



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**METODOLOGIA PARA GESTÃO DO RISCO DA SÍNDROME DE TAURA NO  
BRASIL DEVIDO À IMPORTAÇÃO DE PÓS-LARVAS DE CAMARÃO**

**EDUARDO DE AZEVEDO PEDROSA CUNHA**

**ORIENTADOR: VITOR SALVADOR PICÃO GONÇALVES**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM SAÚDE ANIMAL**

**PUBLICAÇÃO:001/2008**

**BRASÍLIA/DF  
OUTUBRO/2008**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

METODOLOGIA PARA GESTÃO DO RISCO DA SÍNDROME DE TAURA NO BRASIL  
DEVIDO À IMPORTAÇÃO DE PÓS-LARVAS DE CAMARÃO

EDUARDO DE AZEVEDO PEDROSA CUNHA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE  
ANIMAL, COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE  
MESTRE EM SAÚDE ANIMAL

APROVADA POR:



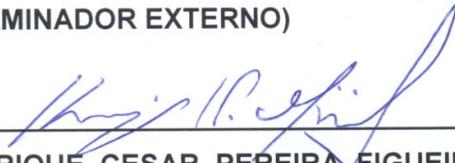
---

VITOR SALVADOR PICÃO GONÇALVES, Prof. Dr. (Universidade de Brasília)  
(ORIENTADOR)



---

FERNANDO FERREIRA, Prof. Dr. (Universidade de São Paulo)  
(EXAMINADOR EXTERNO)



---

HENRIQUE CESAR PEREIRA FIGUEIREDO, Prof. Dr. (Universidade Federal de  
Lavras)  
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, 06 de outubro de 2008

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

CUNHA, E.A.P. **Metodologia para gestão do risco da síndrome de Taura no Brasil devido à importação de pós-larvas de camarão**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008, 179 p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

### FICHA CATALOGRÁFICA

Cunha, Eduardo de Azevedo Pedrosa

Metodologia para gestão do risco da síndrome de Taura no Brasil devido à importação de pós-larvas de camarão. / Eduardo de Azevedo Pedrosa Cunha orientação de Vitor Salvador Picão Gonçalves – Brasília, 2008. 179p.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2008.

1. Aqüicultura. 2. Análise de risco. 3. Avaliação de risco. 4. Epidemiologia. 5. *Penaeus vannamei*. 6. Taura.

## AGRADECIMENTOS

Ao Luiz Felipe, por compreender a importância de capacitação continuada do corpo técnico de uma instituição pública e encorajar ações de qualificação profissional e melhoria do serviço público.

Ao Gabriel Torres, veterinário e escritor, pela revisão da redação em língua portuguesa.

Ao Dr. Peter Merrill, do APHIS/USDA, pelos esclarecimentos acerca dos processos de certificação de animais aquáticos nos EUA e demais informações epidemiológicas solicitadas.

Ao Dr. Lightner e equipe, do *The University of Arizona Aquaculture Pathology Laboratory*, pela contribuição ao diagnóstico de doenças de crustáceos e prestação de informações referentes aos testes diagnósticos para a síndrome de Taura.

Ao Hélio Vilela e Jorge Caetano, pela participação na banca de qualificação.

À Ariane Fernandes, pela elaboração dos mapas.

À Catarina Carneiro e Lara Longo, companheiras de projeto e integrantes de nosso “*IRA Team*”.

Aos Professores Fernando Ferreira e Henrique Figueiredo pela participação na banca examinadora e contribuições à melhoria da dissertação.

Ao José Barros, companheiro de inquietações em temas relativos à defesa sanitária de animais aquáticos.

À Maria Luiza Toschi Maciel, pelos ensinamentos e incentivos no tema de sanidade de animais aquáticos e às contribuições para a melhoria da dissertação.

Aos colegas e amigos da CTQA/MAPA, André, Bruno, Gabriel, Luiz Felipe e Luna, pelo profissionalismo e companheirismo diário e ao apoio demonstrado em minhas ausências para dedicação ao mestrado.

Ao meu orientador Vitor, pela condução dos trabalhos envolvidos em uma dissertação acadêmica, pelos ensinamentos técnico-científicos adquiridos de maneira formal em disciplinas e informalmente via orientação, e ao estímulo à busca da excelência em tudo o que se faz na vida.

À família e amigos, pelo eterno apoio e compreensão.

A Deus, por possibilitar o avanço de outro pequeno passo.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	xxii
<b>RESUMO</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>CAPÍTULO I - REFERENCIAL TEÓRICO E OBJETIVOS</b> .....	18
<b>1. Introdução</b> .....	18
<b>2. Referencial Teórico</b> .....	20
2.1 A Organização Mundial do Comércio e a Sanidade Animal.....	200
2.2 O Agronegócio de Crustáceos no Brasil: Cenário Internacional .....	211
2.3 Doenças de Camarão e Perdas Econômicas.....	266
2.4 Análise de Risco.....	30
<b>3. Objetivos</b> .....	38
<b>CAPÍTULO II - MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	39
<b>1. Metodologia Geral</b> .....	39
<b>2. Metodologia da Avaliação de Difusão: etapa 1</b> .....	45
<b>3. Metodologia da Avaliação de Exposição</b> .....	62
3.1 Metodologia da Etapa 2.....	60
3.2 Metodologia da Etapa 3.....	80
<b>4. Metodologia da Avaliação de Conseqüência</b> .....	81
4.1 Metodologia da Etapa 4.....	81
4.2 Metodologia da Etapa 5.....	86
4.3 Metodologia da Etapa 6.....	99
<b>5. Metodologia da Estimativa de Risco</b> .....	101
5.1 Metodologia da Etapa 7.....	101
5.2 Metodologia da Etapa 8.....	102
<b>CAPÍTULO III - RESULTADOS</b> .....	106
<b>1. Considerações Gerais</b> .....	106

<b>2. Definição da Mercadoria .....</b>	<b>106</b>
<b>3. Identificação do Perigo .....</b>	<b>108</b>
<b>4. Avaliação de Difusão aplicada ao TSV .....</b>	<b>113</b>
4.1 Etapa 1: TSV.....	113
<b>5. Avaliação de Exposição aplicada ao TSV .....</b>	<b>116</b>
5.1 Etapa 2: TSV.....	116
5.2 Etapa 3: TSV.....	128
<b>6. Avaliação de Conseqüência aplicada ao TSV .....</b>	<b>128</b>
6.1 Etapa 4: TSV.....	128
6.2 Etapa 5: TSV.....	135
6.3 Etapa 6: TSV.....	146
<b>7. Estimativa de Risco aplicada ao TSV .....</b>	<b>147</b>
7.1 Etapa 7: TSV.....	147
7.2 Etapa 8: TSV e resultado final da avaliação de risco.....	148
<b>CAPÍTULO IV - DISCUSSÕES .....</b>	<b>150</b>
<b>1. Considerações Iniciais.....</b>	<b>150</b>
<b>2. Resultados Obtidos nas Etapas 1 a 8.....</b>	<b>150</b>
<b>3. Risco Estimado e Risco Real.....</b>	<b>154</b>
<b>4. Aplicabilidade da Metodologia a Outras Avaliações de Risco.....</b>	<b>155</b>
<b>5. Limitações da Metodologia Desenvolvida .....</b>	<b>159</b>
<b>6. Utilização Futura do Modelo Desenvolvido.....</b>	<b>162</b>
<b>CAPÍTULO V – CONCLUSÃO.....</b>	<b>164</b>
<b>CAPÍTULO VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>165</b>

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>TABELA 1</b> Balança comercial brasileira do pescado de 1996 a 2006	23
<b>TABELA 2</b> Estatística da produção nacional de camarão por unidade federativa do Brasil em 2005	25
<b>TABELA 3</b> Exportações brasileiras de camarões de 2001 a 2006	28
<b>TABELA 4</b> Nomenclatura de probabilidades qualitativas	42
<b>TABELA 5</b> Matriz de combinação de variáveis descritivas	43
<b>TABELA 6</b> Relação entre prevalência real e prevalência aparente de uma doença ou infecção	53
<b>TABELA 7</b> Dados necessários para cálculo da probabilidade de difusão quantitativa	58
<b>TABELA 8</b> Conversão de valor numérico de PD em variável qualitativa	61
<b>TABELA 9</b> Estimativa do risco anual geral e resumo da metodologia desenvolvida	104
<b>TABELA 10</b> Descrição da mercadoria a ser importado pelo Brasil	107
<b>TABELA 11</b> Aplicabilidade do modelo epidemiológico desenvolvido a outras avaliações de risco	159

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Página</b>
<b>FIGURA 1</b>	Produção brasileira em toneladas de camarões de 1998 a 2007	27
<b>FIGURA 2</b>	Gráfico da dinâmica entre exportações brasileiras de camarão e doenças de camarão entre 2003 e 2006	30
<b>FIGURA 3</b>	Etapas da análise de risco	35
<b>FIGURA 4</b>	Etapas da metodologia desenvolvida para avaliação de risco	44
<b>FIGURA 5</b>	Árvore de cenário definida para avaliação de difusão do perigo	48
<b>FIGURA 6</b>	Cálculo definido para a probabilidade de difusão quantitativa	59
<b>FIGURA 7</b>	Fluxograma definido para a importação pelo Brasil de pós-larvas de crustáceos	64
<b>FIGURA 8</b>	Árvore de cenário definida para a exposição do grupo de animais de estabelecimento de reprodução, larvicultura e berçário ao perigo	69
<b>FIGURA 9</b>	Árvore de cenário definida para a exposição do grupo de animais de viveiros de engorda ao perigo	71
<b>FIGURA 10</b>	Árvore de cenário definida para a exposição do grupo de animais silvestres ao perigo por meio de animais vivos	73

