



Universidade Federal do Ceará
Instituto de Ciências do Mar - Labomar
Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais

Tratamento Alternativo Para Água de Descarte -
Solução de Metabissulfito de Sódio-Utilizada na
Fase de Pré-Beneficiamento de Camarões Marinhos
Cultivados Durante a Despesca.

Ocilene Maria Correia Ferreira Macena

543
12t
N. Cham.: D 639.543 M112t
Autor: Macena, Ocilene Maria Corre
Título: Tratamento alternativo para



13888833 Ac. 87049

BICM

Fortaleza
2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR – LABOMAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

**TRATAMENTO ALTERNATIVO PARA ÁGUA DE DESCARTE –
SOLUÇÃO DE METABISSULFITO DE SÓDIO - UTILIZADA NA FASE DE
PRÉ-BENEFICIAMENTO DE CAMARÕES MARINHOS CULTIVADOS
DURANTE A DESPESCA.**

OCILENE MARIA CORREIA FERREIRA MACENA

Fortaleza – 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR – LABOMAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

OCILENE MARIA CORREIA FERREIRA MACENA

***TRATAMENTO ALTERNATIVO PARA ÁGUA DE DESCARTE –
SOLUÇÃO DE METABISSULFITO DE SÓDIO - UTILIZADA NA FASE DE
PRÉ-BENEFICIAMENTO DE CAMARÕES MARINHOS CULTIVADOS
DURANTE A DESPESCA.***

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado em Ciências Marinhas
Tropicais da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção
do título de MESTRE.

ORIENTADOR: Prof Dr. José Arlindo Pereira

Fortaleza – 2007

Após a finalização dos trabalhos da defesa de Dissertação de Mestrado da aluna, **Ocilene Maria Correia Ferreira Macena** intitulada "Tratamento alternativo para água de descarte – solução de metabissulfito de sódio, utilizada na fase de pré-beneficiamento de camarões marinhos cultivados durante a despesca", a Banca Examinadora considerando o conteúdo do trabalho e a apresentação realizada considera a **DISSERTAÇÃO APROVADA**.

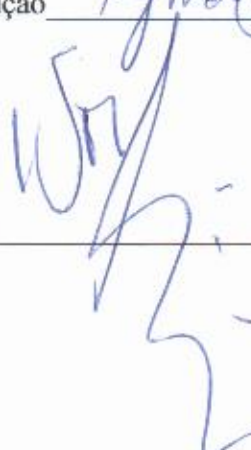
Prof Dr José Arlindo Pereira
(orientador)



Prof Dr. Raimundo Nonato de Lima Conceição
(membro interno)



Prof. Dr. Walter Moreira Júnior
(membro externo)



Fortaleza, 27 de setembro de 2007

Dedico às minhas filhas Bárbara e Paula,
ao meu esposo e incentivador, e com
amor aos meus pais que são minha fonte
de coragem para seguir adiante.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo e de todos agradecemos a Deus.

Ao Governo do Estado do Maranhão que disponibilizou e incentivou o meu ingresso no curso de Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais da UFC.

A empresa COMPESCAL – Comércio de Pescado Aracatiense na pessoa do Sr. Adalmir Valentin, que muito colaborou com o desenvolvimento da pesquisa.

A minha família que tanto demonstrou carinho como compreensão para que chegássemos ao final de mais uma caminhada com êxito.

A minha estimada amiga e professora Norma Perdigão.

As palavras de incentivo dadas nas horas mais complicadas do generoso Prof^o Masayoshi Ogawa.

Ao meu orientador e conterrâneo Professor Arlindo por toda dedicação demonstrada.

A maravilhosa Professora Tereza Cristina, por toda paciência e alegria que sempre traz consigo e ilumina todos do seu convívio.

A amiga Aninha Falcão que mostrou desprendimento na colaboração das análises realizadas no laboratório da empresa COMPESCAL.

A estimada Rosângela com seu espírito iluminado e sempre disponível.

RESUMO

Um dos impactos ambientais causados pela carcinicultura é sem dúvida o descarte da solução de metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) utilizada durante a despesca. Esta pesquisa se propõe a corroborar com os órgãos normalizadores da atividade, embasada em experimentos de metodologia simples e eficaz, para que estes possam exigir dos empreendedores da carcinicultura atitudes de responsabilidade ambiental. Foram realizados diferentes métodos de tratamento: o Experimento 1 mantendo a solução de metabissulfito de sódio em estado de repouso para averiguar o comportamento de sua concentração através do método Iodométrico, pH, salinidade e Oxigênio Dissolvido – OD, por um período de 9 dias. No Experimento 2 aplicou-se a intervenção mecânica através do uso de aerador e verificação dos mesmos parâmetros do Experimento 1. Sendo assim, os resultados mostram que apenas a redução da concentração da solução de metabissulfito de sódio pode ainda causar impactos sobre a biota, tornando altamente necessários os tratamentos químicos de neutralização deste composto. Com isso, nos Experimentos 3 e 4 foi testado, o uso da $\text{Ca}(\text{OH})_2$, em diferentes concentrações, mostrando a sua função tanto de neutralizar como reduzir o teor de metabissulfito de sódio dissolvido em solução de descarte da despesca de camarões.

ABSTRACT

One of the environmental impacts caused by the shrimp production is, without a doubt, the discarding of the sodium metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) solution used during the harvest, this research has the objective of contribute with the regulating agencies of the activity, based in experiments of simple and efficient methodology, and can demand of the entrepreneurs of the shrimp production attitudes of environmental responsibility. Different methods of treatment were used: experiment 1 had been carried through keeping the solution of sodium metabisulfite in rest state to verify the behavior of its concentration, pH, salinity and Dissolved Oxygen - OD, for a period of 9 days. In experiment 2 it was applied mechanic intervention through aerator and to verify the same parameters of experiment 1, Being been thus, the results show that only the reduction of the concentration of the sodium metabisulfite solution can still cause impacts on marine biota, becoming necessary the chemical treatments of neutralization of this composition. Taking in account these results, the experiments 3 and 4 in this study had been tested the use of the calcium hidroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), in different concentrations, with the objective to neutralize and decrease the level of metabisulfite in the discarding water.

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1-	Rede <i>Bag-net</i> montada na comporta de drenagem.	14
FIGURA 2 -	Vista parcial da estrutura montada para a despesca.	15
FIGURA 3 -	Imersão do camarão em solução de metabissulfito de sódio.	16
FIGURA 4 -	Análise Sensorial realizada durante a Despesca.	18
FIGURA 5-	Escala pontual do grau de melanose em camarões da FAO. Fonte Revista Panorama Aquícola Magazine	24
FIGURA 6-	Localização Espacial da Fazenda COMPESCAL – Comércio de Pescado Aracatiense Ltda / Aracati - CE.	34
FIGURA 7-	Caixa de fibra de vidro utilizada para o tratamento com aeração da solução de descarte utilizada na despesca.	35
FIGURA 8-	Relação entre o tempo de residência da solução de metabissulfito de sódio em água do viveiro (AV) e água destilada (AD) X concentração de SO ₂ .	38
FIGURA 9-	Relação entre concentração de metabissulfito de sódio x tempo de aeração.	41
FIGURA 10-	Relação entre concentração de Oxigênio Dissolvido x tempo de aeração.	42
FIGURA 11-	Evolução dos parâmetros retirados de SO ₂ , pH e OD durante o Experimento II.	42
FIGURA 12-	Evolução do percentual de redução da concentração de Na ₂ S ₂ O ₅ antes tratamento com hidróxido de cálcio.	44
FIGURA 13-	Evolução da média do percentual de redução da concentração de Na ₂ S ₂ O ₅ após tratamento com hidróxido de cálcio em diferentes concentrações.	46
FIGURA 14-	Evolução da média do percentual de incremento do pH após tratamento com hidróxido de cálcio em diferentes concentrações.	47

LISTA DE TABELAS

		Pág.
TABELA 1-	Desempenho da Carcinicultura Brasileira em 2003 e 2004.	12
TABELA 2-	Especificações do metabissulfito de sódio marca BASF.	20
TABELA 3-	Escala usada para descrever e padronizar a ocorrência de melanose em camarões (adaptado do Code Federal Regulations – USA)	23
TABELA 4-	Especificações técnicas do aerador a ser utilizado no experimento.	32
TABELA 5-	Dados referentes às análises da concentração de metabissulfito de sódio, pH, salinidade e OD da solução de metabissulfito de sódio preparada com água do viveiro (AV) e com água destilada (AD).	37
TABELA 6-	Dados referentes ao percentual de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, pH, OD e salinidade na solução de descarte da despesca sob diferentes tempos de aeração.	41
TABELA 7-	Dados referentes às leituras de pH em intervalos de tempo de 30 minutos.	41
TABELA 8-	Dados referentes ao pH e a concentração de metabissulfito de sódio da solução antes e após tratamento com hidróxido de cálcio.	44
TABELA 9-	Dados referentes à média do percentual de redução da concentração de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ e desvio padrão (SD) da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ para diferentes concentrações de $\text{Ca}(\text{OH})_2$.	45
TABELA 10-	Dados referentes à média do percentual de incremento e desvio padrão (SD) do pH da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ em diferente concentração de $\text{Ca}(\text{OH})_2$.	46

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	08
LISTA DE TABELAS	09
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 A Despesca de camarões criados em cativeiro	14
2.2 O Metabissulfito de Sódio utilizado durante a despesca	20
2.3 Melanose	23
2.4 O Metabissulfito de sódio e o meio ambiente	26
2.5 Tipos de descartes da solução de metabissulfito de sódio	29
2.6 Princípios da aeração	31
3 MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 Área de Estudo	34
3.2 Experimento I – Soluções de metabissulfito de sódio preparadas em água destilada e de viveiro	35
3.3 Experimento II - Solução de metabissulfito de sódio de descarte da despesca de camarões utilizando aeração superficial	35
3.4 Experimento III – Neutralização da solução de metabissulfito de sódio de descarte da despesca de camarões utilizando hidróxido de cálcio baseado na concentração inicial de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	36
3.5 Experimento IV – Neutralização da solução de metabissulfito de sódio de descarte da despesca de camarões utilizando hidróxido de cálcio em diferentes concentrações	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5 CONCLUSÕES	49
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXOS	55

1 INTRODUÇÃO

A atividade de cultivo de camarão é um dos segmentos da aqüicultura que mais se destaca dentre o setor pesqueiro mundial, sendo uma alternativa de maior viabilidade para o estabelecimento de uma ordem econômica no setor primário, onde a qualificação prévia de mão-de-obra não representa um obstáculo para a implantação dos seus empreendimentos, que de certa maneira contribui positivamente para o desenvolvimento de tecnologias, beneficiando o setor produtivo da aqüicultura mundial.

O Brasil possui condições climáticas e hidrobiológicas excepcionalmente favoráveis à exploração das diversas atividades econômicas derivadas da aqüicultura. Neste contexto, a carcinicultura marinha, a mais importante atividade aqüícola do mundo, encontra na faixa costeira do nosso País parâmetros ecológicos ideais para a sua exploração. Entretanto, enquanto nos últimos anos alguns países emergentes como a China, Equador, Filipinas, Tailândia, Indonésia e Índia, elevaram a carcinicultura à uma condição de destaque como geradora de produtos de exportação por excelência, o seu crescimento no litoral brasileiro é apenas incipiente, quando se considera a excepcional condição natural predominante (ROCHA, 2005).

