 \pm 1,3 A	6,1 \pm 1,5 A	6,0 \pm 1,9 A	NS*
4	10,8 \pm 1,9 B	10,1 \pm 0,9 AB	9,9 \pm 1,2 AB	8,9 \pm 2,2 AB	NS
8	12,5 \pm 0,8 aB	11,6 \pm 1,0 aB	11,2 \pm 1,0 abAB	9,1 \pm 1,8 b AB	< 0,05
12	12,0 \pm 2,7 B	11,9 \pm 1,3 B	11,5 \pm 1,6 AB	10,7 \pm 2,0 BC	NS
16	14,1 \pm 1,5 B	15,7 \pm 3,1 C	14,7 \pm 6,6 B	13,1 \pm 2,6 C	NS
P ANOVA	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	

*NS, diferença estatística não significativa ao nível de significância 0,05 de segundo análise de variância Univariada (ANOVA).

Quando se analisou separadamente as inclusões de aglutinante sintético em função do tempo de imersão em água foi possível estabelecer tendências significativas. Em termos do tempo de imersão em água, foi observado que a inclusão de 0,3% de aglutinante sintético mostrou eficiência apenas na primeira hora de imersão em água ($P < 0,05$, teste de Tukey HSD). Com 0,5% de inclusão, o aglutinante manteve a lixiviação equilibrada até 12 h de imersão em água ($P > 0,05$, teste de Tukey HSD), aumentando de forma significativa as 16 h ($P < 0,05$). A partir de 0,7% de aglutinante sintético, houve diferença estatística na lixiviação de matéria seca apenas entre os tempos de 1 h e 16 h de imersão ($P < 0,05$, teste de Tukey HSD). Quando o aglutinante sintético foi empregado a 1%, houve uma menor lixiviação somente até 8 h, aumentando de forma significativa a partir das 12 h ($P < 0,05$, teste de Tukey HSD).

Comparado com o processo de extrusão, a peletização resultou em maiores perdas de matéria seca nas dietas experimentais. A dieta sem aglutinante sintético (controle) foi a que apresentou a maior taxa de lixiviação, independente do tempo de imersão em água. As taxas de lixiviação para dieta controle variaram de $14,3 \pm 1,6\%$ para primeira hora de imersão até $21,8 \pm 1,3\%$ com 16 h de imersão (Tabela 3). A quantidade de aglutinante sintético utilizado em cada dieta teve um efeito positivo sobre as taxas de lixiviação, embora menos consistente comparado aos valores observados para extrusão. Na ausência de aglutinante sintético, a taxa de lixiviação da dieta peletizada aumentou significativamente a partir de 12 h de imersão ($P < 0,05$, teste de Tukey HSD). Com 0,3% de inclusão, a dieta peletizada manteve sua integridade física de 12 h semelhante à de 4 h ($P > 0,05$, teste de Tukey HSD). A 0,7% de inclusão, o tempo de integridade física da dieta compatível com 4 h prolongou-se até 16 h ($P > 0,05$, teste de Tukey HSD). No entanto, da mesma forma que a dieta extrusada, foi observada que o efeito de maiores inclusões de aglutinante sintético foi menos potencializado com o aumento do tempo de exposição da dieta em água.

Quando se analisou de forma coletiva os dados de lixiviação de matéria seca entre os dois métodos de preparação da dieta utilizados em laboratório (*i.e.*, extrusão versus peletização) ficou claro que o processo de extrusão proporcionou menores taxas de lixiviação, independente do nível de inclusão do aglutinante sintético ($P < 0,05$, teste *t*; Figura 5). A extrusão reduziu a lixiviação de matéria seca em média 49%, 80%, 26%, 30% e 14% nos tempos de imersão de 1, 4, 8, 12 e 16 h, respectivamente comparado ao processo de peletização. Este efeito positivo da extrusão sobre a lixiviação de matéria seca da dieta pode estar associado à maior temperatura de cozimento da massa alimentar ou ainda a uma maior pressão de compactação do *pellets*. A maior temperatura de cozimento pode resultar em uma maior gelatinização do amido, presente em ingredientes de origem vegetal, como a farinha de trigo ou o farelo de soja, o que confere maior estabilidade física as rações.