	<b>Página</b>
<b>FIGURA 11</b> Árvore de cenário definida para a exposição do grupo de animais silvestres ao perigo por meio de resíduos	75
<b>FIGURA 12</b> Árvore de cenário definida para a exposição do grupo de animais silvestres ao perigo por meio de vetores	77
<b>FIGURA 13</b> Árvore de cenário definida para a estimativa de probabilidade parcial de propagação e estabelecimento do perigo (PPPE)	84
<b>FIGURA 14</b> Divisão do Brasil em pólos de produção de camarão marinho cultivado	90
<b>FIGURA 15</b> Bacias hidrográficas brasileiras e sua relação com os pólos definidos de produção de camarão marinho cultivado	91
<b>FIGURA 16</b> Produção de <i>Penaeus vannamei</i> em quilogramas nas oito principais unidades federativas do Brasil produtoras de camarão marinho cultivado entre 2001 e 2007	92
<b>FIGURA 17</b> Número de núcleos de maturação e reprodução de <i>Penaeus vannamei</i> por unidade federativa do Brasil em março de 2008	93
<b>FIGURA 18</b> Dispersão de núcleos de maturação e reprodução de <i>Penaeus vannamei</i> nos diferentes pólos de produção definidos e produção em toneladas de camarão de cultivo no ano de 2007 por pólo	94

	<b>Página</b>
<b>FIGURA 19</b> Produção de pós-larvas de <i>Penaeus vannamei</i> por unidade federativa do Brasil onde havia laboratórios de produção e maturação desta espécie entre 2001 e 2004	95
<b>FIGURA 20</b> Diagrama de classificação de impacto em escala nacional	97
<b>FIGURA 21</b> Matriz de regras para obtenção de valor único da etapa 5	98
<b>FIGURA 22</b> Matriz de regras para obtenção de valor único da etapa 6	100
<b>FIGURA 23</b> Matriz de regras para obtenção de valor único da etapa 8	102

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCC:	Associação Brasileira dos Criadores de Camarão
ALOP:	Nível aceitável de proteção
Acordo SPS:	Acordo de Aplicação de Medidas Sanitária e Fitossanitárias da Organização Mundial do Comércio
APHIS/USDA:	Animal Plant and Health Inspection Service of the United States Department of Agriculture. O mesmo que serviço veterinário oficial dos EUA
Código da OIE:	Código Sanitário para os Animais Aquáticos da Organização Mundial de Saúde Animal
ESP:	Especificidade do teste diagnóstico aplicado
FAO:	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
IHHNV:	Vírus da Necrose Hipodérmica Hematopoiética Infeciosa
IMNV:	Vírus da Mionecrose Infeciosa
IN:	Instrução Normativa
<i>P. vannamei</i> :	<i>Penaeus vannamei</i>
Manual da OIE:	Manual de Testes Diagnósticos para os Animais Aquáticos da Organização Mundial de Saúde Animal

MAPA:	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil
Mais prov.:	Mais provável
Máx.:	Máximo
Mín.:	Mínimo
OIE:	Organização Mundial de Saúde Animal
OMC:	Organização Mundial do Comércio
P:	Prevalência real da doença ou infecção
P1:	Probabilidade de ao menos um lote de animais que foi testado negativo para o perigo no país exportador estar infectado
P2:	Probabilidade de ao menos um lote importado testado negativo para o perigo durante a quarentena de destino estar infectado
PA:	Prevalência aparente da doença ou infecção
PCR:	Reação em cadeia de polimerase
PD:	Probabilidade de difusão
PL:	Pós-larva
PPAEE <sub>Eng</sub> :	Probabilidade parcial anual de entrada e exposição de animais de engorda

PPAEE <sub>Rep/Larv</sub> :	Probabilidade parcial anual de entrada e exposição de animais de reprodução, larvicultura e berçário
PPAEE <sub>Silv</sub> :	Probabilidade parcial anual de entrada e exposição de animais silvestres
PPE <sub>Eng</sub> :	Probabilidade parcial de exposição de animais de engorda
PPPE <sub>Eng</sub> :	Probabilidade parcial de propagação e estabelecimento de animais de engorda
PPPE <sub>Rep/Larv</sub> :	Probabilidade parcial de propagação e estabelecimento de animais de reprodução, larvicultura e berçário
PPPE <sub>Silv</sub> :	Probabilidade parcial de propagação e estabelecimento de animais silvestres
PPE <sub>Rep/Larv</sub> :	Probabilidade parcial de exposição de animais de reprodução, larvicultura e berçário
PPE <sub>Silv</sub> :	Probabilidade parcial de exposição de animais silvestres
RAP <sub>Eng</sub> :	Risco anual parcial de animais de engorda
RAP <sub>Rep/Larv</sub> :	Risco anual parcial de animais de reprodução, larvicultura e berçário
RAP <sub>Silv</sub> :	Risco anual parcial de animais silvestres
RT-PCR:	Reação em cadeia de polimerase por transcrição reversa

SEN:	Sensibilidade do teste diagnóstico aplicado
SPF:	Livre de patógeno específico
TS:	Síndrome de Taura
TSV:	Vírus da síndrome de Taura
UE:	União Européia
VPN:	Valor preditivo negativo
YHV:	Vírus da doença da cabeça amarela
WSSV:	Vírus da doença das manchas brancas

## RESUMO

Análise de risco é um método científico desenvolvido para auxiliar a tomada de decisões consistentes e transparentes frente à presença de incerteza e variabilidade natural. O conceito de risco envolve a possibilidade de ocorrência de um efeito adverso e a magnitude de suas conseqüências. O presente trabalho apresenta metodologia de avaliação de risco qualitativa para a introdução de doenças por meio da importação de animais aquáticos vivos e constitui ferramenta analítica essencial para a gestão de riscos pelas autoridades veterinárias oficiais. A metodologia proposta é flexível para que possa ser utilizada a demais animais aquáticos, seus produtos, subprodutos e material de multiplicação animal. A aplicação da metodologia desenvolvida permitiu estimar que o risco de introdução do vírus da síndrome de Taura no Brasil, por meio da importação de pós-larvas de camarão de *Penaeus vannamei* dos Estados Unidos da América, é moderado. É proposta metodologia de avaliação e gestão dos riscos ao longo de toda a cadeia produtiva.

**Palavras chave:** Aqüicultura, Análise de risco, Avaliação de risco, Epidemiologia, *Penaeus vannamei*, Taura.

## ABSTRACT

*Risk analysis is a science-based method to assist decision-makers make consistent and transparent arguments and decisions in face of uncertainty and natural variability. The concept of risk involves the likelihood of the occurrence of an adverse effect and the magnitude of its consequences. This study developed a methodology for qualitative risk assessment of the introduction of diseases by live aquatic animal importation and provides an analytical tool for risk management by the official veterinary authorities. The proposed methodology is flexible enough to be adapted to assess the risk of other aquatic animals, their products, by products and genetic material. The application of this methodology showed that the risk of introduction of Taura syndrome virus in Brazil through the importation of post larvae of *Penaeus vannamei* from the United States of America is moderate. Moreover, a new methodology is proposed for assessing and managing risk across the shrimp industry.*

**Keywords:** *Aquaculture, Risk analysis, Risk assessment, Epidemiology, *Penaeus vannamei*, Taura*

## CAPÍTULO I: REFERENCIAL TEÓRICO E OBJETIVOS

### 1. INTRODUÇÃO

O cultivo de camarão marinho, que cresce no mundo inteiro a cada ano, já é considerado um dos segmentos da aquicultura que mais se destaca no contexto do setor pesqueiro mundial. Caracterizada pelo cultivo de camarão, com alguma forma de intervenção no processo de reprodução e engorda para aumentar a produção (BRDE, 2004), a carcinicultura (cultivo de camarões) mundial teve um crescimento médio de 13,38% ao ano entre 1996 e 2005, quando a produção foi, respectivamente, 917.273 t e 2.733.134 t, chegando a representar 45% da produção mundial de camarão ao fim desse período (ROCHA, 2007a). Já a produção extrativista, caracterizada pela retirada do camarão da natureza (BRDE, 2004), teve um crescimento bem menor no mesmo período, de 3,44% ao ano (ROCHA, 2007a).

A rápida difusão das doenças nos cultivos de camarão marinho tem sido atribuída na literatura ao aumento do número de empreendimentos em sistemas intensivos de produção, agravado pelo incremento na densidade de povoamento. A combinação desses dois fatores promove uma redução na qualidade da água do cultivo, levando a alterações ambientais capazes de gerar estresse nos animais, com comprometimento do sistema imunológico, o que resulta no aparecimento de doenças. Vários agentes patogênicos que atualmente representam prejuízos inestimáveis ao setor produtivo, outrora, na natureza, conviveram em equilíbrio com seus hospedeiros (MACIEL, 2005), sob a forma de infecção inaparente.

Em relação às doenças exóticas de animais aquáticos, o ingresso e a difusão de seus agentes etiológicos podem ser atribuídos a vários fatores, com destaque para o comércio de animais infectados, por meio da importação de produtos alimentícios, produzidos a partir de animais aquáticos (NUNAN et al., 1998a), além da ação de aves como vetores, despejo de água contaminada de lastro e de esgoto de embarcações (GARZA et al., 1997). Uma dessas doenças, a síndrome de Taura (TS), atinge várias espécies de camarões peneídeos (crustáceos da ordem Malacostraca, ordem Decapoda e família Penaeidae), como o *Penaeus vannamei*, também chamado de *Litopenaeus vannamei* e o *Penaeus stylirostris*, também chamado de *Litopenaeus stylirostris*. A TS é responsável por importantes perdas

econômicas advindas da restrição de trânsito de animais em áreas acometidas, da mortalidade de animais e da queda da produção decorrente de lesões de necrose epitelial e alterações em tecidos hematopoiéticos e linfóides dos animais acometidos (OIE, 2006).

Apesar da crescente demanda de reprodutores de camarões para o melhoramento genético da carcinicultura brasileira, a importação de crustáceos vivos, seus produtos e subprodutos está atualmente proibida no Brasil, podendo ser autorizada, caso a caso, mediante realização de análise de risco pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA) (BRASIL, 1999).