Pode-se enfatizar que o Brasil é dotado de clima tropical sem alterações sazonais significativas ao longo do ano, aliada à quantidade natural dos elementos água e solos costeiros, que criam condições ideais de produtividade natural para a produção de camarão marinho cultivado. Com as vantagens que a natureza oferece, as fazendas brasileiras de camarão marinho devem estar comprometidas com a preservação dos ecossistemas explorados, em consonância com o Código de Conduta do Setor e a legislação ambiental brasileira. Os compromissos dos produtores com a sustentabilidade do agronegócio em termos ambientais e econômicos e o respeito ao social são marcos de referência que devem se destacar tanto quanto a produtividade brasileira do camarão marinho no âmbito internacional.

O cultivo do camarão marinho no Brasil, que registrou crescimentos elevados e consistentes de seus principais parâmetros de desempenho desde o início de sua produção comercial em 1996 até 2003, confrontou em 2004 problemas que afetaram seu desempenho global (produtividade, produção e exportações). A Tabela 1, revela os principais resultados do censo de 2004 e os compara com os de 2003, na qual a produção caiu de 90.190 toneladas para 75.904 toneladas (-15,84%), a produtividade de 6.084 kg/ha/ano para 4.573 kg/ha/ano (-24,84%) e as exportações de US\$ 226,6 milhões para US\$ 198,0 milhões (-12,40%) (RODRIGUES, 2005).

TABELA 1 – Desempenho da Carcinicultura Brasileira em 2003 e 2004

Variáveis Levantadas	2003	2004	Variação (%)
Nº de Produtores	905	997	10,2
Área (há)	14.824	16.598	12,0
Produção (ton)	90.190	75.904	-15,8
Produtividade (kg/ha/ano)	6.084	4.510	-25,9
Exportações (US\$/milhões)	226,0	198,0	-12,4

Fonte: Dados Estatísticos do Censo 2004 – ABCC.

A atividade de carcinicultura marinha, cujo domínio da tecnologia de reprodução e cultivo já é uma realidade no Brasil, representa a alternativa mais viável do ponto de vista sócio-econômico para a exploração de vastas áreas estuarinas. O desenvolvimento dessa atividade em particular, tem gerado debates nos últimos anos sobre seus custos e benefícios sociais e ambientais (ROCHA, 2005).

A rápida expansão do cultivo de camarão tem chamado a atenção para a necessidade de estratégias efetivas de manejo e gerenciamento. Essas estratégias são necessárias para aumentar as contribuições positivas que o cultivo de camarão pode realizar para o crescimento econômico e a diminuição da pobreza em áreas costeiras, como também para controlar os impactos sociais e ambientais negativos que

eventualmente podem acompanhar projetos mal planejados e regulamentados (ROCHA, 2007).

Reconhecendo que os desafios para um melhor manejo do cultivo de camarão em nível de substituição do aditivo metabissulfito de sódio para inibição da melanose, e principalmente o que fazer com a solução depois de utilizada são complexos, e que melhores práticas muitas vezes são obtidas mediante a identificação e análise de lições aprendidas e a troca de informações, e para contribuir com a solução do problema esta pesquisa se predispõe a planejar um tratamento alternativo da solução de metabissulfito de sódio através da eliminação do sulfito de SO_2 e sua respectiva neutralização.

Um dos impactos ambientais causados pela carcinicultura é sem dúvida o descarte da solução de metabissulfito de sódio utilizada durante a despesca, esta pesquisa se propõe a corroborar com os órgãos normalizadores da atividade, embasado em experimentos de metodologia simples e eficaz, para que estes possam exigir dos empreendedores da carcinicultura atitudes de responsabilidade ambiental, sendo condicionante para a obtenção de licença operacional o tratamento adequado da água de descarte do pré-beneficiamento realizado ainda na fazenda de cultivo. Portanto, promover o tratamento da água de descarte da solução de metabissulfito de sódio utilizada durante a despesca, eliminando o sulfito de sódio e neutralizando-o, descartando-o com segurança ao meio ambiente é o desafio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Despesca de camarões criados em cativeiro

A última etapa de um cultivo de camarões marinhos é a despesca, e para que a mesma de fato comece, alguns procedimentos preliminares devem ser realizados. Primeiramente inicia-se pela drenagem do viveiro, retirando gradativamente as tábuas da comporta de drenagem, pois grande parte dos camarões, sentindo a redução brusca do nível de água no viveiro, realiza muda indisponibilizando a despesca.

Na parte anterior da comporta de drenagem é colocada uma rede chamada de "bag-net" responsável pela captura dos camarões. Uma outra rede "bag-net" é colocada logo após a primeira, para o caso dessa rede se rasgar (Figura 1).



FIGURA 1- Rede *Bag-net* montada na comporta de drenagem.

No dique do viveiro é montada a estrutura da despesca, composta por barraca, as caixas utilizadas para a imersão dos camarões em solução de metabissulfito, as caixas com gelo, uma balança e uma estrutura onde fica o

responsável pela despesca e pela balança; além de uma equipe responsável pela despesca (Figura 2).



FIGURA 2 – Vista parcial da estrutura montada para a despesca.

A equipe de despesca é dividida em quatro grupos. O grupo que fica na comporta responsável pela captura dos camarões, o grupo que leva o camarão da comporta para a balança, o grupo responsável pelo choque térmico e imersão do camarão em solução de metabissulfito de sódio, e por fim o grupo responsável em acondicionar os camarões em monoblocos plásticos com gelo para serem encaminhadas à indústria de beneficiamento.

Segundo Carvalho et al. (2005), os camarões são despescados geralmente quando atingem um peso médio de 10 a 16 g podendo variar de acordo com a espécie e o mercado. As despescas são realizadas preferencialmente à noite para coincidir com o horário de maior movimento dos camarões e de temperaturas amenas, minimizando o estresse e refletindo positivamente sobre a sua qualidade. O nível do viveiro é rebaixado com antecedência e a coleta é feita na comporta com a passagem da água que está saindo do viveiro. Os camarões coletados na rede de espera (*bag net*) são imersos imediatamente em água gelada em torno de 3 a 5 °C, com 5 ppm de cloro e 1,25% de metabissulfito de sódio por um minuto. Posteriormente, são acondicionados em monoblocos plásticos com gelo, e transportados até à indústria em caminhões tipo baú isotérmico. Porém, na prática, esta concentração não é suficiente para evitar a

melanose (OGAWA e FERREIRA, 2003). As concentrações normalmente utilizadas de metabissulfito de sódio variam entre 5 a 10% e o tempo de imersão varia de 2 a 20 minutos (BOYD e GAUTIER, 2002; ARAÚJO e ARAÚJO, 2004).

Para a imersão inicial, a preparação da solução do metabissulfito de sódio é feita a partir de 400 litros de água e gelo, adicionando 24 kg de metabissulfito em pó, o que corresponde à uma solução cuja concentração de 6 % de metabissulfito de sódio. As equipes da despesca geralmente operam com uma bateria média de cinco caixas. A cada nova bateria de imersão o metabissulfito de sódio é repostado, retira-se o excesso da solução até atingir o nível inicial de 400 litros, e uma quantidade adicional de 3 kg é introduzida para a correção da concentração inicial (Figura 3).



FIGURA 3 - Imersão do camarão em solução de metabissulfito de sódio.

A reposição é realizada porque ocorre o decréscimo da concentração inicial do metabissulfito de sódio, seja pela diluição através do degelo ou pela adição de mais gelo, pela absorção de sulfito pelos camarões, pela volatilização com o ar atmosférico ou pela perda natural da sua eficácia (OGAWA, et al, 2004). Segundo Góes (2005), a concentração de metabissulfito de sódio recomendada para a imersão dos camarões é uma questão muito importante. Segundo a autora, apesar dos estudos e de observações práticas de campo, ainda não se chegou a um consenso por parte de vários pesquisadores quanto à concentração mínima mais eficaz a ser utilizada na

prevenção da melanose e que se enquadre nos parâmetros máximos aceitáveis de resíduo do conservante.

Por não se ter um consenso da concentração mais eficaz e que resulte numa concentração residual dentro dos limites estabelecidos por lei, a aplicação de metabissulfito de sódio em camarões após a despesca, varia muito de um produtor para outro. Essa falta de uniformidade na aplicação resulta em camarões com níveis variados de SO_2 , quando elevado pode ser rejeitado pelas exigências do mercado e quando baixo, perder a qualidade devido a melanose (VIEIRA, 2005).

Na verdade o que ocorre é uma adição de quantidade de metabissulfito de sódio sem haver um conhecimento técnico. Na prática essa correção é feita de forma aleatória, uma vez que não há procedimentos aplicáveis para identificar o valor sua concentração na solução. Portanto, não se sabe qual a quantidade certa a ser adicionada para que realmente iniba o aparecimento de manchas pretas sem acarretar em resíduo excessivo de SO_2 , pode ocorrer que uma grande quantidade de sulfito esteja sendo desperdiçada. Além do gasto financeiro, o uso em excesso de sulfito resulta no aumento também do teor de SO_2 residual nos camarões (OGAWA et al, 2004), cuja concentração de até 100 ppm, não se constitui como prejudicial à saúde dos consumidores, segundo a Organização Mundial de Saúde (ROCHA e MAIA, 1998).

O conceito de segurança alimentar está diretamente relacionado a alimentos integros e seguro. Conforme a comissão do Codex Alimentarius, todas as pessoas têm o direito ao acesso a alimentos inócuos, de boa qualidade e aptos para o consumo. Para a obtenção de camarões que atendam a esses requisitos, ações de prevenção e controle são primordiais, isto inclui a presença de uma infraestrutura, o desenvolvimento de Procedimentos Operacionais Padronizados (POP), aliados ao sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), a manutenção da biossegurança, o abastecimento com água tratada, o uso responsável de produtos químicos e assegurar o estado de sanidade do cultivo através de testes laboratoriais (FAO, 1999; FAO, 2003)

Durante toda a despesca são feitas análises sensoriais a cada 500 kg de camarão pesado, verificando assim o seu estado de qualidade (Figura 4). Além disso, a aplicação de medidas de biossegurança nas fazendas, que não utilizam agrotóxicos, pesticidas e antibióticos, e a adoção do sistema APPCC, tanto nos criatórios de camarões, como nos centros de processamento, sob fiscalização do Ministério da Agricultura, garantem um produto final com inocuidade e excelente qualidade.



FIGURA 4 - Análise Sensorial realizada durante a Despesca.

A maior parte dos defeitos encontrados nos camarões cultivados não incide na inocuidade do produto, mas é decisivo para uma boa comercialização e pode ser minimizada ainda na fazenda mediante procedimentos de cultivo adequados e com a adoção de Boas Práticas de Aqüicultura e Biossegurança, especialmente durante a despesca, quando se deve tomar cuidados especiais com a manipulação, com o nível de temperatura, tempo e com as condições de armazenagem dos camarões recém despescados (CARVALHO et al, 2005).

A aparência dos camarões é um importante fator no papel de avaliação deste produto no mercado. Principalmente, quando se trata de camarões com cabeça. Os consumidores geralmente preferem cores vivas, com boa apresentação e sem manchas escuras que caracterizam a queda na qualidade do produto.

A conquista da qualidade é atualmente um requisito essencial para permanecer no mercado. A qualidade é exigida dentro das especificações previamente estabelecidas tanto pelas autoridades brasileiras como pelas autoridades sanitárias dos países para os quais o camarão é exportado (OLIVEIRA, 2005).