Tabela 3 - Lixiviação de dieta peletizada em água salgada a 35‰ e temperatura de $29,8 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ com quatro níveis de inclusão de aglutinante sintético (0,3, 0,5, 0,7 e 1,0%), com um controle (sem aglutinante) durante cinco períodos de imersão (1, 4, 8, 12, e 16 h). Valores apresentados como média \pm desvio padrão de cinco observações. Linhas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre níveis de inclusão de aglutinante sintético (minúsculas) e tempo de imersão em água (maiúsculas) ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD.

Tempo de Imersão (h)	Inclusão de Aglutinante Sintético (% da dieta, material natural)					P ANOVA
	Controle	0,3	0,5	0,7	1,0	
1	14,3 \pm 1,6 aA	10,7 \pm 3,1 abA	13,2 \pm 4,9 ab	8,6 \pm 0,4 ab A	8,1 \pm 2,6 bA	< 0,05
4	15,7 \pm 1,9 abA	15,7 \pm 1,9 abBC	14,4 \pm 1,1 a	20,1 \pm 5,0 b B	20,6 \pm 1,1 bB	< 0,05
8	16,8 \pm 1,8 aAB	13,9 \pm 1,9 abAB	14,7 \pm 0,6 ab	14,4 \pm 1,5 ab AB	12,5 \pm 2,7 bC	< 0,05
12	20,9 \pm 4,8 aB	15,6 \pm 0,6 bBC	15,2 \pm 1,4 b	15,9 \pm 2,4 b AB	13,2 \pm 1,4 bC	< 0,05
16	21,8 \pm 1,3 aB	18,1 \pm 2,5 abC	15,5 \pm 0,9 b	17,4 \pm 5,5 ab B	14,5 \pm 1,5 bC	< 0,05
P ANOVA	< 0,05	< 0,05	NS*	< 0,05	< 0,05	

*NS, diferença estatística não significativa ao nível de significância 0,05 de segundo análise de variância Univariada (ANOVA).