O principal objetivo da análise de risco, quando utilizada como ferramenta analítica e de decisão no comércio internacional, é o de fornecer aos países importadores um método objetivo, estruturado e transparente para a avaliação dos riscos de doenças associadas à importação de animais, produtos e subprodutos animais, material genético animal, produtos biológicos e materiais patológicos. O termo risco se refere à possibilidade de ocorrência de um efeito adverso e à magnitude de suas conseqüências (OIE, 2006). Desse modo, a análise de risco é uma importante ferramenta para definição de quais animais e seus produtos podem ser importados por um país e sob quais condições (MACDIARMID, 2000). O desenvolvimento de modelos científicos permite o conhecimento das suposições e limitações realizadas para a tomada de decisões por gestores, tornando transparentes os objetivos e explicitando os fatores nela envolvidos (MURRAY, 2008).

A avaliação do risco de introdução de doenças da carcinicultura poderá subsidiar tecnicamente o MAPA quando da normatização do trânsito internacional de espécies aquáticas, disponibilizando elementos que permitam alcançar maior transparência e consistência. Com esse propósito, desenvolveu-se metodologia para avaliação de risco de uma das doenças de crustáceos de declaração obrigatória à Organização Mundial de Saúde Animal (OIE), a síndrome de Taura, por meio da importação de pós-larvas de camarões peneídeos. A metodologia desenvolvida é flexível para que possa, posteriormente, ser adaptada a outras doenças, mercadorias e origens, constituindo-se em ferramenta de proteção da aqüicultura brasileira, contribuindo, ao mesmo tempo, para a redução de restrições comerciais desnecessárias. O termo mercadoria se refere a animal, seu produto, subproduto ou

material de multiplicação (sêmen, embrião, ovo fértil, ovo embrionado, ovócito, óvulo, cisto).

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A Organização Mundial do Comércio e a sanidade animal**

A Organização Mundial do Comércio, OMC, é responsável por estabelecer regras de comércio exterior, observar seu cumprimento e dirimir eventuais embates comerciais por meio de painéis que funcionam à semelhança de tribunais de justiça. Além disso, é responsável por assistir países em desenvolvimento e de economia de transição, fornecer suporte para a promoção de exportações, cooperar nas definições de políticas econômicas mundiais e notificar continuamente alterações ou inclusões de medidas comerciais dos países membros (WTO, 2007).

O Acordo de Aplicação de Medidas Sanitária e Fitossanitárias, ou Acordo SPS, foi criado como forma de regulamentar regras gerais acerca de segurança alimentar, saúde animal e sanidade vegetal de forma a garantir que as medidas sanitárias não sirvam de maquiagem para reais medidas de protecionismo comercial. Para fornecer subsídios técnicos mais específicos, e garantir a harmonização de regras, foram reconhecidos pela OMC os seguintes organismos: Organização Mundial de Saúde Animal - OIE, para saúde animal; *Codex Alimentarius* da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação-FAO, para alimentos; e a Convenção Internacional de Proteção de Plantas da FAO, para sanidade vegetal (WTO, 2007; ZEPEDA et al., 2005).

Países membros da OMC podem adotar medidas mais restritivas que as preconizadas pelos organismos citados, desde que baseadas em conceitos técnicos científicos que justifiquem a adoção de medidas aceitáveis de risco mais elevadas que as recomendadas. No entanto, devem garantir que essas medidas não sejam aplicadas arbitrariamente, não resultem em discriminação entre os membros com condições semelhantes e não constituam disfarce para reais restrições de mercado (WTO, 2007; ZEPEDA et al., 2005). A adoção dessas medidas objetiva a proteção da vida e da saúde humana, animal e vegetal de um país importador de riscos de entrada, propagação e estabelecimento de pestes, doenças e organismos

portadores ou causadores de doenças. Visam ainda à proteção da saúde e vida humana e animal de um país importador contra riscos de aditivos, contaminantes, toxinas ou organismos causadores de doenças em bebidas e alimentos para humanos e animais (WTO, 2007).

A OIE lista atualmente nove doenças de declaração obrigatória para crustáceos, a saber: síndrome de Taura, doença das manchas brancas, doença da cabeça amarela, baculovirose tetraédrica (*Baculovirus penaei*), baculovirose esférica (baculovírus do tipo *Penaeus monodon*), necrose hipodérmica hematopoiética infecciosa, praga do caranguejo do rio (*Aphanomyces astaci*), mionecrose infecciosa e doença da cauda branca. Está ainda em estudo a inclusão de outras três doenças: infecção pelo vírus de Mourilyan, hepatopancreatite necrosante e parvovirose hepatopancreática. Apesar da virose mortal dos genitores não configurar na referida lista, para esta doença, devem ser aplicados os requisitos de notificação de doenças não inscritas na lista para casos de episódios epidemiológicos importantes (OIE, 2008a).

## **2.2 O Agronegócio de crustáceos no Brasil: cenário internacional**

Em todo o mundo, a carnicultura é baseada nas espécies *Penaeus*, sendo as mais utilizadas o *Penaeus vannamei* e o *Penaeus stylirostris*, nativas da costa oeste do Pacífico das Américas e o *Penaeus monodon* e *Penaeus japonicus*, também conhecido por *Marsupenaeus japonicus*, espécies originárias da região Indo-Pacífica (AUSTRALIA, 2006a). As principais espécies de camarões peneídeos responsáveis pela economia camaroneira extrativista brasileira são o camarão branco (*Penaeus schmitti*), o camarão-de-sete-barbas ou camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e os camarões rosa (*Penaeus paulensis*, *P. brasiliensis* e *P. subtilis*, também conhecidos como *Farfantepenaeus paulensis*, *F. brasiliensis* e *F. subtilis*) (SANTOS & COELHO, 2002; SANTOS et al. 2006; SOUZA, 2007). Enquanto o camarão branco do Pacífico ou camarão cinza (*Penaeus vannamei*) é o maior representante da carcinicultura nacional (MAGALHÃES et al., 2007).

A Instrução Normativa MMA nº. 5, de 21 de maio de 2004 reconhece espécies de invertebrados aquáticos e peixes como ameaçadas de extinção e espécies sobreexploradas ou ameaçadas de sobreexploração. Conforme seu Anexo II, as

espécies de camarões peneídeos de maior importância econômica extrativista (*P. paulensis*, *P. brasiliensis*, *P. subtilis*, *P. schmitti* e *Xiphopenaeus kroyeri*) estão na Lista Nacional das “Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Sobre exploradas ou Ameaçadas de Sobre exploração”. Já o *Macrobrachium carcinus* (camarão-pitu) se encontra na “Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçadas de Extinção” (Anexo I da mesma IN) (BRASIL, 2004).

A carcinicultura tem sido um dos setores da aquicultura de mais rápido crescimento na Ásia e na América Latina, e recentemente na África. O crescimento dessa atividade de aquicultura foi responsável pela geração de divisas importantes para muitos países em desenvolvimento e desenvolvidos, entretanto, essa expansão tem sido acompanhada por crescentes preocupações sobre impactos ambientais e sociais relacionados à sua implantação (FAO et al., 2006). Em 2003, as exportações brasileiras de crustáceos (camarões e lagostas) atingiram seu pico com US\$ 317,5 milhões, à semelhança do saldo comercial do pescado, que evolui do déficit de US\$ 352,6 milhões em 1996 para o superávit de US\$207,8 milhões em 2003 (GONÇALVES & PEREZ, 2007).

A tabela 1 apresenta os dados da balança comercial brasileira do pescado em um período de uma década, do ano de 1996 a 2006.

Tabela 1: Balança comercial brasileira do pescado de 1996 a 2006 (modificado – GOLÇALVES & PEREZ, 2007).

		<b>Exportações</b>	<b>Importações</b>	<b>Saldo</b>
1996	<b>Peixes</b>	40,2	475,4	-435,2
	<b>Crustáceos</b>	92,3	9,7	82,6
1997	<b>Peixes</b>	50,4	437,1	-386,7
	<b>Crustáceos</b>	75,6	10,7	64,9
1998	<b>Peixes</b>	51	448,8	-397,8
	<b>Crustáceos</b>	71,8	6,5	65,3
1999	<b>Peixes</b>	52,2	286,4	-234,2
	<b>Crustáceos</b>	84,8	3,4	81,4
2000	<b>Peixes</b>	78,5	296,7	-218,2
	<b>Crustáceos</b>	160,5	3,7	156,8
2001	<b>Peixes</b>	91,3	263,3	-172
	<b>Crustáceos</b>	193,3	4,0	189,3
2002	<b>Peixes</b>	91,1	220,2	-129,1
	<b>Crustáceos</b>	252,5	2,3	250,2
2003	<b>Peixes</b>	103,4	210,8	-107,4
	<b>Crustáceos</b>	317,5	2,3	315,2
2004	<b>Peixes</b>	116,4	260,3	-143,9
	<b>Crustáceos</b>	312,7	2,0	310,7
2005	<b>Peixes</b>	127,3	304,8	-177,5
	<b>Crustáceos</b>	279,9	1,6	278,3
2006	<b>Peixes</b>	124,6	448,6	-324
	<b>Crustáceos</b>	248,1	4,2	243,9

Ao comparar o desempenho da balança comercial de pescado à política macroeconômica brasileira, percebe-se que a atuação do segmento nas transações externas está intimamente ligada ao movimento do câmbio. Isso explica porque as exportações de pescado são incrementadas no período posterior a janeiro de 1999, quando há a alteração do regime de câmbio fixo para o flutuante. Desta forma, os saldos comerciais do pescado são deficitários em anos de moeda nacional desvalorizada e superavitários na situação inversa (GONÇALVES & PEREZ, 2007).

Em 2006, os principais produtos exportados foram o camarão, representando 44% das exportações e atingindo US\$ 124 milhões, a lagosta, com 23% do valor total, e o peixe congelado, com 12%. Os principais mercados importadores de pescados foram os EUA, Espanha, França, Japão e Portugal, em ordem decrescente. Para o camarão especificamente, a França foi o principal mercador comprador, importando cerca de 45% do volume total exportado. O mercado internacional comprou nesse período aproximadamente 30 mil toneladas de camarão, e pagou em média US\$ 4,12 pelo quilograma do produto. (SEAP/PR, 2006).