2.2 O Metabissulfito de Sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) utilizado durante a despesca

O metabissulfito de sódio estudado nesta pesquisa foi o utilizado pela empresa COMPESCAL - Comércio de Pescado Aracatiense Ltda, durante suas atividades de despesca. Segundo ficha técnica disponibilizada pelo fornecedor do produto (Tabela 2), o metabissulfito de sódio é um agente redutor, antioxidante, inibidor na proliferação de microorganismos e agente branqueador, cuja fórmula química é $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, estado físico sólido na forma de pó com coloração branca amarelada, sabor característico de SO_2 , com peso molecular 190,12 g/mol e pH em solução aquosa de 5 % em temperatura de 20 °C variando em torno de 3,8 a 4,8. A sua densidade aparente entre 1,10 a 1,20 g/cm³ tendo um percentual de 65,5 de solubilidade em água e uma pureza mínima de 97,2 %.

TABELA 2 - Especificações do metabissulfito de sódio marca BASF

Parâmetro	Unidade	Valor médio	Especificações	Método de Análise
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	g/100g	98,0	Min. 97,2	ANSI PH4.276-1980
SO_2	g/100g	66,0	Min. 65,5	Calculado
Valor de pH em solução 10%	-	< 4,6	4,0 – 4,8	RCA/s-s-066

Fonte: <http://www.basf.de/basf/img/produkte>

O metabissulfito de sódio é um produto mundialmente utilizado na profilaxia da melanose, pois funciona como inibidor do oxigênio molecular tendo como residual o dióxido de enxofre (SO_2). Segundo o *Federal Food, Drug and Cosmetic- ACT*, órgão responsável pela regulamentação dos preservativos e aditivos alimentares nos EUA, no

ano de 1958 reconheceu os sulfitos como seguros, quando usados em concentrações adequadas, recebendo a sigla GRAS (*Generally Recognized as Safe* – “usualmente recomendado como seguro”) (VALENÇA e MENDES, 2004). Silva (1988), relata que os sais de sulfito mais utilizados como aditivos são o sulfito de sódio anidro ou anidrido ($\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$), o metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e óxido de enxofre (SO_2).

Em camarões, usualmente não se utiliza o sulfito e bissulfito de sódio, para a prevenção da melanose, pois são considerados redutores e instáveis quando expostos ao ar atmosférico (O_2). Ressalta-se ainda que o sulfito de sódio oxida-se formando sulfato, perdendo suas propriedades químicas para o tratamento do camarão. Dentre os sulfitos, o metabissulfito é o composto de maior estabilidade e que dispõem de maior quantidade de SO_2 quando diluído em água, sendo desta forma o produto mais indicado para o tratamento do camarão (SILVA, 1998).

De acordo com a definição do Ministério da Saúde, aditivo para alimentos é toda substância intencional adicionada ao mesmo com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades, desde que não prejudique seu valor nutritivo (CALL e AGUIAR, 1999).

Com o objetivo de retardar o aparecimento de manchas pretas, a utilização de bissulfitos e metabissulfitos de sódio é permitida, aprovada pelo Decreto Lei nº 986, de 21/10/1969, que institui as “Normas Básicas sobre Alimentos” e o Decreto nº 55.871, de 23/03/1965, que regula o uso de aditivos em alimentos (BRASIL, 1978).

De acordo com Atkinson et al. (1993), as reações químicas do Metabissulfito de sódio em contato com a água ocorrem da seguinte forma:



Conforme as equações acima, verifica-se que o metabissulfito de sódio logo após reagir com a água libera o gás de enxofre (SO_2), continuando a reagir com água

irá formar um ácido sulfuroso. Segundo Teles Filho (2005), a quantidade de dióxido de enxofre gerado pelos sulfitos em dissolução depende do pH e da temperatura.

No entanto, ainda existe uma lacuna nas medidas de controle de qualidade e preservação ambiental, que é um monitoramento mais rígido com relação ao descarte da solução de metabissulfito de sódio utilizada no pré-beneficiamento da despesca. Deve-se levar em consideração que a questão ambiental é determinante para manutenção de qualquer atividade econômica (OGAWA et al, 2004). As soluções de metabissulfito de sódio utilizadas, geralmente, são descartadas em locais inapropriados, seja em valas ou reservatórios, e podem ser despejados em canais ou rios, comprometendo o meio ambiente, motivos da mortalidade em massa de animais da fauna da área de entorno (CRUZ, 2004).

2.3 Melanose

Segundo Ogawa e Maia (1999), a formação de melanina compreende uma reação enzimática oxidativa, seguida de reações de auto-oxidação e polimerização. Entretanto, os fatores que induzem essa cadeia de reações ainda não estão bem definidos. Por outro lado, é patente que o estudo do fenômeno em causa deve contemplar vários aspectos fisiológicos."

A melanina se forma por processos de fenolase e compostos fenólicos contidos na hemolinfa e cutícula. Além do mais, sabe-se que cada estágio do ciclo ecdísial conta com a intervenção de processos fisiológicos específicos.

Com a finalidade de padronizar o grau de severidade dos defeitos causados pela melanose, bem como determinar os limites aceitáveis quanto à apresentação e qualidade dos camarões *in natura*, o Departamento do Comércio dos EUA faz uso de uma escala de melanose, baseada na escala desenvolvida pelo Serviço Nacional de Pesca Marinha dos EUA (Tabela 3).

TABELA 3 - Escala usada para descrever e padronizar a ocorrência de melanose em camarões (adaptado do *Code Federal Regulations – USA*)

Escala	Condições de melanose	Conseqüências Comerciais	USDC*
0	Ausência	Valor possivelmente reduzido	A
2	Leve, perceptível em poucos camarões	Valor reduzido	B
4	Leve, perceptível na maioria dos camarões	Valor definitivamente reduzido	B
6	Moderado, perceptível na maioria dos camarões	Valor definitivamente reduzido	B
8	Forte, perceptível na maioria dos camarões	Inaceitável	C
10	Muito forte, em todos os camarões	Inaceitável	C

Fonte: Otwell e McEvily (1990). * Departamento de Comércio dos Estados Unidos (U.S. Department of Commerce)

Segundo Brun-Lucien (2006), a melanose é uma reação bem conhecida em crustáceos, e também nas frutas e vegetais, e acontece através de uma reação bioquímica natural. A melanose por si só não deve ser considerada como um indicativo de tratamento inadequado pós-despesca, não é prejudicial à saúde dos consumidores, mas pode gerar perdas econômicas significativas, uma vez que modifica a aparência externa dos camarões podendo causar rejeição ao seu consumo.



FIGURA 5 – Escala pontual do grau de melanose em camarões da FAO. Fonte Revista Panorama Aquícola Magazine.

Inicialmente, o surgimento da melanose em camarões é identificado por pontos negros que aparecem no cefalotórax, apêndices e membranas inter-segmentais, promovidas por reações enzimáticas, ou não (Figura 5). Há dois biomecanismos nos camarões em estado pós-morte que resultam na formação da melanose, sendo que um deles não requer enzimas, mas no outro a tirosinase é o fator principal. Sob a ação das enzimas proteolíticas as moléculas de tirosinase são liberadas para os tecidos. Quando a tirosina está na presença de tirosinase, ela se transforma em DOPA, de cor

amarelo-clara. A tirosina é liberada para a hemolinfa pelas glândulas localizadas na carapaça. Isso explica porque os danos no exoesqueleto provocam o escurecimento rápido, que resulta da ruptura das glândulas secretora da tirosinase. Pela ação enzimática (oxidação do polifenol – PPO) e/ou oxidativa, a DOPA muda para DOPA quinona, de cor amarelo, que é transformada em melanose por condensação (BRUN-LUCIEN, 2006).

O mesmo autor afirma que os principais fatores envolvidos na melanose são:

1- A enzima tirosinase com especificidade restrita e que é classificada como uma fenoloxidase. A ação da enzima tirosinase sob a tirosina é inibida em pH igual a 3, mas estes ácidos desnaturam a carne do camarão;

2- O oxigênio que age em todas as reações de oxidação. É neste ponto que o antioxidante atuará no combate a melanose;

3- A presença de um ou mais substratos adequados, como a tirosina, DOPA entre outros;

4- A influência de fatores externos, bióticos: fase de mutação, espécies, etc; e abióticos: temperatura, danos físicos, etc. A temperatura reduz a reação enzimática, mas não a interrompe e sem dúvida é fundamental o resfriamento rápido do camarão.

Para retardar o aparecimento da melanose em camarões cultivados todo o processo de despesca deve ser efetuado de forma rápida e eficiente; com mão-de-obra treinada, uma vez que as reações enzimáticas podem ser aceleradas pelo manejo físico inadequado, principalmente os fatores tempo x temperatura x higiene.

Como prevenção do escurecimento oxi-enzimático para o camarão, bem como para outros produtos alimentares sujeitos ao enegrecimento, faz-se necessária a adição de sulfitos. Os sais de sulfitos são aditivos que pertencem à categoria dos conservantes e têm papel importante na indústria de alimentos (SILVA, 1998).

2.4 O Metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) e o meio ambiente

A rápida expansão do cultivo de camarão tem chamado à atenção para a necessidade de estratégias efetivas de manejo e gerenciamento. Essas estratégias são necessárias para aumentar as contribuições positivas que o cultivo de camarão pode realizar para o crescimento econômico e a diminuição da pobreza em áreas costeiras, como também para controlar os impactos sociais e ambientais negativos que eventualmente podem acompanhar projetos mal planejados e regulamentados (ROCHA, 2007). A aqüicultura pode interagir com o meio ambiente de forma neutra, positiva ou negativa, no entanto, as interações ambientais negativas são as mais visíveis (WAINBERG e CÂMARA, 1998). Somente através da escolha correta de um estilo de criação com alto grau de sustentabilidade sócio-ambiental, e da sustentabilidade advinda das técnicas de produção, será possível conservar os recursos naturais renováveis que servem de suporte às criações. Conservando-se o patrimônio natural, conserva-se também a possibilidade de manter viável a atividade por um horizonte temporal muito longo, condição absolutamente necessária para dinamizar a economia das mais diversas regiões (ROCHA, 2005).

O metabissulfito de sódio quando utilizado inadequadamente acarreta prejuízos à saúde dos consumidores, manipuladores e suas soluções residuais quando descartadas sem nenhum tratamento, provoca grande impacto ambiental ao entrar em contato com corpos de águas naturais (VIEIRA, 2005). Sendo o Metabissulfito de sódio um agente oxidante, quando esse composto é lançado no ambiente, ele reage com o oxigênio dissolvido da água formando sulfato ácido de sódio que se dissocia em sódio e íons bissulfato, diminuindo a concentração de oxigênio na água. Cada miligrama de bissulfito de sódio consome 0,15 mg/L de oxigênio dissolvido. Nessa reação, ainda acontece a liberação do gás dióxido de enxofre (SO_2) (CRUZ, 2004).

A solução de bissulfito de sódio reage com o oxigênio dissolvido para se transformar em sulfato ácido de sódio, um produto ácido. Os íons de hidrogênio

responsáveis pela acidez, resultam desta reação porque o sulfato ácido de sódio se dissocia em íons de sódio e de bissulfatos (sulfato ácido). Estes íons de hidrogênio podem causar declínio no pH e na alcalinidade total da água pela neutralização dos bicarbonatos, BOYD (2002).