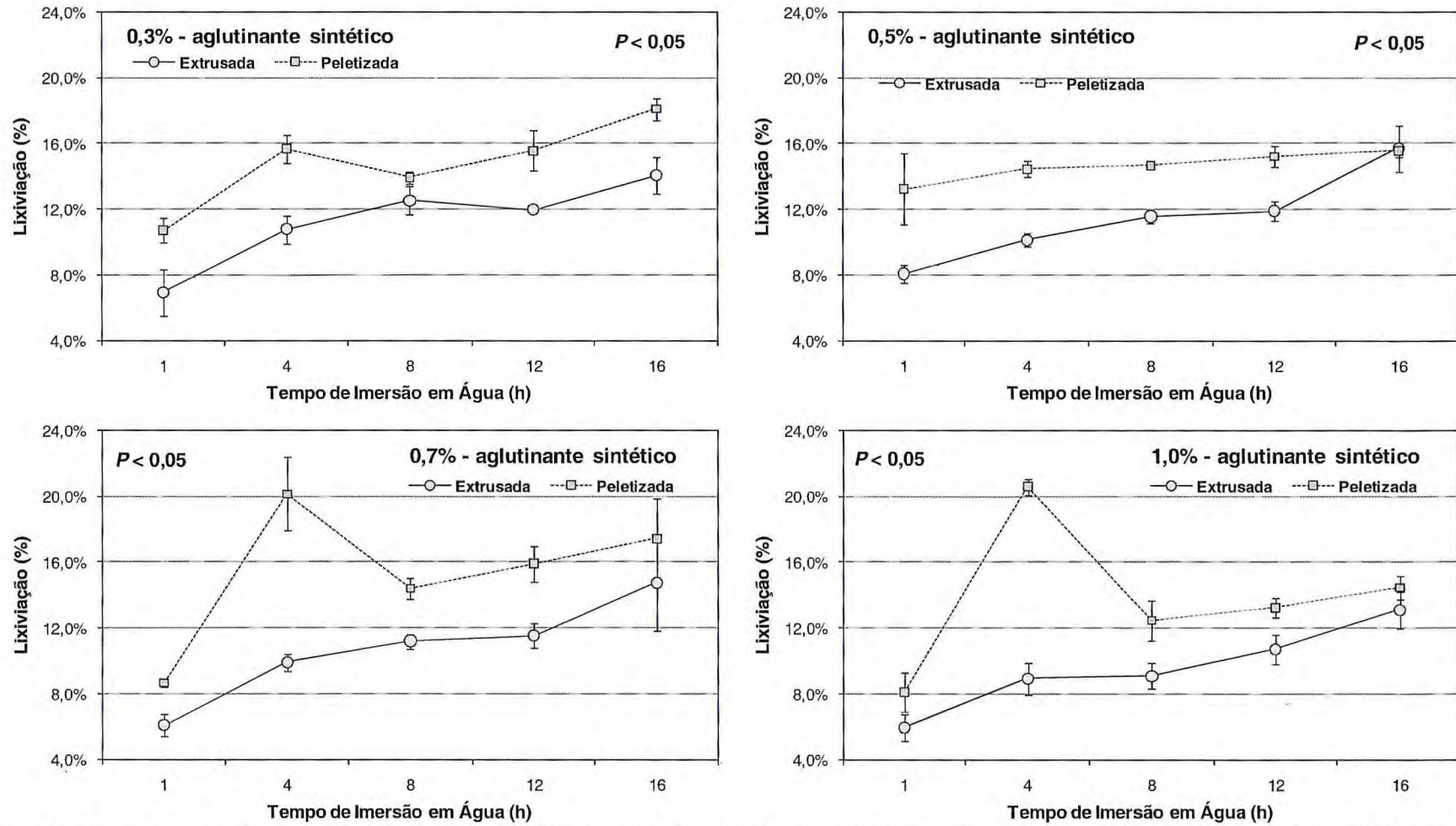


Figura 5 - Lixiviação de matéria seca de dietas extrusadas e peletizadas produzidas com equipamentos laboratoriais em cinco períodos de imersão em água salgada (35%). Valores apresentados como média \pm desvio padrão de cinco amostras. As dietas foram produzidas com 0,3, 0,5, 0,7 e 1,0% de inclusão de aglutinante sintético. Valores de P segundo o teste de t .

3.3 Efeito da temperatura de cozimento na extrusão

As dietas extrusadas submetidas a um aumento gradativo nas temperaturas de cozimento (80°C, 90°C, 100°C, 110°C e 120°C) apresentaram uma maior lixiviação de matéria seca nos tempos de imersão em água de 1 e 4 h para dieta processada a 120°C ($P < 0,05$, ANOVA; Figura 6). Nos tempos de imersão de 8, 12 e 16 h, a temperatura de cozimento não interferiu sobre a lixiviação de matéria seca das dietas.

Segundo Latuz (2004) o amido deve está cozido para ativar sua funcionalidade, portanto é importante a presença de água e calor. Isto resulta em uma expansão do amido e o rompimento de sua estrutura, resultando no processo chamado de gelatinização do amido. Esse processo pode auxiliar na aglutinação dos ingredientes das dietas conferindo maior estabilidade em água. No entanto, maior exposição das dietas ao calor também pode resultar na perda de nutrientes termolábeis, sensíveis a altas temperaturas de processamento, incluindo certas vitaminas e aminoácidos.

No presente estudo, o aumento da temperatura de extrusão não proporcionou uma redução da lixiviação da matéria seca das dietas experimentais. Quase 70% da composição da dieta experimental foram constituídas de farelo de soja e farinha de trigo, ingredientes ricos em amido. A ausência de efeito da temperatura de cozimento pode estar associada ao fato de um rápido cozimento (menos de 5 segundos) ou ainda pelo calor no processo de extrusão ser adicionado a seco. Estes dois fatores ressaltam a importância da necessidade de um pré-cozimento da mistura antes da extrusão. O uso de temperaturas acima de 80°C parece ser dispensável para conferir uma boa estabilidade física às dietas experimentais o que pode representar uma vantagem do ponto de vista nutricional já que as perdas em nutrientes termo sensíveis podem ser evitadas.