A análise da tabela 2 permite avaliar a participação do camarão de cultivo marinho por unidade federativa, cujo principal representante é o *Penaeus vannamei* (*P. vannamei*), em comparação aos demais camarões obtidos da pesca e extrativismo no ano de 2005. A região centro-oeste foi omitida por apresentar valores iguais a zero para todas suas unidades federativas.

Tabela 2: Estatística da produção nacional de camarão por unidade federativa do Brasil em 2005 (modificado - MMA et al, 2007).

Região/Estado	Pesca Extrativista Marinha		Maricultura	Aqüicultura de Água Continental
	Camarão industrial (t)	Camarão artesanal (t)	Camarão (t)	Camarão (t)
<b>Norte</b>	<b>3.171,50</b>	<b>99,00</b>	<b>278,00</b>	<b>30,00</b>
Rondônia	0,00	0,00	0,00	0,00
Acre	0,00	0,00	0,00	0,00
Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,00
Roraima	0,00	0,00	0,00	0,00
Pará	3.078,50	99,00	278,00	30,00
Amapá	93,00	0,00	0,00	0,00
Tocantins	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Nordeste</b>	<b>380,00</b>	<b>20.162,50</b>	<b>59.034,00</b>	<b>59,00</b>
Maranhão	0,00	4.900,50	246,00	0,00
Piauí	0,00	145,50	2.239,00	0,00
Ceará	357,50	29,50	17.356,00	0,00
Rio Grande do Norte	22,50	528,00	25.063,00	0,00
Paraíba	0,00	159,50	1.672,00	0,00
Pernambuco	0,00	583,00	3.568,00	49,00
Alagoas	0,00	2.033,00	122,00	0,00
Sergipe	0,00	1.813,50	2.924,00	10,00
Bahia	0,00	9.970,00	5.844,00	0,00
<b>Sudeste</b>	<b>1.824,00</b>	<b>3.216,00</b>	<b>435,00</b>	<b>281,00</b>
Minas Gerais	0,00	0,00	0,00	0,00
Espírito Santo	0,00	1.026,50	435,00	260,00
Rio de Janeiro	247,00	1.361,50	0,00	21,00
São Paulo	1.577,00	828,00	0,00	0,00
<b>Sul</b>	<b>3.643,50</b>	<b>6.120,50</b>	<b>3.386,50</b>	<b>0,00</b>
Paraná	0,00	861,00	637,00	0,00
Santa Catarina	2.977,50	1.038,00	2.726,50	0,00
Rio Grande do Sul	666,00	4.221,50	23,00	0,00
<b>TOTAL BRASIL</b>	<b>9.019,00</b>	<b>29.598,00</b>	<b>63.133,50</b>	<b>370,00</b>

A região nordeste exportou em 2006 cerca de 60% do valor total dos pescados brasileiros, sendo a principal região de cultivo de camarões e captura de lagosta do Brasil, com destaque para os estados do Rio Grande do Norte e Ceará, que, juntos, exportaram 75% do volume total de camarões no período (SEAP/PR, 2006). Dentre os estados produtores, os principais exportadores são Rio Grande do Norte, Ceará, Pará e Pernambuco, que, juntos, em 2005, foram responsáveis por 85% do camarão brasileiro exportado (MMA et al., 2007).

A tendência do mercado internacional do camarão é a competitividade crescente com o fim da aplicação de tarifas preferenciais a alguns países asiáticos por parte da União Européia - UE. Os principais mercados compradores tendem a ser mais exigentes, particularmente a UE quando comparada aos Estados Unidos e Japão, e a escolha por um país exportador será baseada em diversas variáveis, como preço, sustentabilidade na produção, controle de resíduos e contaminantes, aplicação de padrões éticos trabalhistas, rastreabilidade, bem-estar animal e genética na criação de camarões (BRIGGS et al., 2005).

### **2.3 Doenças de camarão e perdas econômicas**

Historicamente, as maiores perdas econômicas e comerciais advindas de patógenos de camarão eram atribuídas aos WSSV, YHV e parvovírus hepatopancreático em cultivos de *Penaeus monodon* na Ásia, importante produtora mundial de camarão. Entretanto, com o crescimento dos cultivos de *P. vannamei*, as perdas advindas das infecções pelo IHHNV e TSV também passaram a ser consideradas mais seriamente (FLEGEL, 2006).

Quando há um problema sanitário em populações silvestres ou de cultivo de animais aquáticos, várias perdas podem ocorrer, como prejuízos por mortes de animais atribuídas a doenças, redução da produtividade em decorrência de menores taxas de crescimento ou por diminuição do consumo de alimentos, custos de tratamentos e prevenção e perda da confiança dos investidores. Perda ou dano ao estoque de matrizes pode levar a maiores consequências, enquanto danos a populações silvestres podem resultar não somente em perda do recurso genético animal, mas também à diminuição da biodiversidade e a mudanças no equilíbrio ecológico (CAMERON, 2002).

É necessário traçar um panorama histórico e atual da produção brasileira de camarão para a melhor compreensão da magnitude das possíveis perdas produtivas e mercadológicas decorrentes de problemas sanitários.

No que diz respeito à produção brasileira, vale ressaltar que somente a partir dos anos 80 a produção de camarão começou a ter caráter empresarial. Em 1994 a produção ainda era muito pequena, realizada por cerca de 20 empresas, de forma semi-extensiva, gerando uma produção de 1.996 t. Já em 1995, iniciou-se a produção comercial de pós-larvas do camarão branco (*Penaeus vannamei*) procedente do Oceano Pacífico, o que foi um grande impulso à carcinicultura brasileira. A atividade obteve taxas de crescimento superiores a 60% ao ano até 2003, alcançando o marco de produção de 90.190 t de camarão, com exportações de 58.455 t e US\$ 226,0 milhões (ROCHA, 2007a).

O gráfico da figura 1 demonstra este crescimento a partir do ano de 1998 até atingir seu pico em 2003.

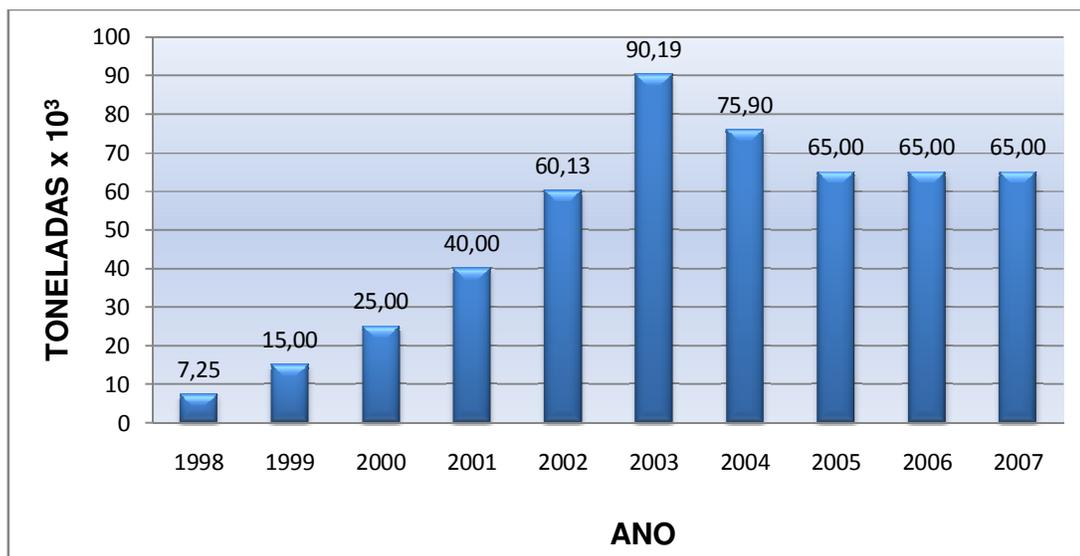


Figura 1: Produção brasileira em toneladas de camarões de cultivo marinho de 1998 a 2007 (modificado – ROCHA, 2007b).

A desvalorização do dólar e ocorrências sanitárias entre os anos de 2004 e 2006 impactaram negativamente na produção brasileira e nas exportações de camarões marinhos em cativeiro, descontinuando um ciclo de lucratividade no País (MUNIZ, 2007; ROCHA, 2007a). A queda da produção entre os anos de 2003 e 2006 foi de 26.926 t e US\$ 90.130 mil, quadro que afetou a exportação total de

crustáceos, que em 2003 era de US\$ 317.473 mil e caiu para US\$ 248.079 mil em 2006 (GONÇALVES & PEREZ, 2007).

Tabela 3: Exportações brasileiras de camarões de 2001 a 2006 (modificado – GONÇALVES & PEREZ, 2007).

Exportação		2001	2002	2003	2004	2005	2006
Camarão	Toneladas	23.408	39.960	60.844	54.379	45.033	<b>33.918</b>
	US\$ mil	129.402	174.939	244.543	218.866	191.436	<b>154.413</b>
Total de	Toneladas	37.515	54.465	72.373	65.995	57.205	<b>48.382</b>
Crustáceos	US\$ mil	193.281	252.491	317.473	312.695	279.865	<b>248.079</b>

Com o crescimento da atividade a partir de 2002 e a intensificação da produção, ficaram mais visíveis também os problemas sanitários. Do ponto de vista epidemiológico, as condições eram extremamente favoráveis para o aparecimento e a disseminação de diferentes doenças de impacto econômico no setor. A água é um ambiente extremamente propício à proliferação e disseminação de agentes como vírus, bactérias, parasitas e fungos, que, em condições favoráveis, são responsáveis pelo desencadeamento das doenças. Dependendo da fase em que as criações são acometidas por essas doenças, quedas na produção e na lucratividade dos empreendimentos podem variar de 40% a 60% (MUNIZ, 2007).