O mesmo autor afirma que uma solução de metabissulfito de sódio a 5 % corresponde a 50.000 mg/L de bissulfito de sódio, que pode reagir imediatamente com uma grande quantidade de oxigênio dissolvido. Cada miligrama de bissulfito de sódio pode resultar em uma quantidade de íons de hidrogênio suficientes para reduzir a concentração da alcalinidade total para 0,48mg/L.

Um forte exemplo de impacto do bissulfito no ambiente é que supondo um volume de 5 m³ de uma solução de bissulfito de sódio a 5 % será descarregada em um canal de águas paradas, com 1 Km de comprimento, 50 metros de largura e 1 metro de profundidade. Esta solução contém 250 kg de bissulfito de sódio, é capaz de remover 37,5 kg de oxigênio dissolvido e 120 Kg da alcalinidade total da água deste canal. Portanto se esta solução for imediatamente e totalmente dissolvida neste canal, ela diminuirá a concentração de oxigênio em 0,75 mg/L e a alcalinidade total para somente 2,4 mg/L, o pH provavelmente não vai se alterar para uma quantidade detectável porque a perda da alcalinidade será insignificante, e seu poder tampão (capacidade buffer) controlará suas oscilações (BOYD, 2002). Nesta região poderá ocorrer uma depleção no oxigênio dissolvido, unido a um grande declínio na alcalinidade total, provocando um drástico declínio nos valores de pH, cujos efeitos em cadeia, poderá levar ao estresse ou até mesmo à mortalidade de animais aquáticos presentes neste canal.

Segundo a Resolução CONAMA N° 312 de 10 de outubro de 2002, que dispõe sobre licenciamento ambiental dos empreendimentos de carcinicultura na Zona Costeira, em seu art. 14, afirma que o empreendedor deverá construir uma bacia de sedimentação, dentre outras medidas, para o tratamento e controle de efluentes.

Em estudo realizado pelo IBAMA (2005), foi verificado que 77% das fazendas brasileiras produtoras de camarão não possuíam bacias de sedimentação, lançando os efluentes e a solução de metabissulfito de sódio diretamente no corpo hídrico, ou seja, são irregulares frente à lei e causam impactos sobre o ambiente sendo necessário rever essa situação.

Cruz (2004), reporta em seu trabalho, que segundo relatos de carcinicultores, consultores e trabalhadores, o descarte da solução de metabissulfito de sódio, é realizado de várias maneiras: no próprio local de drenagem, depositado a céu aberto, enterrado em valas escavadas, e até cisternas fechadas localizadas próximo aos viveiros, onde este passa por um processo de neutralização.

Os dados constantes na literatura sobre possíveis impactos desse composto são muito reduzidos. Conseqüentemente, não se sabe a quantidade desse produto que poderia ser lançado no ambiente sem causar danos ao ecossistema. Em um número limitado de organismos aquáticos têm sido realizados testes para a avaliação ecotoxicológica. Porém, se tal produto retira oxigênio dissolvido na água pode ser considerado nocivo (ARAGÃO, 2006). O mesmo afirma que não existe legislação específica para o descarte desse produto no ambiente. Com isso, em seu estudo foram testados diferentes métodos para neutralização, inclusive o uso do hidróxido de cal (Ca(OH)_2), o que poderá vir a ajudar para uma futura normalização do descarte desse produto.

2.5 Tipos de descartes da solução de metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)

Segundo Boyd (2002), existem vários procedimentos para o tratamento da solução de metabissulfito de sódio utilizada durante a despesca de camarões, dentre estes destacam-se:

1- Desativação: consiste em desativar o bissulfito de sódio pelo tratamento com hipoclorito de cálcio ou outro composto clorado. Representa um método altamente perigoso para os operários envolvidos na atividade. Quando compostos clorados são misturados com soluções ácidas, um gás cloro altamente tóxico pode ser liberado. Uma pequena quantidade deste gás pode ser venenosa e até mesmo letal para quem estiver envolvido com o manuseio, principalmente se ocorrer à liberação de gás cloro em um ambiente fechado e com pouca ventilação. Para efetuar a realização de tal procedimento, recomenda-se o uso de máscaras e roupas protetoras contra gás.

2- Oxidação e neutralização: uma forma econômica para tratar resíduos de bissulfito de sódio, é descartá-lo em uma lagoa de oxidação ou qualquer outro sistema de tratamento residual de efluentes de viveiros ou plantas de processamento. Os resíduos serão oxidados e neutralizados dentro destes sistemas de tratamento, antes de serem descarregados para o meio ambiente. Se não existir um sistema de tratamento disponível, a solução de bissulfito de sódio pode ser colocada em tanques com aeração mecânica para que seja oxidado para bisulfatos e este ácido resultante pode ser neutralizado com hidróxido de cálcio ou hidróxido de sódio. A quantidade de aeração necessária pode ser determinada pelo monitoramento da concentração de oxigênio dissolvido. Quando esta concentração se estabilizar acima de 4 ou 5 mg/L, o bissulfito já estará oxidado. Cada quilograma de bisulfito de sódio vai requerer 0,36kg de hidróxido de cálcio ou 0,38 kg de hidróxido de sódio para ser neutralizado.

3- Outra alternativa é deixar a solução de bissulfito de sódio por um longo período em uma pequena lagoa de tratamento ou um grande tanque, para que seja oxidado naturalmente. Após completada a oxidação do bissulfito, a solução poderá ser

neutralizada com cal hidratada ou outro tipo de base, podendo ser liberada para o descarte seguro até o ambiente natural.

2.6 Princípios da aeração

Os sistemas de aeração têm dupla finalidade. A primeira é disponibilizar oxigênio suficiente para as necessidades dos microorganismos aeróbios, e a segunda é de provocar uma agitação e uma homogeneidade suficiente para que ocorra uma mistura completa.

Fundamentalmente, existem dois tipos de aeradores: aeração por difusão e aeração superficial ou mecânico. O sistema de aeração por difusão é composto por difusores submersos no líquido, tubulações distribuidoras de ar, tubulações de transporte de ar e sopradores. O ar é introduzido próximo ao fundo do tanque, e o oxigênio é transferido ao meio líquido a medida em que a bolha se eleva a superfície. Este tipo de sistema pode ser classificado pela porosidade do difusor e segundo o tamanho da bolha produzida. O difusor poroso pode ser de prato, disco, domo ou tubo, projetando bolhas finas. Já o difusor não poroso é composto de tubos perfurados ou com rachaduras produzindo bolhas grossas.

A aeração é um processo mecânico, por meio do qual incrementa-se o nível de oxigênio dissolvido em um corpo d'água. A utilização de aeradores de superfície promovem a agitação da superfície da água incrementando a interfase água/ar dos reservatórios. Os aeradores mecânicos aumentam a velocidade na qual o oxigênio entra na água fornecendo uma maior área superficial entre o ar e a água para facilitar a difusão. É importante observar que aeradores são mais eficientes quando as concentrações de oxigênio dissolvidos na água são muito baixas, pois a força impulsionadora que faz o oxigênio penetrar na água é a diferença de pressão entre o oxigênio e o ar e o oxigênio na água. Além disso, quando a água está supersaturada com oxigênio dissolvido a maioria dos aeradores transfere oxigênio da água para o ar como desoxigenadores (BOYD, 2004).

Os sistemas de aeração utilizados no nosso país resumem-se a dois tipos: aeração por ar difuso e aeração por agitação mecânica (aeradores superficiais). No

experimento II, foi utilizado o sistema de aeração mecânica, cujas especificações técnicas estão disposta na Tabela 4. Os agitadores mecânicos introduzem o oxigênio no tanque de aeração graças à ação de agitadores que promovem a exposição à atmosfera de pequenas partículas e filmes delgados do líquido, que é levantado em grande quantidade e sob forte agitação até uma altura acima do nível da água no tanque, permitindo assim a transferência de oxigênio e a dispersão e incorporação do ar no meio líquido (CASTRO, 1999). A capacidade da água para dissolver oxigênio depende da pressão atmosférica e salinidade da água (BOYD, 2004).

TABELA 4 – Especificações técnicas do aerador utilizado no experimento

Taxa de oxigenação:	SAE 2,42 kg O ₂ /kwh SORT 3,60 kg O ₂ /h
Potência	2HP, Trifásico 220/380V em 60 Hz
rotores	8 rotores de nylon com 5 pás cada
Peso:	98 Kg
Dimensões Gerais	1,63 (C) x 2,36 (L) x 0,95 (A) m
Flutuadores	03 em HDPE

Fonte: www.beraqua.com.br

Os aeradores são fabricados com potencias variando de 1 a 150 KW, caracterizando-se por sua capacidade de transferência de oxigênio, ou eficiência de oxigenação medida em KgO₂/Cv.h ou KgO₂/Kw.h e por transferir ao meio líquido uma parcela de energia para manter os sólidos em suspensão e impedir sua decantação no tanque de aeração, assim como sua eficiência, é função das características do aerador e da geometria do tanque de aeração. Os aeradores mecânicos geralmente são submetidos a testes de transferência de oxigênio, e os fabricantes às vezes relatam valores padrões de eficiência de aeração (SAE) para seus aeradores, no qual significa a quantidade de oxigênio que um aerador irá transferir por cavalo de força em uma

hora. Os valores SAE típicos para aeradores usados na aquicultura variam de 1 a 2 kg oxigênio/hp/hora.

Os aeradores podem ser fixos ou flutuantes, de baixa ou alta rotação. Os aeradores fixos são utilizados em processos de lodos ativados, com preferência para os de baixa rotação. Já os flutuantes, muito embora possam ser usados em tanques de aeração, são mais comumente escolhidos para lagoas aeradas, neste caso com preferência para os de alta rotação. Ainda há os aeradores de eixo horizontal, utilizados em valores de oxidação, com características distintas de funcionamento e transferência de oxigênio.

Em termos de transferência de oxigênio, tanto para os aeradores fixos ou flutuantes, de baixa ou alta rotação, pode-se adotar a quantidade de oxigênio transferido entre 0,8 e 1,0 $\text{KgO}_2/\text{Cv.h}$, nas condições normais de operação, lembrando que os catálogos dos fabricantes indicam faixas entre 1,4 e 1,6 $\text{KgO}_2/\text{Cv.h}$, em água limpa, a 20°C e ao nível do mar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O experimento foi realizado na fazenda COMPESCAL - Comércio de Pescado Aracatiense Ltda, localizada na Ilha dos Veados, zona rural do município de Aracati-CE estando situado nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude: $4^{\circ}33'42''S$ e Longitude: $37^{\circ}46'11''O$ (Figura 6).

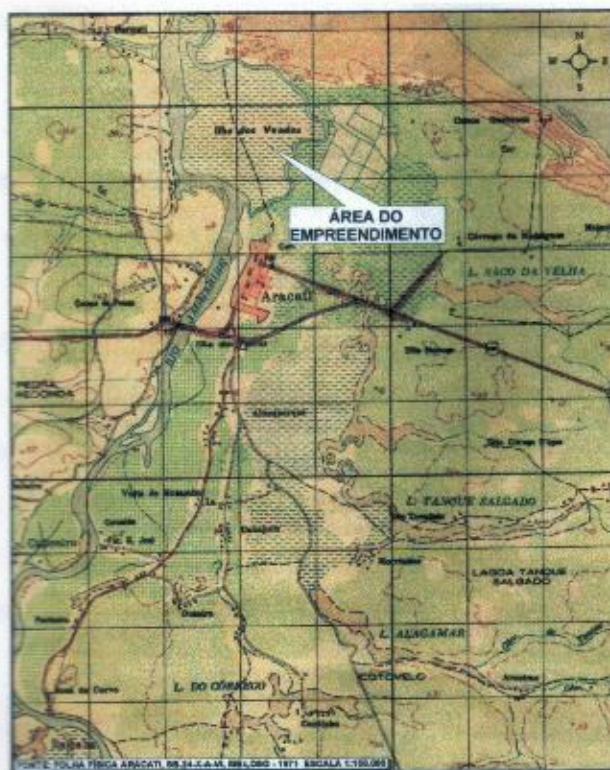


FIGURA 6 – Localização Espacial da Fazenda COMPESCAL – Comércio de Pescado Aracatiense Ltda / Aracati - CE.