Aparentemente o que proporcionou maior estabilidade física a dieta experimental submetida à extrusão comparada com a peletização foi o processo de compactação. Na extrusão ocorre maior pressão e de forma mais consistente durante a formação dos *pellets*. Com isto as dietas apresentam menores níveis de lixiviação comparada ao método de peletização tradicionalmente empregado no laboratório. No entanto ressalta-se sobre a necessidade de um aprimoramento da técnica de extrusão utilizada em laboratório, já que este método proporcionou níveis de lixiviação duas vezes mais elevados do que as rações comerciais testadas no presente estudo. Aspectos como o grau de moagem dos ingredientes, a homogeneização do aglutinante sintético a

mistura, a adição externa de óleo (vegetal ou animal), o pré e o pós-cozimento devem ser considerados como áreas de investigação para melhoria da estabilidade física das dietas experimentais produzidas em laboratório.

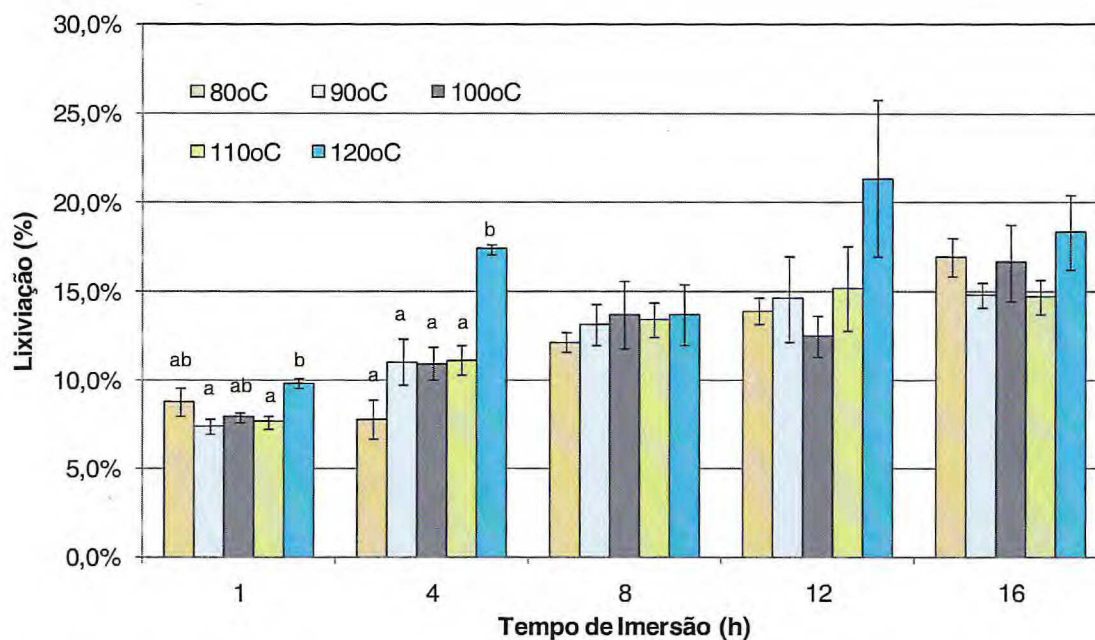


Figura 6 - Lixiviação de matéria seca (média \pm erro padrão) de dietas experimentais de camarão submetidas a diferentes temperaturas de cozimento durante um processo laboratorial de extrusão. As dietas foram submetidas aos períodos de imersão em água salgada (35‰ e $28,4 \pm 1,1^\circ\text{C}$) de 1, 4, 8, 12 e 16 h. Colunas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre temperaturas de cozimento em cada tempo de imersão em água ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD. Ausência de letra indica diferença estatística não significativa.