Estima-se que, em cerca de duas décadas, a perda mundial referente a doenças virais de camarão ultrapassou os 10 bilhões de dólares, somente com os prejuízos ocasionados por quatro doenças: necrose hipodérmica hematopoiética infecciosa, síndrome de Taura, doença das manchas brancas e doença da cabeça amarela (LIGHTNER & VANPATTEN, 2001).

O rápido crescimento da aquicultura mundial e a necessidade de obtenção de matrizes reprodutoras para a constituição de plantéis em vários países foi responsável pelo deslocamento de patógenos de camarões mesmo antes de seu reconhecimento, identificação como agente microbiológico causador de doenças e desenvolvimento de ferramentas diagnósticas confiáveis (LIGHTNER, 1999). Mesmo com a disponibilidade de testes diagnósticos e conhecimento das doenças de camarões peneídeos, o grande volume de comércio de mercadorias, como animais

reprodutores para algumas áreas, resultou na introdução de patógenos, independentemente da presença de programas de certificação de doenças (NIELSEN et al., 2005).

No ano de 2003, o cultivo de camarões atingiu 90.190 toneladas, uma diminuição de cerca de 16% em relação a 2004, quando a produção foi de 75.904 toneladas (ROCHA, 2007b). As causas desta redução são diversas, mas sobressaem a ação antidumping movida nos Estados Unidos pela Southern Shrimp Alliance e, principalmente, problemas sanitários e de doenças, em particular, a infecção causada pelo vírus da mionecrose infecciosa (IMNV) que apareceu no Brasil no último trimestre de 2003, com rápida difusão, sobretudo no Nordeste. (DIEGUES, 2006; ROCHA, 2007a).

Doenças como a síndrome de Taura, a necrose hipodérmica hematopoiética infecciosa, a hepatopancreatite necrosante e infecções por protozoário *Epistylis sp.*, bactéria *Leucothrix sp.* e gregarinas *Nemathopsis sp.* foram registradas no País há alguns anos e ainda ocorrem de forma endêmica em algumas regiões (LIGHTNER, 1996; LIGHTNER, 1999; LIGHTNER et al., 2004; MOLES & BUNGE, 2002; NUNES et al., 2004).

O gráfico da figura 2, que registra o volume das exportações de camarão marinho cultivado congelado do Brasil durante o período de 2003 a 2006, ilustra bem a relação entre ocorrência de doenças na carcinicultura brasileira e perdas econômicas decorrentes da queda de exportação de camarão congelado.

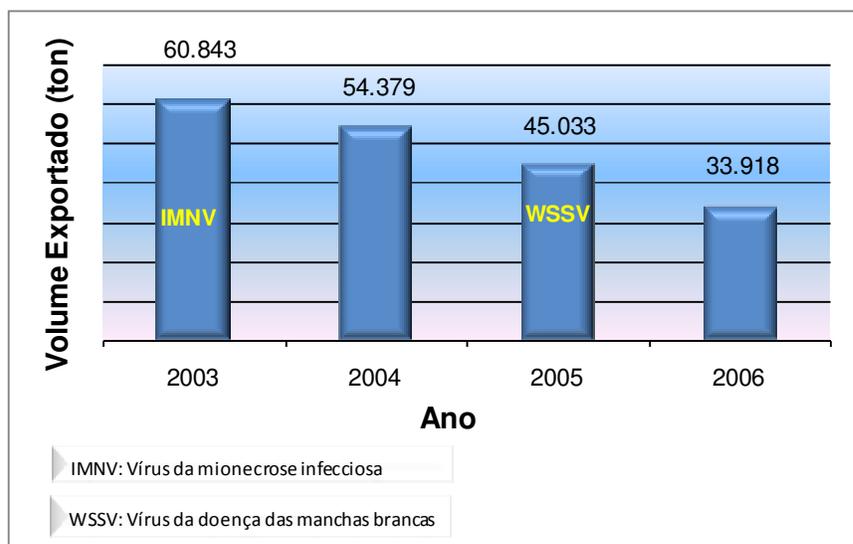


Figura 2: Gráfico da dinâmica entre exportações brasileiras de camarão e doenças de camarão entre 2003 e 2006 ( modificado - BROCK et al., 1997; DIEGUES, 2006; LIGHTNER, 1996; LIGHTNER, 1999; LIGHTNER et al., 2004; MOLES & BUNGE, 2002; NUNES et al., 2004; ROCHA, 2007b; SEIFFERT et al., 2006).

Observa-se que o surgimento do IMNV em 2003 e do vírus da doença das manchas brancas- WSSV em 2005 no Brasil coincide com a redução progressiva do volume de camarão exportado. Pela avaliação gráfica, observa-se uma tendência de correlação direta entre a presença de doenças em camarão e a queda nas exportações desse produto.

## 2.4 Análise de risco

Análise de risco é uma ferramenta auxiliar para determinação de quais animais e seus produtos podem ingressar em um país e sob quais condições (MACDIARMID, 2000). A análise de risco de importação em saúde animal leva em consideração a possibilidade de veiculação de doenças associadas à importação de animais vivos, de material de multiplicação animal (sêmen, embrião, ovo fértil, ovo embrionado, ovócito, óvulo, cisto etc.) de produtos biológicos, de materiais patológicos e de produtos e subprodutos de origem animal destinados ao consumo humano ou animal, ou para uso farmacêutico, cirúrgico, na agricultura ou na indústria em geral (OIE, 2008a).

O conceito de risco envolve variáveis como, por exemplo, a possibilidade de entrada de doença, sua disseminação e permanência no país importador e o impacto na saúde humana, animal, na economia e no meio ambiente advindo deste ingresso (OIE, 2004a).

A avaliação de risco de importação de animais aquáticos, definida como a avaliação da probabilidade e das conseqüências biológicas e econômicas da entrada, propagação e estabelecimento de um perigo dentro de um território de um país importador, também é útil para propósitos relacionados à saúde pública. Moluscos bivalves como ostras, mexilhões e mariscos são eficientes filtradores aquáticos, que acabam por concentrar em seu interior grande quantidade de microorganismos e de resíduos orgânicos e inorgânicos. Vários desses microorganismos são patogênicos para o ser humano e podem acarretar sérios problemas de saúde. Como exemplos, são citados os coliformes fecais, as ficotoxinas e algas nocivas (NASH et al., 2000). O termo perigo se refere à fonte de dano potencial, causa de efeito adverso (OIE, 2004a).

A análise de risco foi negligenciada ou pouco empregada no comércio exterior durante muito tempo. Somente no início da década de 1990, após a implantação do Acordo SPS, da Organização Mundial do Comércio, OMC, que resultou na crescente necessidade de reconhecimento dos padrões estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde Animal (OIE), a metodologia documentada, científica e transparente no processo de análise de risco ganhou visibilidade e passou a ser aplicada de forma mais sistemática (MURRAY, 2002).

Dois importantes conceitos devem ser considerados quando da realização de uma análise de risco de importação: o nível aceitável ou adequado de proteção ou ALOP (do inglês “appropriate level of protection”) e a equivalência. O ALOP pode ser definido como o risco associado à importação de uma mercadoria considerado como compatível para a proteção da saúde pública e animal (aquática ou terrestre) pelo país importador (OIE, 2004a). O ALOP está interligado à percepção de risco, variável subjetiva dependente de muitos fatores como gênero, nível educacional e sócio-econômico, visão de mundo e influência da mídia. Riscos com impactos estimados de maior gravidade, sobretudo catastróficos, tendem a ter uma percepção superior à real, independente de sua probabilidade de ocorrência (PHARO, 2002). Atualmente, há uma tendência de inclusão de estudos econômicos para definição do

ALOP, considerando os benefícios do comércio, os potenciais custos de introdução de doenças e o impacto econômico de suas conseqüências (ZEPEDA et al., 2001).

Equivalência é a capacidade de diferentes medidas sanitárias atenderem a um mesmo objetivo (OIE, 2004a). O Acordo SPS da Organização Mundial do Comércio prevê que os governos estabeleçam o nível de proteção adequado para reduzir a classificação de risco até um grau aceitável (WTO, 1995). O estabelecimento de níveis aceitáveis de proteção é resultado de negociações sanitárias entre os países envolvidos e, desta forma, é uma decisão política (PHARO, 2003). Entretanto, o Acordo SPS exige que esta decisão seja baseada em uma avaliação objetiva, técnica e científica da probabilidade e conseqüências advindas da introdução de uma doença (PEELER et al., 2006).

O desenvolvimento de ferramentas analíticas para a gestão do risco associado à importação de qualquer mercadoria de origem animal, baseadas em análises de risco, é crucial para subsidiar tecnicamente a tomada de decisões dos setores de trânsito e quarentena de animais dos serviços veterinários oficiais. A opção de adoção das recomendações sanitárias do Código da OIE pode eliminar a necessidade de avaliação de risco para uma determinada importação (MURRAY, 2002). Na prática, esse é exatamente o procedimento de rotina adotado pelos serviços veterinário oficiais da maioria dos países. No entanto, os padrões estabelecidos no Código da OIE podem não estar em consonância com o nível adequado de proteção (ALOP) adotado pelo País para uma determinada doença. Por isso, outros instrumentos devem estar disponíveis aos gestores de risco na tomada de decisões sanitárias referentes ao trânsito internacional de mercadorias agropecuárias.

Qualquer análise de risco deve ser sucedida pela decisão de importação ou não de uma determinada mercadoria, em vez de ser utilizada como argumento para uma decisão já realizada. Análises de risco são verdadeiramente objetivas em raros casos, por isso transparência na metodologia é essencial. Entretanto, mesmo a análise de risco mais objetiva e transparente pode não satisfazer a todos os envolvidos no tema de aceitação de risco (MACDIARMID, 2000). Isso ocorre porque o conceito de percepção de risco é subjetivo e individual. O sucesso para lidar com possíveis conflitos entre informações científicas e influência política é a transparência.