Os dados que servem de base para este trabalho foram obtidos da realização de quatro experimentos, conforme descritos abaixo:

3.2 Experimento I – Soluções de metabissulfito de sódio preparadas em água destilada e de viveiro.

O experimento foi conduzido inicialmente com a preparação de soluções de metabissulfito de sódio em torno de 6% em água destilada e água proveniente de viveiro da Fazenda da COMPESCAL localizada em Aracati-CE. As soluções foram deixadas em repouso e a cada 24h realizadas análises, em duplicata, da concentração de metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), pH, salinidade e Oxigênio Dissolvido – OD, por um período de 9 dias.

3.3 Experimento II - Solução de metabissulfito de sódio de descarte da despesca de camarões utilizando aeração superficial.

Neste experimento foi utilizada 01 caixa de fibra de vidro com capacidade de armazenagem para 10.000 litros de água, um aerador de 2 HP de potência (Figura 7). Um volume de 3.000 litros da água de descarte foi coletada após despesca, recolhida por carro pipa e depositada no tanque para ser tratada. Determinou-se a concentração da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ e anotados os parâmetros de temperatura, OD, pH e salinidade antes e em intervalos de uma hora após ser ligado o aerador.

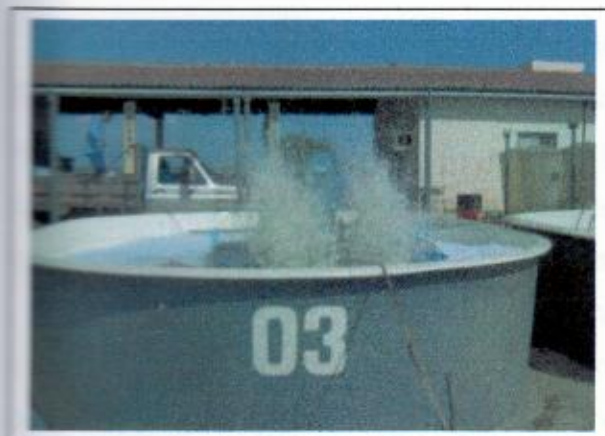


FIGURA 7 - Caixa de fibra de vidro utilizada para o tratamento com aeração da solução de descarte utilizada na despesca.

3.4 Experimento III – Neutralização da solução de metabissulfito de sódio de descarte da despesca de camarões, utilizando hidróxido de cálcio, baseado na concentração inicial de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$

Foram realizados dois ensaios, no primeiro, coletadas duas amostras de 5 litros cada, da água de descarte da solução de metabissulfito de sódio utilizada na despesca, determinada inicialmente a concentração da mesma e em seguida adicionado $\text{Ca}(\text{OH})_2$ na proporção de 360 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para 1.000g de metabissulfito de sódio com o propósito de neutralização do pH conforme Boyd (2002). Em intervalos de meia hora foram realizadas as leituras de pH.

Dando seqüência ao experimento foi conduzido um outro ensaio utilizando cinco amostras da solução de metabissulfito de sódio preparadas nas concentrações (5,9; 5,2; 3,3; 2,3 e 2,1%) e foi aplicado o tratamento de neutralização acima, e determinada a concentração de metabissulfito de sódio antes e após adição da cal hidratada.

3.5 Experimento IV – Neutralização da solução de metabissulfito de sódio de descarte da despesca de camarões utilizando hidróxido de cálcio em diferentes concentrações.

Neste experimento foram testadas 6 concentrações (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0%) de hidróxido de cálcio, para neutralização da solução de metabissulfito de sódio, tendo como base de cálculo desse percentual o volume da mesma. Foram determinados pH e concentração de metabissulfito de sódio antes e após tratamento em 5 repetições para cada concentração usada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

As análises de SO_2 , para determinação da concentração de metabissulfito de sódio, foram realizadas pelo método iodométrico de acordo com PEARSON (1973), o pH por medição direta em pHmetro de bancada, salinidade em refratômetro e oxigênio dissolvido (OD) em medidor de Oxigênio Dissolvido Digital Portátil.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados apresentados na Tabela 5 e visualizados através da Figura 8, ficou evidenciada a tendência de decréscimo da concentração de SO_2 com o passar dos dias. Em ambas soluções de metabissulfito de sódio preparadas com água do viveiro (AV) e ou água destilada (AD) há uma redução do pH, queda esta que continua até sua estabilização. Não havendo grandes diferenças entre AV e AD.

TABELA 5- Dados referentes às análises da Concentração de metabissulfito de sódio, pH, salinidade e OD da solução de metabissulfito de sódio preparada com água do viveiro (AV) e com água destilada (AD).

Dias	Concentração de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (%)		pH		Salinidade (ppt)		OD (mg/L)	
	AV	AD	AV	AD	AV	AD	AV	AD
1	6,52	6,34	4,4	4,4	87	42	0,3	0,3
2	5,59	5,30	4,2	4,2	87	41	0,3	0,3
3	4,59	4,54	4,2	3,8	87	41	0,3	0,3
4	3,60	3,89	3,8	3,8	85	41	0,3	0,3
5	3,25	3,12	3,8	3,8	85	41	0,2	0,2
6	2,95	2,35	3,7	3,8	85	41	0,2	0,2
7	1,90	1,50	3,7	3,8	84	41	0,2	0,2
8	1,24	1,05	3,7	3,8	84	41	0,2	0,2
9	0,59	0,70	3,7	3,8	84	41	0,2	0,2

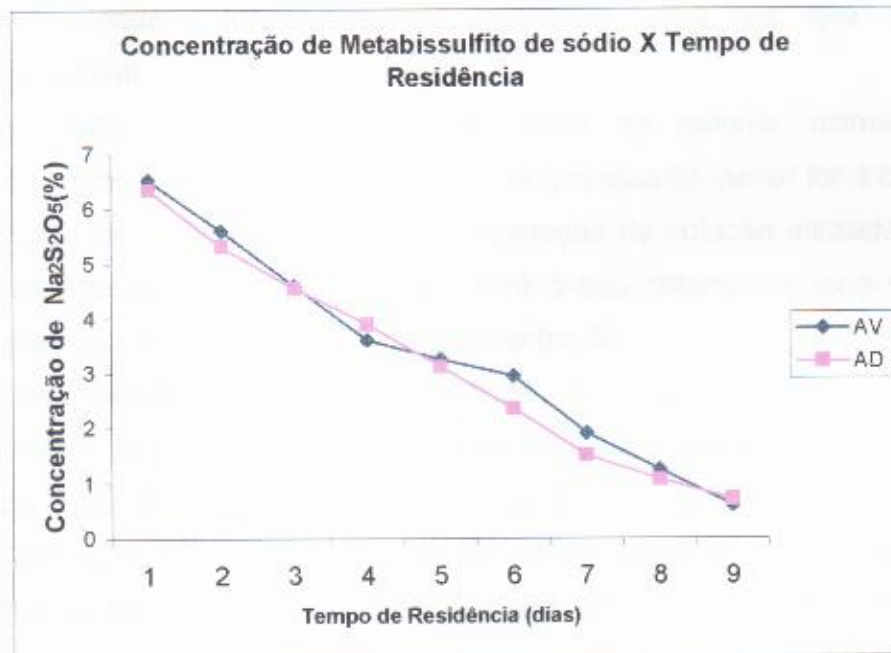


FIGURA 8 - Relação entre o tempo de residência da solução de metabissulfito de sódio em água do viveiro (AV) e água destilada (AD) X concentração de SO₂.

Baseado apenas na estabilidade química da solução de metabissulfito de sódio preparada em laboratório, admite-se sua utilização até 48 horas após sua preparação (OGAWA et al, 2004), fato este que pode ser percebido pela redução do percentual da concentração que variou de 29,6% para AV (solução de Na₂S₂O₅ preparada em água de viveiro) e de 28,4% para AD (solução de Na₂S₂O₅ preparada em água destilada) mantidas em repouso por 48 horas. Durante os nove dias do experimento a redução do percentual da concentração das soluções foi de 91,0% para AV e de 89,0 % para AD.

Segundo Góes (2005) as concentrações atualmente utilizadas, estão excessivamente altas, ocasionando desperdício de conservante e gerando elevados níveis de SO₂ residual nos camarões, e que as concentrações de 2 e 3% de metabissulfito de sódio conservam adequadamente os camarões, pelo período de 30 dias sob congelamento. De acordo com OGAWA et al (2004) considerando-se os

prejuízos ambientais e financeiros para a empresa com o grande volume descartado dessa solução, poderia se pensar em reutilizá-la, uma vez que mostrou ser relativamente estável quanto ao aspecto químico.

Avaliando os resultados obtidos pelos os autores acima citados e comparando com os do Experimento I, admite-se que quanto menor for a concentração de metabissulfito de sódio empregada na preparação da solução utilizada na fase de pré-beneficiamento do camarão, mais fácil será o seu tratamento, logo é importante iniciar a preparação da solução em menor concentração.

Com relação à salinidade, a água do viveiro apresentou valores de aproximadamente 45 ppt e após preparação da solução de metabissulfito de sódio este valor passou para 87 ppt, e durante os dias do experimento, praticamente, não apresentou alteração. O valor da salinidade da solução preparada em água destilada foi inicialmente de 42 ppt sendo esta salinidade apenas produto do metabissulfito de sódio.

Quanto à influência da aeração mecânica sobre a concentração residual da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, pH, salinidade e OD, estudada no Experimento II, pode-se observar na Tabela 6, que no intervalo de 6 h de aeração mecânica contínua, houve uma redução de aproximadamente 85% da concentração de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, ou seja, decrescendo de 4,92 para 0,74 %, permanecendo os parâmetros pH e salinidade praticamente inalterados, enquanto que o OD aumentou de 0,2 inicialmente para 2,5mg/L neste mesmo período.

A solução de bissulfito de sódio reage com o oxigênio dissolvido para se transformar em sulfato ácido de sódio, que é um produto ácido. Os íons hidrogênio responsáveis pela acidez resultam desta reação porque o sulfato ácido de sódio se dissocia em íons de sódio e de bissulfato (sulfatos ácidos). Estes íons de bissulfatos posteriormente se dissociam para sulfatos e íons de hidrogênio. Os íons de hidrogênio podem causar declínio do pH e na alcalinidade total da água pela neutralização dos bicarbonatos (BOYD, 2002).

Baseado nos valores do OD apresentados na Tabela 5 do Experimento I, e comparados com os valores apresentados na Tabela 6 do Experimento II, podemos destacar que em ambos há a redução da concentração de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, variando o tempo gasto para essa redução (Figura 8 e 9), sendo mais eficiente o tratamento com uso de

aeração. No que diz respeito aos valores de oxigênio dissolvido nas soluções tratadas, apenas onde se faz uso da aeração (Figura 10) é que realmente ocorre a incorporação de oxigênio na solução.