4. CONCLUSÕES

Através do presente estudo pode ser concluído que:

- 1) A determinação de lixiviação de dietas experimentais em água estática funcionou para quantificar a perda de matéria seca de dietas para camarões marinhos.
- 2) As rações comerciais avaliadas no presente estudo não apresentaram diferença estatística significativa quanto as suas características de estabilidade física em água.
- 3) A lixiviação de matéria seca das rações comerciais aumentou de forma significativa após 4 h de imersão em água salgada (35‰).
- 4) O método laboratorial de extrusão proporcionou maior retenção de matéria seca nas dietas experimentais comparado ao método de peletização tradicionalmente utilizado em laboratório.
- 5) A adição de aglutinante sintético em dietas extrusadas foi mais eficaz a 0,5 e 0,7%, enquanto que na dieta peletizada o efeito foi menos consistente com um aumento da inclusão de aglutinante.
- 6) O efeito de maiores inclusões de aglutinante sintético foi menos potencializado na medida em que se aumentou o tempo de exposição da dieta em água (1, 4, 8, 12 e 16 h).

REFERÊNCIAS

ANDRIOLA-NETO, F.F. **Avaliação de atrativos visando uma redução nos níveis de inclusão de farinha de peixe em dietas balanceadas do camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*)**. Monografia para obtenção do título de Engenheiro de Pesca. Departamento de Engenharia de Pesca, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará. 2006.

CARVALHO, E.A.; NUNES, A.J.P. Effects of feeding frequency on feed leaching loss and grow-out patterns of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* fed under a diurnal feeding regime in pond enclosures. **Aquaculture**, v. 252, p. 494–502. 2006.

CRUZ-SUÁREZ, L.E.; RICQUE-MARIE, D.; TAPIA-SALAZAR, M.; MARÍN-ZALDIVAR, L.F.; GUAJARDO-BARBOSA, C.; NIETO-LÓPEZ, M.; SALINAS-MILLER, A. Historia y estatus actual de la digestibilidad y de algunas características físico químicas de los alimentos comerciales para camarón usados en Mexico. In: Cruz-Suárez, L.E.; Ricque-Marie, D.; Tapia-Salazar, M.; Gaxiola-Cortés, M.G.; Simoes, N. (Eds.). **Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. 3 a 6 de setembro de 2002. Cancún, Quintana Roo, México. 2002.

FLORES, S.E.; MARTINEZ, S.E.V. Critical operations on the manufacture of pelleted feeds for crustaceans. **Aquaculture**, v. 114, p. 83-92. 1993

LATUZ, M.O. Comparacion entre extruído y pelletizado em alimnetos de camarones. In: Cruz Suárez, L. E., Ricque Marie, D., Nieto López, M. G., Villareal, D., Scholz, U. y González, M. 2004. **Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. 16 a 19 de novembro de 2004. Hermosillo, Sonora, México.

LIM, C.; CUZON, G. Water stability of shrimp pellet: a review. **Asian Fisheries Science**, v. 7, p. 115-127. 1994.

NUNES, A.J.P. **Manual Purina de Alimentação para Camarões Marinhos**. Paulínia, São Paulo. Agribbrands do Brasil Ltda., 40 p. 2000.

OBALDO, L.G.; DIVAKARON, S.; TACON, A.G. Method for determining the physical stability of shrimp feeds in water. **Aquaculture Research**, v. 33, p. 369, 377. 2002.

SEIFERT, W.Q.; MARQUES, L.C.; BORBA, M.R.; GOMES, S.Z. Estudo da eficiência de três rações comerciais e uma experimental sobre o crescimento de juvenis do camarão “rosa” *Penaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) em condições de laboratório. **B. Inst. Pesca** (Especial), v. 24, p. 213-219. 1997.

VALENTI, W.C. **Aquicultura sustentável**. In: Congresso de Zootecnia, 12o, Vila Real, Portugal, 2002, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais. p. 111-118. 2002.