Vários fatores devem ser considerados no processo de avaliação de risco, como, por exemplo, a disponibilidade de informação científica, métodos relevantes de amostragem e teste, prevalência de doenças específicas, existências de áreas livres ou de baixa prevalência de infecção, existência de programas de controle ou erradicação de doenças, condições ecológicas e ambientais relevantes, existência de quarentenas, avaliação de perdas de produção ou comércio no caso da entrada, disseminação e estabelecimento de doença e custos de controle e erradicação (MURRAY, 2002).

A análise de risco qualitativa fornece uma descrição pormenorizada do cenário de risco, apoiada por informações qualitativas e quantitativas, e desenvolve fundamentação lógica para avaliação do nível de aceitação de risco e da eficácia de qualquer medida de redução de risco que possa ser considerada (VOSE, 2000). A avaliação qualitativa é apropriada para a maior parte das análises de risco de importação, e é, atualmente, o tipo mais comum de avaliação efetuada para respaldar decisões sobre importações. O resultado desse tipo de avaliação é expresso em termos não numéricos, como por exemplo, risco alto, médio, baixo ou insignificante (OIE, 2004a). A metodologia utilizada para obtenção desse tipo de classificação pode envolver critérios analíticos bem definidos, alguns dos quais podem ser quantitativos. Um bom exemplo é a metodologia utilizada pela Agência Europeia de Segurança Alimentar (EFSA) para a classificação geográfica do risco da ocorrência de encefalopatia espongiforme bovina (UNIÃO EUROPÉIA, 2000). Para várias doenças, em especial aquelas listadas no Código da OIE- que possuem padrões internacionais bem estabelecidos- há vasta concordância sobre seus possíveis riscos. Nesses casos, é mais provável que uma abordagem qualitativa seja adequada e suficiente. Métodos qualitativos não exigem habilidade em modelagem matemática para serem realizados e se tornam freqüentemente a abordagem utilizada para a tomada de decisões. Contudo, nenhuma metodologia de análise de risco se mostrou ser aplicável em todas as situações, e enfoques diferentes podem ser apropriados para circunstâncias distintas (MURRAY, 2002).

A avaliação quantitativa tende a ser mais objetiva e profunda. No entanto, demanda dados muito detalhados e precisos, além de requerer mais tempo e recursos para execução, o que reduz a sua aplicabilidade (OIE, 2004a). De fato, apenas uma quantidade extremamente limitada de conhecimento acerca de meio

ambiente e espécies aquáticas está disponível, o que dificulta e, muitas vezes, torna impossível a realização de análise de risco quantitativa para doenças de animais aquáticos (VOSE, 2000). O resultado desse tipo de avaliação é expresso numericamente, o que, invariavelmente, constitui um desafio para a sua interpretação e comunicação (OIE, 2004a). Sugere-se que cada avaliação de risco seja realizada primeiramente de forma qualitativa e, somente se informação adicional for considerada necessária, procede-se à quantificação do risco (MACDIARMID, 2000). O ganho adicional de um estudo quantitativo em relação a um qualitativo pode ser observado se a base para a tomada de decisões sanitárias é significativamente melhorada (PEELER et al., 2007). Apesar dos estudos quantitativos fornecerem um conceito de risco mais concreto, a eficácia da análise de risco qualitativa para respaldar decisões técnicas de política pública em saúde animal é inquestionável para a maioria dos casos (PEELER et al., 2006). A avaliação quantitativa pode ser desejável para obter mais subsídios em um problema particular, para identificar variáveis críticas na análise de risco ou para comparar medidas sanitárias. A quantificação envolve o desenvolvimento de um modelo matemático que une vários aspectos da epidemiologia de uma doença e os expressa de forma numérica, o que não significa necessariamente ser um método mais objetivo ou cujos resultados são mais precisos que de uma avaliação qualitativa (MURRAY, 2002). Modelos podem ser definidos como ferramentas que auxiliam gestores na tomada de decisões de maneira transparente (MURRAY, 2008).

Independentemente de qual método é adotado, é importante esclarecer que inevitavelmente haverá algum grau de subjetividade implícito decorrente das opiniões e percepções pessoais do analista ou grupo de analistas, especialistas (em alguns modelos quantitativos) e responsáveis por tomadas de decisões sanitárias (MURRAY, 2002). Por isso, o desenvolvimento de metodologia lógica, clara, documentada, tecnicamente precisa e revisada é o ponto mais importantes para garantir objetividade e aplicabilidade do que o fato dela ser qualitativa ou quantitativa (VOSE, 2000).

Um exemplo de alteração de exigências sanitárias, com impacto direto no comércio internacional de produtos e de subprodutos de animais aquáticos, baseada em análise de risco qualitativa, foi a alteração da legislação da União Europeia, na

forma da Decisão CE 2004/453, que flexibilizou o trânsito de salmonídeos no continente Europeu (COUNCIL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2004). Após estudos baseados em avaliação de risco associado ao ingresso de girodactilose, doença cujo agente etiológico é um ectoparasita (*Gyrodactylus salaris*) de peixes de grande importância sanitária, foi possível permitir a introdução de salmonídeos vivos de diferentes regiões costeiras. A avaliação de risco comprovou que a alteração da rota desses animais, por meio da importação, não elevava o risco de introdução de *G. salaris* em áreas livres dentro da União Européia (PEELER et al., 2006). Outro exemplo do uso de análise de risco de importação foi o fim das barreiras impostas pela Austrália ao Canadá para a importação de salmão fresco para consumo humano na década de 1990. A disputa foi levada à Organização Mundial do Comércio e o fim das restrições de importação foi definido a partir de uma análise de risco de importação consistente, que comprovou a utilização de barreiras comerciais acobertadas por meio de restrições sanitárias incongruentes (PEELER et al., 2007).

A metodologia de análise de risco é dividida em quatro etapas: (i) identificação do perigo (definido como fonte de dano potencial); (ii) avaliação de risco, (iii) gestão de risco e (iv) comunicação de risco, conforme ilustrado pela figura 3.

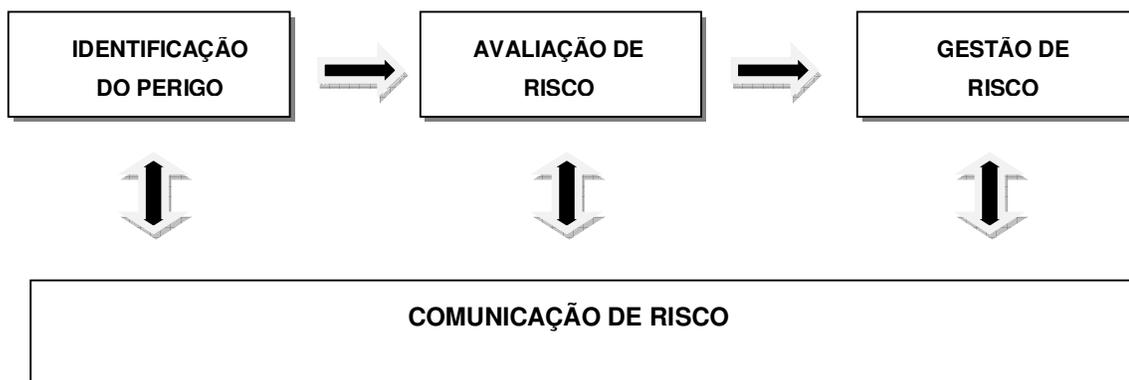


Figura 3: Etapas da análise de risco (OIE, 2004a).

O acordo SPS define avaliação de risco como “avaliação da possibilidade de entrada, estabelecimento ou propagação de uma peste ou doença, dentro de um território de um país membro importador, de acordo com as medidas sanitárias e fitossanitárias que podem ser aplicadas, e de suas potenciais conseqüências

biológicas e econômicas associadas; ou a avaliação dos potenciais efeitos adversos em humanos ou animais, decorrentes da presença de aditivos, contaminantes, toxinas ou organismos causadores de doenças e presentes em bebidas ou alimentos para consumo humano ou animal” (WTO, 1995).

A avaliação de risco visa estimar a possibilidade de ingresso, difusão e estabelecimento de um perigo dentro do território de um país importador e de suas possíveis conseqüências biológicas e econômicas. É subdividida em quatro etapas distintas: avaliação de difusão, avaliação de exposição, avaliação de conseqüência e estimativa de risco (OIE, 2004a).

A avaliação de difusão consiste na determinação da possibilidade de que o perigo contido em uma mercadoria importada infectada ou contaminada possa difundir-se no território do país importador e a descrição das rotas necessárias para que ele seja introduzido em um ambiente específico. A avaliação de exposição é baseada na descrição das rotas biológicas necessárias para a exposição de animais e humanos no país importador ao perigo identificado e na estimativa dessa exposição ocorrer. A avaliação de conseqüência é estruturada na descrição da relação entre a exposição ao perigo e as suas implicações. A estimativa de risco consiste na integração dos resultados das avaliações de difusão, exposição e conseqüências para a elaboração de medidas concisas dos riscos associados aos perigos identificados (OIE, 2004a).

A gestão de risco é o processo de decisão sobre a implantação de medidas que garantem alcançar o nível aceitável de proteção (ALOP), minimizando os possíveis efeitos negativos do comércio. O objetivo é administrar o risco apropriadamente para garantir o equilíbrio entre o desejo de um país em minimizar a probabilidade ou a freqüência de doenças e suas conseqüências com sua necessidade ou vontade de importar mercadorias e cumprir com suas obrigações de acordos internacionais sobre comércio (MURRAY, 2002).

Os resultados de uma avaliação de risco são utilizados pelo gestor de risco, juntamente com outras informações, para subsidiar decisões e formular políticas sanitárias. A avaliação de risco não é a única informação utilizada nesse processo; decisões são fundamentadas em nível de risco aceitável, baseadas em benefícios, custos e percepção de risco, este último de difícil definição. Quando o risco avaliado é maior que o risco aceitável, a política sanitária deve incluir exigências para

redução do risco (WOOLDRIDGE, 2000), que podem incluir ações como certificação por meio de utilização de ferramentas diagnósticas. Nesses casos, o gestor de risco deve estabelecer medidas sanitárias que reduzam o risco estimado ao mesmo patamar (e não inferior) do nível adequado de proteção pré-determinado pelo país (PHARO, 2002).