Conforme os resultados o tratamento para a eliminação do metabissulfito de sódio, responde mais rápido com o uso de aerador artificial. Avaliando os custos desprendidos com energia elétrica podemos destacar que ele é relativamente baixo, cerca de R\$ 4,32 (quatro reais e trinta e dois centavos) serão gastos para elevar o teor de OD da solução de descarte de 0 a 2,5 mg/L pelo período de 6 horas de funcionamento. O cálculo do custo de aeração por hora foi realizado através dos dados técnicos do equipamento utilizado e segundo Vinatea (2004). A Eficiência Padrão do Aerador (SAE) equivale a 2,42 kg O₂/ Kw h, sua Taxa Padrão de Transferência de Oxigênio (SOTR) é de 3,6 kg O₂/ h e sua potência de 2 cv. O SAE do aerador significa a quantidade de oxigênio disponibilizada por hora, e de acordo com o preço do kwh em média de R\$ 0,30.

Segundo Vinatea (2004) quanto menor for a Taxa Padrão de Transferência de Oxigênio (SOTR) do aerador maior será o consumo de energia.

Segundo Aragão (2006), para o ambiente a toxicidade da solução de metabissulfito de sódio se dá principalmente pela retirada de oxigênio dissolvido na água, ocasionando a mortalidade por asfixia da fauna e flora, a simples aeração da mesma reduz a sua toxicidade. Esse resultado corrobora a importância da redução da disponibilidade de oxigênio como um fator importante na letalidade induzida pelo metabissulfito de sódio. Entretanto a aeração por si só não deve ser considerada uma estratégia eficaz na remoção da toxicidade. O tratamento químico através da adição de Ca(OH)₂ na presença de aeração, por sua vez foi mais eficiente na remoção da toxicidade deste composto.

TABELA 6- Dados referentes ao percentual de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, pH, OD e salinidade na solução de descarte da despesca sob diferentes tempos de aeração.

Tempo de aeração (h)	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (%)	pH	OD (mg/l)	Salinidade (ppt)
0	4,92	4,5	0,2	83
1	2,92	3,7	0,5	83
2	2,46	3,7	0,6	83
4	0,98	3,7	1,3	83
6	0,74	3,7	2,5	83

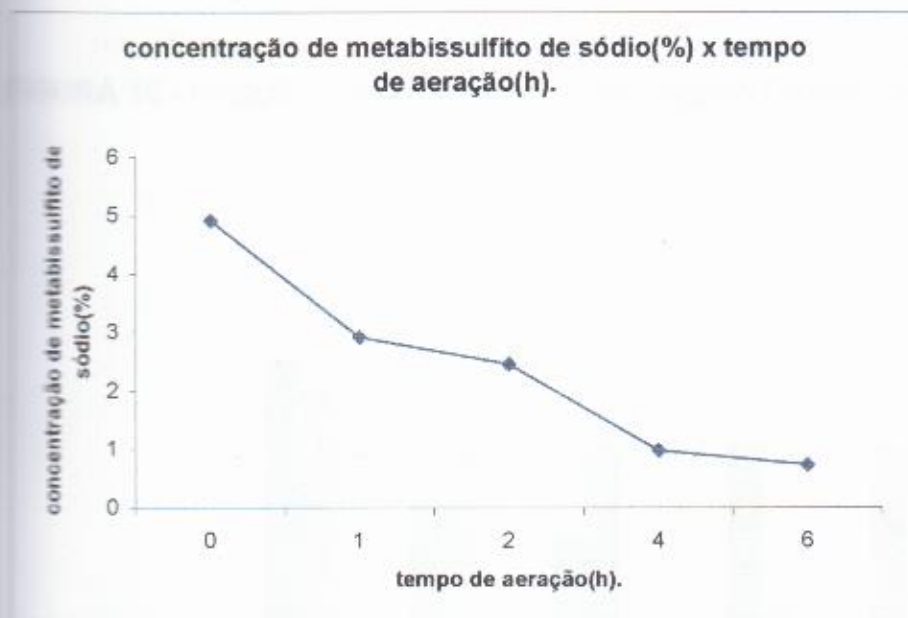


FIGURA 9 - Relação entre concentração de metabissulfito de sódio x tempo de aeração.

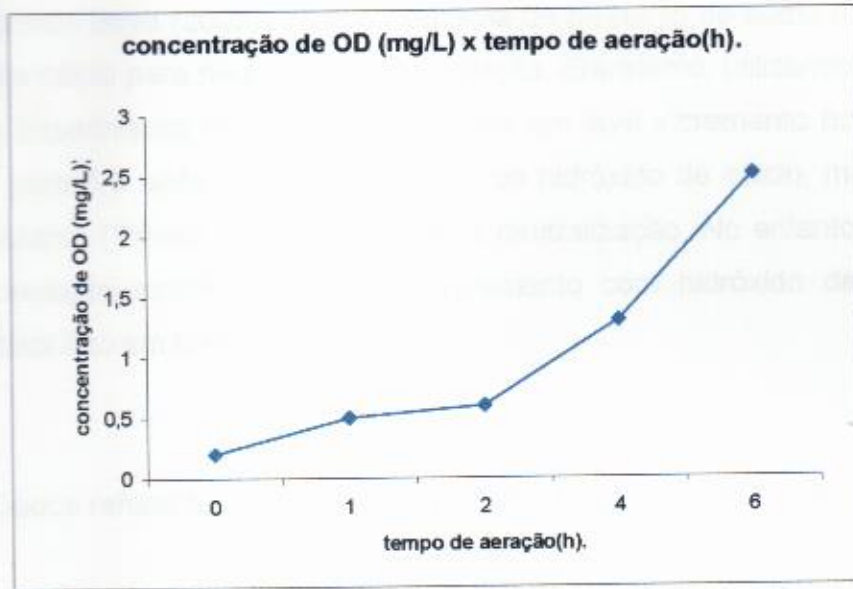


FIGURA 10 - Relação entre concentração de Oxigênio Dissolvido x tempo de aeração.

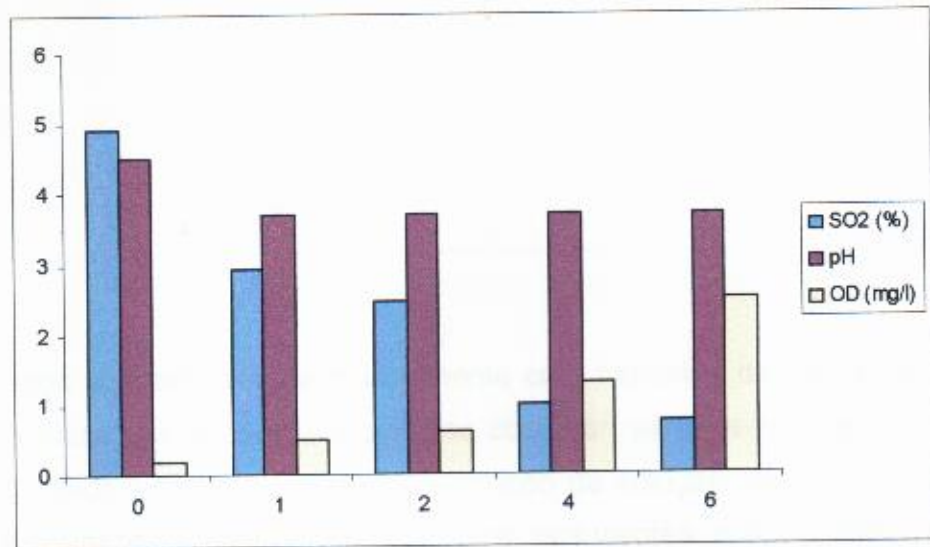


FIGURA 11 – Evolução dos parâmetros retirados de SO₂, pH e OD durante o Experimento II.

Segundo Boyd (2002), cada quilograma de bissulfito de sódio requer 0,36 kg de hidróxido de cálcio para neutralização da solução. Entretanto, utilizando-se a mesma proporção no Experimento III verificou-se apenas um leve incremento no valor do pH inicial de 4,7 para 5,3 após 2 horas da adição do hidróxido de cálcio, mantendo-se a partir daí constante (Tabela 7), não atingindo a neutralização. No entanto, o autor cita que utilizou aeração mecânica antes do tratamento com hidróxido de cálcio para oxidação do bissulfito em bissulfato.

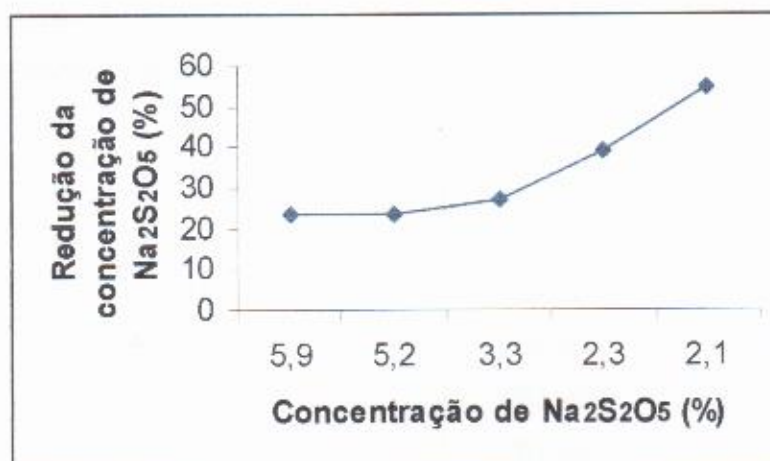
TABELA 7- Dados referentes às leituras de pH em intervalos de tempo de 30 minutos.

Intervalos de tempo (minutos)	Valores de pH
0	5,0
30	5,0
60	5,0
90	5,0
120	5,3
150	5,3
180	5,3

Quando aplicado o mesmo tratamento com hidróxido de cálcio testando-se diferentes concentrações de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ pode-se observar que o percentual de redução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ é maior à medida que a concentração da solução decresce (Tabela 8 e Figura 12). Também pode-se notar um incremento nos valores de pH atingindo valor de 5,8 (Tabela 8).

TABELA 8- Dados referentes ao pH e a concentração de metabissulfito de sódio da solução antes e após tratamento com hidróxido de cálcio.

Amostra	Na ₂ S ₂ O ₅ (%)			pH	
	Antes do tratamento	Após tratamento	% de redução	Antes do tratamento	Após tratamento
1	5,9	4,5	23,7	3,7	5,8
2	5,2	4,0	23,1	3,7	5,8
3	3,3	2,4	27,3	3,7	5,8
4	2,3	1,4	39,1	3,9	5,8
5	2,1	0,95	54,8	4,1	5,8

**FIGURA 12** – Evolução do percentual de redução da concentração de Na₂S₂O₅ antes tratamento com hidróxido de cálcio.

No Experimento IV, pode-se observar na Tabela 9, à medida que aumenta-se a concentração de Ca(OH)_2 ocorre uma redução na concentração de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, há uma aumento progressivo, esse é mais evidente na concentração entre 2,5 %, sendo que na concentração de 3,0 % seu incremento é pouco eficiente em termos médio de decréscimo. Um vez que o uso de maior quantidade de Ca(OH)_2 não representa um aumento significativo da redução do teor de metabissulfito de sódio presente nas soluções (Figura 13).

TABELA 9 – Dados referentes à média do percentual de redução da concentração de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ e desvio padrão (SD) da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ para diferentes concentrações de Ca(OH)_2 .