A comunicação do risco é o processo pelo qual informações e opiniões a respeito de perigos e riscos são agrupadas de potenciais interessados e envolvidos em possíveis conseqüências durante uma análise de risco. Nessa etapa, os resultados da avaliação de risco e as medidas de gestão de risco propostas são comunicados àqueles responsáveis pela tomada de decisões sanitárias e às partes envolvidas nos países importador e exportador. É um processo multidimensional e interativo que preferencialmente é iniciado nas primeiras etapas de uma análise de risco e continuado por todas suas etapas (MURRAY, 2002). A comunicação de risco é imprescindível à transparência, conceito que envolve documentação de todas as etapas da avaliação de risco baseada em informações obtidas da literatura especializada, da opinião de especialistas ou de outras fontes. Para garantir transparência, faz-se necessária a documentação de toda informação utilizada, métodos, resultados, suposições e incertezas (MURRAY, 2002).

No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) impõe restrições a fim de mitigar o risco de introdução de patógenos de animais aquáticos (BRASIL, 1999; BRASIL, 2003; BRASIL, 2008b). Um deles é um RNA vírus da família *Dicistroviridae*, agente da doença denominada síndrome de Taura, que atinge várias espécies de camarões peneídeos, como o *Penaeus vannamei* e o *Penaeus stylirostris*, e é responsável por importantes perdas econômicas em conseqüência da restrição do trânsito de animais em áreas acometidas, da mortalidade e da queda da produção decorrente de lesões de necrose epitelial e alterações em tecidos hematopoiéticos e linfóides dos animais acometidos (OIE, 2006). A Instrução Normativa (IN) SDA/MAPA nº. 39, de 4 de novembro de 1999, proíbe a importação de crustáceos e de seus produtos e subprodutos em decorrência da notificação de doenças da carcinicultura em alguns países. No entanto, prevê a possibilidade de ingresso destes animais, seus produtos e derivados mediante análise de risco prévia do Departamento de Saúde Animal da Secretaria de Defesa Agropecuária do MAPA (BRASIL, 1999).

A Instrução Normativa SDA/MAPA nº. 53, de 2 de julho de 2003 estabelece o Programa Nacional de Sanidade dos Animais Aquáticos e dispõe de exigências quarentenárias gerais para a importação de qualquer espécie de animal aquático. É prevista a liberação para os corpos d'água para aquicultura somente dos descendentes de primeira geração do lote importado (BRASIL, 2003), à exceção de animais destinados exclusivamente à ornamentação e não pertencentes à família de peixes *Cyprinidae* (BRASIL, 2008a).

O termo corpo d'água é sinônimo de corpo hídrico e trata-se de denominação genérica para qualquer manancial hídrico de água doce ou salgada; curso d'água, trecho de rio, reservatório artificial ou natural, lago, lagoa ou aquífero subterrâneo. O termo lote se refere a grupos de animais aquáticos de uma mesma espécie que procedem de um mesmo grupo de reprodutores e que sempre tenham compartilhado o mesmo reservatório de água.

Análises de risco de importação podem ser consideradas ferramentas analíticas eficientes e tecnicamente fundamentadas para a proteção do patrimônio pecuário nacional, por possibilitarem a decisão de que tipo de mercadoria poderá ser importada por um país e sob quais condições e, desta forma, reduzir o risco de introdução de doenças de importância em saúde animal e humana (MURRAY, 2002; OIE, 2004a).

### **3.0 OBJETIVOS**

O objetivo geral do presente trabalho é o desenvolvimento de metodologia qualitativa flexível de avaliação de risco de introdução e difusão de doenças de animais aquáticos no Brasil por meio de animais vivos importados.

O objetivo específico é a aplicação da metodologia proposta a fim de definir a estimativa de risco da introdução da síndrome de Taura no Brasil veiculada por pós-larvas de camarões peneídeos importados dos Estados Unidos para uso em aquicultura.

## **CAPÍTULO II: MATERIAIS E MÉTODOS**

### **1. Metodologia geral**

A metodologia adotada no presente trabalho é do tipo qualitativa para a avaliação de risco, em conformidade com as orientações do Código Sanitário para os Animais Aquáticos da Organização Mundial de Saúde Animal (Código da OIE). A opção pelo desenvolvimento de metodologia qualitativa foi baseada na ampla aceitação internacional desse tipo de abordagem em análise de risco de importação e pela facilidade de compreensão, pelos serviços veterinários oficiais e interessados, da comunicação do risco em variável qualitativa. Uma abordagem quantitativa traria imensas dificuldades metodológicas pela escassez de dados e informações numéricas exigidas, o que poderia gerar uma distorção analítica em um modelo matemático impreciso.

Após a definição do tipo de metodologia qualitativa, estabeleceram-se os Estados Unidos como país de origem dos animais no presente estudo, especialmente porque é na atualidade o maior exportador de genética de camarões do mundo, em virtude do desenvolvimento de animais em programas sanitários com certificação de camarões livres de patógeno específico (SPF), assim como porque os importadores brasileiros solicitam autorização de importação de crustáceos somente desse país.

As quatro doenças consideradas de maior impacto na carcinicultura mundial são as enfermidades causadas pelos vírus da doença das machas brancas (WSSV), da necrose hipodérmica hematopoiética infecciosa (IHHNV), da doença da cabeça amarela (YHV) e da síndrome de Taura (TSV), dos quais oficialmente o Brasil só notificou o WSSV. Os EUA notificaram à OIE doença causada por WSSV em 2008, enquanto que o Brasil a comunicou em 2005 (OIE, 2008b). A carcinicultura brasileira segue suas atividades, apesar de indícios que o IHHNV ocorra em baixa prevalência em algumas regiões do Brasil (LIGHTNER, 1999) sem causar prejuízos sérios nas áreas endêmicas. Como em 2007 houve notificação à OIE de casos de TSV nos Estados Unidos, e a última comunicação à OIE do YHV nas Américas foi no ano de 2005, optou-se pela escolha da síndrome de Taura como doença para aplicação do modelo epidemiológico proposto.

A metodologia desenvolvida neste trabalho seguiu as etapas do modelo adotado pela Organização Mundial de Saúde Animal para a avaliação de risco, neste caso aplicadas à síndrome de Taura: avaliação de difusão, avaliação de exposição, avaliação de consequência e estimativa de risco. Elementos utilizados em análises de riscos publicadas e revisadas do governo da Austrália e da Nova Zelândia foram adaptados a partes da metodologia empregada no trabalho (AUSTRALIA, 1999; AUSTRALIA, 2002, AUSTRALIA, 2006a; AUSTRALIA, 2006b; NEW ZEALAND, 2006).

Para cada uma das quatro etapas da avaliação de risco definidas pela OIE, foram desenvolvidos métodos analíticos com o objetivo de conferir rigor científico, transparência e consistência a todo o processo. As premissas e os dados utilizados no modelo foram especificados. Assim, será possível refutar as conclusões da investigação, o que é fundamental em ciência e no processo de tomada de decisão sanitária. Foram apresentadas árvores de cenário para cada etapa, com o objetivo de descrição da relação entre a série de eventos necessários para que o perigo ocorra.

Nos casos em que havia informações suficientes para uma abordagem quantitativa da avaliação de difusão, foi previsto que a metodologia seria capaz de avaliar o risco de introdução do perigo já com as principais medidas de gestão de risco aplicadas para esse tipo de comércio, como a certificação sanitária da mercadoria por realização de testes diagnósticos e quarentena dos animais. Assim, poderia ser realizada a avaliação da efetividade dessas medidas quanto à redução do risco a níveis aceitáveis. Em virtude da detecção de incerteza (informação incompleta) em etapas da avaliação de difusão, foram previstas análises quantitativas posteriormente convertidas em variáveis qualitativas. Nesse caso, a análise dos dados seria realizada usando o software Microsoft Office Excel 2007 ® e o aplicativo da Palisade @Risk Professional 5.0, específico para estudos de análise de risco. Para as etapas em que a incerteza ou variabilidade foram consideradas muito grandes, optou-se pela adoção de conduta mais conservadora e estimou-se o maior risco possível.

A avaliação de difusão considerou as rotas possíveis para introdução da infecção, e levou em conta fatores biológicos e relacionados ao país, além de características associadas à mercadoria. Foi necessário pesquisar dados sobre a

epidemiologia da TSV, como prevalência, e certificação sanitária no país de origem, além de considerar a aplicação de testes diagnósticos e possíveis medidas alternativas de mitigação de risco, entre outros fatores.

Na avaliação de exposição, foram descritas as vias que podem conduzir a um foco e posterior disseminação da doença. Nessa etapa, foram destaque o volume e uso do produto importado, a densidade e distribuição da população de animais em questão, a receptividade dos sistemas de criação de animais, os mecanismos de prevenção e sistemas de vigilância.

A avaliação de consequência considerou o impacto direto na forma de perdas de produção devido à infecção ou doença dos animais, e ainda avaliou se haveria consequências para a saúde pública. O impacto indireto foi avaliado considerando-se custos da indenização dos produtores, perdas comerciais potenciais e danos ao meio ambiente.

A estimativa de risco consistiu na integração dos resultados da avaliação de exposição, avaliação de difusão e avaliação de consequência para produzir valores qualitativos de risco para o perigo em questão. Desta forma, a estimativa de risco incorporou as possíveis rotas desde a identificação do perigo até as consequências indesejáveis.

O presente projeto não sugeriu medidas de gestão de risco e não incluiu a etapa de comunicação do risco porque ambas são diretamente dependentes do ALOP, que é um fator variável definido pelo serviço veterinário oficial do país importador da mercadoria.