% Ca(OH)_2	Média do percentual de redução da concentração de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (%)	SD
0,5	9,46	11,17
1,0	25,62	17,51
1,5	20,24	14,10
2,0	29,56	14,40
2,5	38,34	32,10
3,0	39,94	10,38

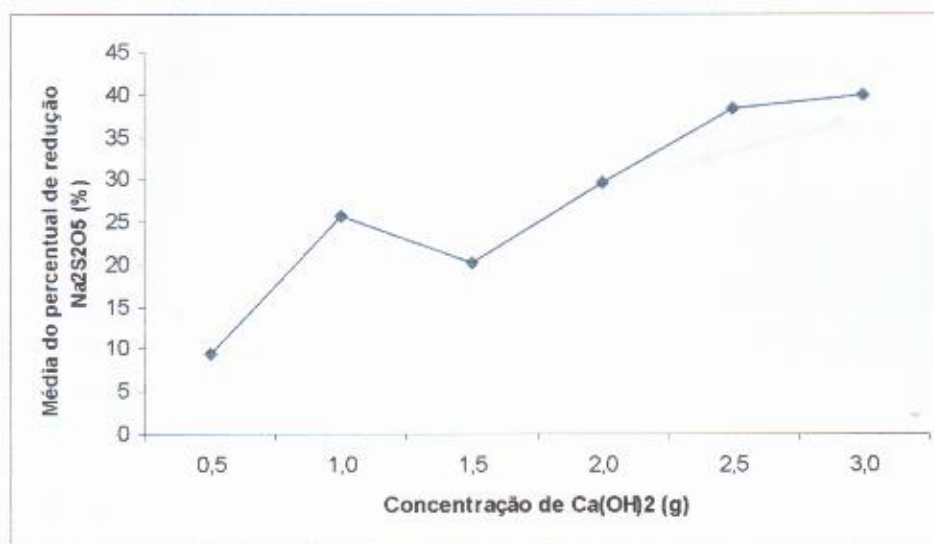


FIGURA 13 – Evolução da média do percentual de redução da concentração de Na₂S₂O₅ após tratamento com hidróxido de cálcio em diferentes concentrações.

Referendando aos valores médios do percentual de incremento do pH em diferente concentração de Ca(OH)₂. Na Tabela 10 e Figura 12(14), pode-se verificar que ocorre um aumento do pH na medida em que a concentração de Ca(OH)₂ cresce.

TABELA 10 – Dados referentes à média do percentual de incremento e desvio padrão (SD) do pH da solução de Na₂S₂O₅ em diferentes concentrações de Ca(OH)₂.

% Ca(OH) ₂	Média do percentual de incremento do pH (%)	SD
0,5	24,48	1,52
1,0	31,26	1,06
1,5	34,98	1,08
2,0	39,10	3,153
2,5	43,30	7,304
3,0	47,40	12,421

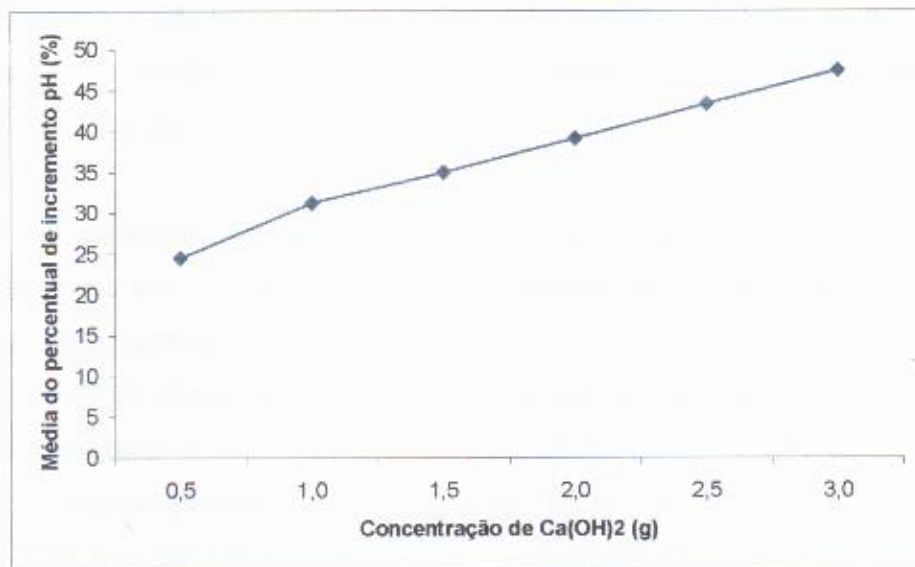


FIGURA 14 – Evolução da média do percentual de incremento do pH após tratamento com hidróxido de cálcio em diferentes concentrações.

Conhecendo a concentração da solução de metabissulfito de sódio e aplicando-se a quantidade de Ca(OH)_2 indicada por Boyd (2002) teremos os seguintes valores: em concentração de 6 % aplica-se 21,6 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$; em 5 % aplica-se 18,0 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$; em 4 % aplica-se 14,4 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$; em 3 % aplica-se 10,8 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$; em 2 % aplica-se 7,2 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$; em 1 % aplica-se 3,6 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$ e em 0,5 % aplica-se 1,8 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$. No caso específico do Experimento IV, a quantidade de Ca(OH)_2 em (g/L) aplicada na solução de metabissulfito de sódio tendo como referencial o seu volume têm os seguintes valores: 0,5 % aplica-se 5 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$; 1,0 % aplica-se 10 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$; 1,5 % aplica-se 15 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$; 2,0 % aplica-se 20 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$; 2,5 % aplica-se 25 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$ e 3,0 % aplica-se 30 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$.

Nas concentrações de 0,5 %; 1,0 % e 1,5 % de Ca(OH)_2 , não houve neutralização em nenhuma das concentração das soluções de metabissulfito de sódio testadas. A neutralização ocorre quando se utiliza uma concentração de 2,0 % de

Ca(OH)_2 aplicada em solução de metabissulfito de sódio a 1,9 %, valor do pH antes do tratamento 4,1 e pós-tratamento 7,3 e também na concentração de 3,0 % de Ca(OH)_2 aplicada em solução de metabissulfito de sódio a 3,1 %, valor do pH antes do tratamento 3,9 e pós-tratamento 7,4.

A concentração de 2,5 % de Ca(OH)_2 que equivale a 25 g de $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$ é a mais eficiente em termos médio, não levando em consideração o percentual de metabissulfito contido na solução. No entanto, quando aplicado em solução de metabissulfito de sódio de 3,1 % o pH que antes do tratamento era de 3,9 passou para 6,8 muito próximo a neutralização. Já na mesma concentração da solução de 3,1 % sendo que agora aplicado um percentual de 3,0 % Ca(OH)_2 , ou seja 30 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$, o valor do pH era de 3,9 e passou para 7,4 e atingindo a neutralização. Neste último caso, se fosse aplicado o percentual sugerido por Boyd (2002), levando em conta a quantidade de metabissulfito presente na solução, seriam necessário 10,8 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{L}$, quantidade insuficiente para atingir a neutralização.

Como foi demonstrado através do Experimento III, e reforçada pelo Experimento IV, a proporção sugerida de Ca(OH)_2 não foi suficiente para ocorrer a neutralização. Já nas proporções utilizadas no Experimento IV a concentração de 2,5% equivalente a 2,5 g $\text{Ca(OH)}_2 /\text{L}$ mostrou-se mais eficiente no processo de neutralização da solução quando aplicado em diferentes concentrações de metabissulfito de sódio sendo realmente promovido a neutralização quando aplicado o percentual de 3,0% de Ca(OH)_2 na solução de concentração de 3,1% de metabissulfito de sódio.

Quando se aplica 2,5 % e 3,0 % de Ca(OH)_2 em solução de metabissulfito de sódio cuja concentração é de 2,1 % ocorre uma reação de excesso de Ca(OH)_2 , uma vez que os valores de pH antes do tratamento eram de 4,1 passaram para 9,2 e 13,0 respectivamente.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos durante os experimentos realizados nesta pesquisa, podemos concluir que:

Há um decréscimo da concentração da solução de metabissulfito de sódio quando deixada em repouso, sem interferência química ou mecânica, muito embora quando faz-se uso da aeração artificial esse processo é mais acelerado. O custo com energia elétrica não é empecilho para o seu uso. Em ambos tratamentos o valor do pH permanece baixo e inalterado sendo necessário a intervenção do processo de neutralização.

A incorporação de oxigênio na solução de metabissulfito de sódio ocorre apenas quando a mesma sofre influência da aeração artificial.

A quantidade de Ca(OH)_2 utilizada no Experimento III, foi insuficiente para ocorrer a neutralização da solução.

Conforme demonstrado no Experimento IV, a aplicação do percentual de Ca(OH)_2 tendo como base o volume total da solução de metabissulfito de sódio mostrou-se mais eficiente no percentual de 2,5% de Ca(OH)_2 , para sua neutralização.

Todos os tratamentos mostraram-se mais eficientes em baixa concentração inicial da solução de metabissulfito de sódio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO, J. S. **Toxicidade do efluente de uma fazenda de cultivo de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* e do metabissulfito de sódio em juvenis de *Mysidopsis juniae*. 2006. 85f.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- ARAÚJO. R. F; ARAÚJO. Y. M. G. Metabissulfito de sódio e SO₂: perigo químico oculto para os trabalhadores que realizam a despesca do camarão em cativeiro. **Revs. ABCC.** Ano 06, Nº 4, 2004.
- ATKINSON, Dean A. ; SIM, C. Tommy; GRANT, J. Andrew. Sodium metabisulfite and SO₂ release: an underrecognized hazard among shrimp fishermen. **Annals...**, v. 71, page 563-566, 1993.
- BASF AKTIENGESALLCHAFT INDUSTRIA QUÍMICA, 2000. Disponível em <http://www.basf.com.br/documentos/mds/metabissulfito%20de20%20sodio.pdf>. Acesso em 5 de maio de 2006.
- BOYD, C. E. Visão Geral: Aeração mecânica de viveiros. **Revista ABCC.** Ano 6, nº 04. 2004.
- BOYD. C. E.. **Bissulfito de sódio tratamento de resíduos para descarte com segurança**, traduzido por Marcelo Lima Santos. Revista Global Aquaculture, ago. 2002. p. 05.
- BOYD, C; GAUTIER, D. Sodiun bissulfite treatments improve shrimp appearance but require proper disposal. **Global Aquaculture Advocate.** v.5, issue 4, p.70-71, Aug. 2002.

BRASIL. Resolução nº12 de 1978, de 15 de maio de 1978. **Diário Oficial da União Ministério da Saúde**, Brasília, DF, 15 de maio de 1978.

BRUN-LUCIEN, H. Melanosis Black Spots and Sodium Metabisulfite. **Revista Panorama Acuicola Magazine**. Jul/Ago. 2006. p. 30-37.

CALL, R. M.; AGUIAR, J. Aditivos nos alimentos, **Stampato**. São Paulo, 1999, 139 p.

CARVALHO, R; GIORDANO, J. C; FIGUEREDO, M. J. et al. **Camarões marinhos gestão de qualidade e rastreabilidade nas fazendas**. Recife.: Associação Brasileira dos Criadores de Camarões, 2005. p. 95.

CASTRO. J.L. Conteúdo da décima aula do curso Básico de Operação de Estação de Tratamento de água. SAAEG. 1999. p. 15.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio ambiente. **Resolução nº312, de 10 de outubro de 2002**.

CRUZ, R.R.M. **O uso de metabissulfito de sódio na criação de camarão marinho em cativeiro e seu perigo para o trabalhador e o meio ambiente**. Monografia de especialização. UNIFOR. Fortaleza-CE, 2004.

FAO. Health management and biosecurity maintenance in white shrimp (*Penaeus vannamei*) hatcheries in Latin America. FAO Fisheries Technical Paper. Nº 450. Rome. FAO. 2003, 62 p.

FAO. Qué es el Codex Alimentarius. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentares. Roma. 1999.

GÓES, L. M. N. B. **Uso do metabissulfito de sódio na pós-colheita do camarão Marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)**. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura) Departamento de Pesca e Aqüicultura, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2005.

IBAMA, 2005. **Estudos sobre os impactos ambientais da carcinicultura**: In. MEIRELES, A.J.A. Riscos sócios-ambientais na zona costeira. Disponível em < www.nma.gov.br/port/conma/processo > acesso em 26 de dezembro. 2006.

MANUAL de soluções, reagentes e solventes: padronização, preparação, purificação. 2. ed. São Paulo: Edgard Bhicher, 1986. 405 p.

OGAWA, M; LIMA, E.; OGAWA, N. B. P. et al, **Ajuste da Concentração de metabissulfito de sódio na solução para imersão do camarão após despesca e verificação da interferência do cloro residual sobre o teor de SO₂**. Relatório Técnico LARAq/UFC para ABCC, maio. 2004. 22 p.

OGAWA, M.; FERREIRA, O. M. C. **Comportamento do teor de SO₂ residual em camarão relacionado à inibição da melanose**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 13. Porto Seguro, CD (único), 2003. Resumo. p. 1102.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca**: ciência e tecnologia do pescado. São Paulo: Varela, 1999. v.1, 430p.

OLIVEIRA, V. M de; **Estudo da qualidade do camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) inteiro e descabeçado estocado em gelo**. 2005. 90f. Tese (Doutorado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

OTWELL W. S.; McEVILY, A. J. Inhibition melanosis in trawled and pond-reared shrimp species. In: ANNUAL TROPICAL AND SUBTROPICAL FISHERIES TECHNOLOGICAL CONFERENCE OF THE AMERICAS, 15, 1990, Orlando. **Proceedings...** Orlando: [s.n.], 1990. p.369-372.

PEARSON, D. Food Additives, In: **Laboratory Techniques in Food Analysis**. p. 78-96, John Willey & Sons Ed. New York, 315p. 1973.

ROCHA, I. P.; MAIA, E. P. Desenvolvimento tecnológico e perspectivas de crescimento da carcinicultura marinha brasileira. In: AQUACULTURA BRASIL, 1998, Recife. **Anais...** Recife: [s.n.], v.1, 1998. p.213-235.

ROCHA, I.P. **Carcinicultura marinha brasileira: potencialidades, entraves e sugestões para um desenvolvimento sustentável.** 2005. disponível em <<http://www.mcr.com.br>> . acesso maio 2007.

ROCHA, I.P.; Impactos sócio-econômicos e ambientais da carcinicultura brasileira, mitos e verdades, **Revista ABCC**, p.29, ano 7, nº3, dez. 2005.

RODRIGUES, J. Carcinicultura Marinha: Desempenho em 2004. **Revis. ABCC.** Ano 7, nº 02. 2005.

SILVA, R. R. da. Considerações sobre o uso e o mal uso de sais de sulfito em crustáceos. In: SEMINÁRIO SOBRE CONTROLE DE QUALIDADE NA INDÚSTRIA DE PESCADO, 1988, Santos: **Anais...** Santos: Loyola, 1988. p. 244-259.

TELES -FILHO, P. A. **Asma brônquica: asma por sulfitos.** 2003 disponível na <http://www.asma-bronquica.com.br/pierre> . acesso em maio, 2005.

VALENÇA, A. R.; MENDES, G. N. O metabissulfito de sódio e seu uso na carcinicultura. **Panorama da aqüicultura**, Rio de Janeiro, v.14, n.85, p.57-59, 2004.

VIEIRA; K. P. A. **Influência da concentração de metabissulfito de sódio e tempo de exposição do camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931).** 2005. 70f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Veterinária) Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2005.

VINATEA, L. A. **Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura**, uma revisão para peixes e camarão. 2. ed. Florianópolis: UFSC. 2004. p 231.

WAINBERG, A. A.; CAMARA, M. R. Carcinicultura no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: interações ambientais e alternativas mitigadoras. In: AQUICULTURA BRASIL'98, 1998, Recife. **Anais/Proceedings...** Recife: FINEP/ABRAq/

ANEXO 1 - Soluções utilizadas no Método Iodométrico (MANUAL, 1986).

SOLUÇÕES

Preparação da solução de iodo:

Pesar 40g de iodeto de potássio e adicionar em 25 mL de água destilada, Pesar 12,69 g de iodo e dissolver na solução de iodeto de potássio, completar para 1000 ml

Preparação da solução de Tiossulfato de sódio (0,1N):

Pesar 15,8 g de tiossulfato de sódio, pesar 0,2g de carbonato de sódio, adicionar em 1000 ml de água destilada e fervida previamente fria.

Preparação da solução padrão de iodato de potássio:

Pesar com precisão 1,5 g de iodato de potássio, KIO_3 (PF = 214,0 g/mol), puro e previamente seco em estufa a 110 °C por duas horas, e transferir quantitativamente para um balão volumétrico de 200 mL contendo cerca de 50 mL de água destilada previamente fervida, adicionar 1,0g de bicarbonato de sódio, 0,065g de dicromato de potássio. Agitar para dissolver o sólido, completar o volume e homogeneizar. Calcular a concentração molar do sal na solução.

Padronização da solução de tiossulfato de sódio a $\cong 0,1\text{mol L}^{-1}$:

Coloque a solução de tiossulfato de sódio numa bureta de 25 mL previamente limpa e pré-lavada com a própria solução. Colocar em um erlenmeyer de 500 ml e deixar no escuro por 5 minutos, coloque: 1 mL de HCL agite para homogeneizar. Em seguida inicie a adição do titulante até a solução ficar quase incolor. Nesse ponto adicione 1 mL da solução indicadora de amido e continue a titulação até o desaparecimento da coloração azul. Anote o volume. Determinar a concentração molar da solução de tiossulfato de sódio.

Preparação da solução de amido a 1%(m/v):

Prepare uma pasta contendo 1,0 g de amido solúvel e um pouco de água e adicione em 105 mL de água destilada em ebulição sob agitação até completa dissolução. Deixe a solução esfriar e adicione 1 g de iodeto de potássio e dissolva. Manter a solução num frasco de vidro escuro fechado. Nas titulações iodométricas, cerca de 1 a 2 mL da solução indicadora de amido a 1% são adicionadas, quando a titulação estiver próxima do ponto de equivalência, o qual é indicado pelo descoloramento da solução.

ANEXO 2- Procedimento da análise da concentração de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ pelo Método Iodométrico (PEARSON, 1973)

Colocar 10 ml de iodo 0,1N em erlenmeyer de 100ml inocular 0,2 ml de alíquota da amostra da solução e deixar no escuro por 5 minutos. Adicionar 1 ml de HCL 0,5N e titular com tiosulfato de sódio 0,1N até o aparecimento da coloração amarela. Adicionar 1 ml de amido a 1% tomando a coloração da solução escura, continua titulado até ficar transparente. Anota-se o volume titulado. Faz-se a titulação de uma solução branca e anota-se o volume. Segue-se para os cálculos de acordo com a formula abaixo

$$(V_b - V_t) \times F_c \times 3,2 = X \text{ mg SO}_2/\text{ml}$$

onde:

V_b = volume titulado branco

V_t = volume titulado da amostra

F_c = fator de correção

3,2 = 1ml de iodo – 3,2g de SO_2

Transformando valores de ppm mg/ml em percentual (%) g/100 ml

$$\begin{array}{rcl} X \text{ mg SO}_2/\text{ml} & - & 0,2 \text{ ml} \\ X' & - & 100 \text{ ml} \end{array}$$

$X' = \text{mg}/100\text{ml SO}_2$ ou % SO_2 - transforma-se em litro (g/l)

É necessário saber quantidade de meta existente n a solução

$$\begin{array}{rcl} 190,1\text{g (MT)} & - & 128\text{g SO}_2 \\ x & - & X' \text{ g}/100\text{l SO}_2 \end{array}$$

$$x = \text{g} / 100 \text{ ml} = \% \text{ de } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$$

ANEXO 3 - Dados referentes à concentração da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ e de pH antes e após tratamento com $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0%.

0,5 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$					
Na ₂ S ₂ O ₅ (%)			pH		
Antes do tratamento	Após tratamento	Redução da concentração (%)	Antes do tratamento	Após tratamento	Incremento (%)
5,5	5,5	0	3,7	4,8	- 22,9
4,7	4,3	8,5	3,7	4,9	24,5
4,3	3,8	11,6	3,7	5,0	26,0
3,3	2,4	27,2	3,9	5,2	25,0
1,9	1,9	0	4,1	5,4	24,0
1,0 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$					
5,7	5,3	7,0	3,7	5,3	30,2
5,0	4,0	20,0	3,7	5,3	30,2
3,8	2,4	36,8	3,7	5,5	32,7
2,8	2,4	14,29	3,9	5,7	31,6
1,9	0,95	50,0	4,1	6,0	31,6
1,5 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$					
5,0	5,0	0	3,7	5,6	33,9
4,7	4,0	14,9	3,7	5,6	33,9
4,3	3,1	28,0	3,7	5,8	36,2
2,8	2,1	25,0	3,9	6,0	35,0
1,9	1,2	36,8	4,1	6,4	35,9
2,0 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$					
5,7	4,7	17,5	3,7	5,8	36,2
5,0	3,1	38,0	3,7	5,8	36,2
3,8	2,8	26,3	3,7	6,1	39,3
2,5	2,1	16,0	3,9	6,5	40,0
1,9	0,95	50,0	4,1	7,3	43,8

ANEXO 3- – Dados referentes à concentração da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ e de pH antes e após tratamento com $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0%.

2,5 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$					
5,0	4,0	20,0	3,7	5,8	36,2
4,5	3,3	26,6	3,7	6,1	39,3
4,0	3,1	22,5	3,7	6,5	43,0
3,1	0,95	69,3	3,9	6,8	42,6
2,1	0,95	54,8	4,1	9,2	55,4
3,0 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$					
5,7	3,8	33,3	3,7	5,8	36,2
5,0	3,3	34,0	3,7	6,3	41,2
3,8	2,6	31,5	3,7	6,6	43,9
3,1	1,7	45,2	3,9	7,4	47,3
2,1	0,93	55,7	4,1	13,0	68,4

ANEXO 4 - Quantidade de Ca(OH)_2 sugerido por Boyd (2002) em (g/L), tendo como base a quantidade de Metabissulfito de sódio presente em diferentes concentrações

Solução de Metabissulfito de sódio (%)	Quantidade de Ca(OH)_2 sugerido por Boyd(2002) em (g/L)
6,0	21,6
5,0	18,0
4,0	14,4
3,0	9,0
2,0	7,2
1,0	3,6
0,5	1,8

ANEXO 5 - Quantidade de Ca(OH)_2 em (g/L) aplicada na solução de metabissulfito de sódio tendo como referencial o seu volume.

Percentual de Ca(OH)_2 tendo com referencial o volume da solução (%)	Quantidade de Ca(OH)_2 em (g/L)
0,5	0,5
1,0	10,0
1,5	15,0
2,0	20,0
2,5	25,0
3,0	30,0