Para fins de harmonização, a nomenclatura dos termos utilizados neste trabalho que estão associados ao processo de análise de risco, tais como equivalência, ALOP, perigo, risco, transparência, incerteza, variabilidade etc., segue as definições do Código Sanitário para os Animais Aquáticos da Organização Mundial de Saúde Animal (Código da OIE) (OIE, 2008a). A nomenclatura adotada para demonstrar a probabilidade de ocorrência de um acontecimento é internacionalmente consagrada por estudos epidemiológicos e também prevista na metodologia de análise de risco editada pela Organização Mundial de Saúde Animal, conforme tabela 4:

Tabela 4: Nomenclatura de probabilidades qualitativas (modificado - AUSTRALIA, 2006b; MURRAY, 2002; OIE, 2004a).

<b>Probabilidade</b>	<b>Definição</b>
Alta	O acontecimento muito possivelmente ocorrerá
Moderada	Há chances iguais de ocorrência e não ocorrência do acontecimento
Baixa	O acontecimento possivelmente não ocorrerá
Muito Baixa	O acontecimento muito possivelmente não ocorrerá
Extremamente Baixa	Extremamente improvável que o acontecimento ocorra
Insignificante	O acontecimento quase certamente não ocorrerá

Para avaliação de conseqüência e estimativa de risco, foram utilizadas todas as variáveis qualitativas da tabela 4, além do termo “extremo”, cujo significado é o mesmo que catastrófico, quando se refere à conseqüência, e é utilizado somente nas fases referentes à avaliação de conseqüência e estimativa de risco.

Para efeitos de combinação das variáveis descritivas, foi utilizada matriz de combinação de probabilidades descritivas, conforme tabelas 5, em todas as etapas em que houve a necessidade dessa combinação.

Tabela 5: Matriz de combinação de variáveis descritivas (modificado - AUSTRALIA, 2002; AUSTRALIA, 2006b).

<b>Variável Qualitativa X</b>	<i>Extrema</i>	M. Baixa	Baixa	Moderada	Moderada	Alta	Alta	Extrema
	<i>Alta</i>	Insignificante	Baixa	Baixa	Moderada	Moderada	Alta	Alta
	<i>Moderada</i>	Insignificante	M. Baixa	Baixa	Baixa	Moderada	Moderada	Alta
	<i>Baixa</i>	Insignificante	M. Baixa	M. Baixa	Baixa	Baixa	Moderada	Moderada
	<i>M. Baixa</i>	Insignificante	E. Baixa	M. Baixa	M. Baixa	Baixa	Baixa	Moderada
	<i>E. Baixa</i>	Insignificante	E. Baixa	E. Baixa	M. Baixa	M. Baixa	Baixa	Baixa
	<i>Insignificante</i>	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante	M. Baixa
		<i>Insignificante</i>	<i>E. Baixa</i>	<i>M. Baixa</i>	<i>Baixa</i>	<i>Moderada</i>	<i>Alta</i>	<i>Extrema</i>
<b>Variável Qualitativa Y</b>								

Foram definidas oito etapas para a metodologia desenvolvida da avaliação de risco, cuja aplicação segue uma lógica unidirecional, conforme descrita na figura 4 e especificada em seguida:

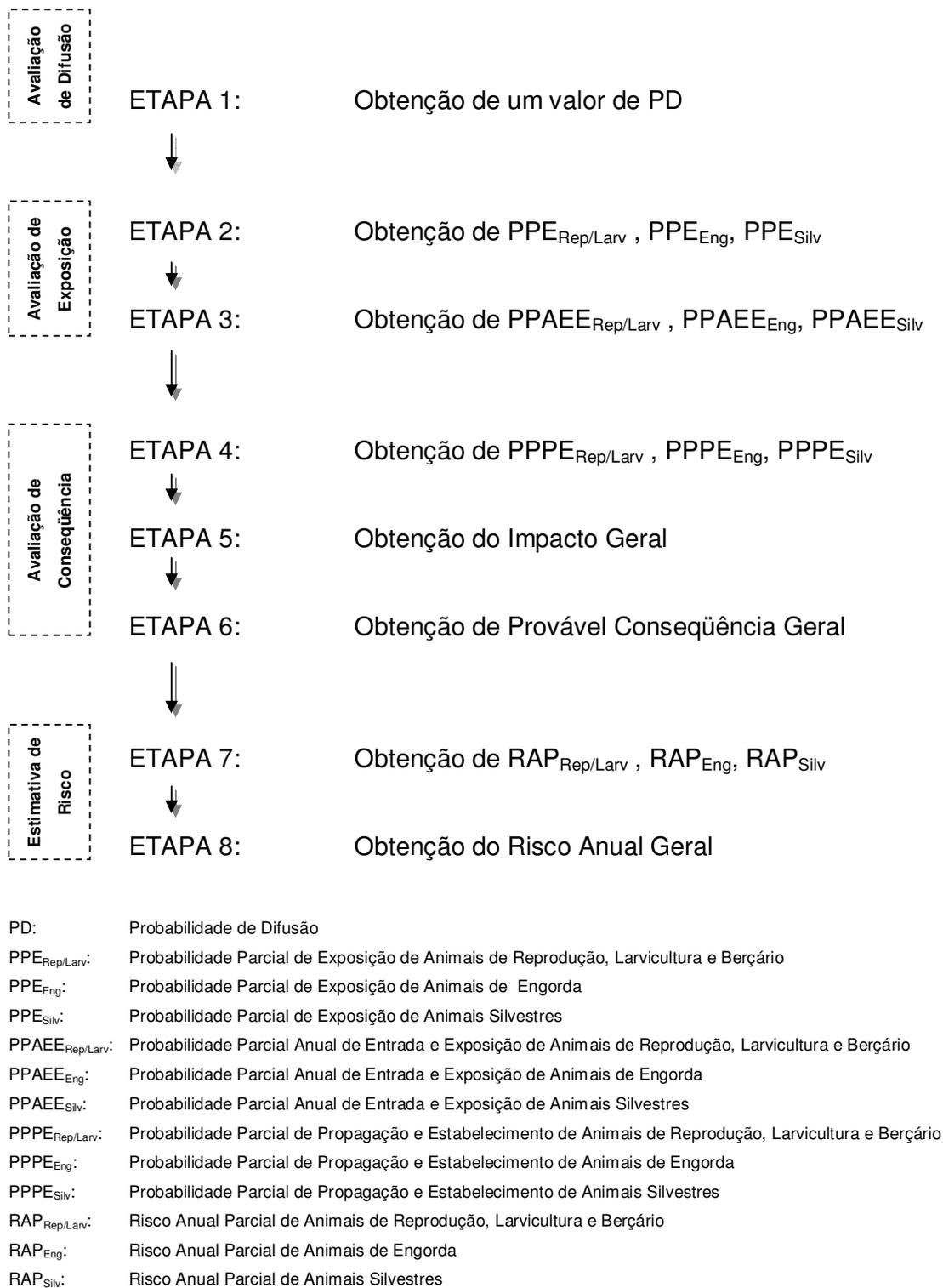


Figura 4: Etapas da metodologia desenvolvida para avaliação de risco.

## 2. Metodologia da avaliação de difusão: etapa 1

A avaliação de difusão consiste na estimativa da probabilidade de uma mercadoria importada estar infectada ou contaminada com um perigo e a descrição das rotas biológicas necessárias para que esse perigo seja introduzido em um determinado ambiente (MURRAY, 2002).

Foi realizada uma avaliação quantitativa da probabilidade de difusão, considerando as seguintes variáveis:

- prevalência de infecção na área geográfica de localização do estabelecimento exportador;
- sensibilidade e especificidade dos testes diagnósticos utilizados no país exportador e no Brasil;
- probabilidade de selecionar para exportação um lote infectado que resultou negativo aos testes diagnósticos durante a quarentena de procedência;
- probabilidade de falha de detecção de lote infectado no teste utilizado no destino (quarentenário de destino);

Entende-se por lote importado aquele que ingressou no País, permaneceu na quarentena para observação clínica e realização de testes diagnósticos e foi considerado sadio e liberado para exercer sua finalidade (reprodução, comercialização etc.) de acordo com as exigências da legislação vigente. O lote que entra no Brasil e apresenta, durante a quarentena, sinais clínicos compatíveis com doenças ou evidência laboratorial de infecção por agente patogênico é destruído ou devolvido ao país de procedência e considerado não importado por não ter sido nacionalizado.

O valor obtido da avaliação de difusão é chamado de probabilidade de difusão (PD) e expresso qualitativamente.

Foram avaliados os fatores de risco gerais citados para entrada, ocorrência e difusão de doença na metodologia padrão de análise de risco (OIE, 2004a. OIE, 2004b. OIE, 2006). Além disso, foram levados em consideração, sempre que pertinente, os elementos de risco identificados em modelo epidemiológico desenvolvido para avaliação qualitativa do potencial de propagação e

estabelecimento de doença infecciosa de aquicultura, tais como duração de ciclos de produção, latitude dos locais de produção e variações climáticas, presença de aves migratórias ou predatórias, densidade de animais por viveiro, realização de policultivo, entre vários fatores de risco listados (BRIDGES et al., 2007). Desta forma, os seguintes fatores foram considerados na avaliação de difusão:

#### Fatores biológicos:

- susceptibilidade dos animais importados ao perigo potencial considerado e sua infectividade em relação a espécies, idade e sexo;
- a forma de transmissão desse perigo: transmissão horizontal, direta (contato animal a animal via água, ingestão), indireta (vetores biológicos e mecânicos, hospedeiros intermediários, transmissão iatrogênica, fômites) e transmissão vertical;
- infectividade, virulência e estabilidade do perigo potencial;
- rotas de infecção (via água, via predação, vertical, por fômites de manejo em aquicultura etc.);
- locais de predileção do perigo potencial;
- resultado da infecção: imunidade adquirida, animais portadores incubando a doença ou convalescentes, infecção latente;
- o impacto de vacinação, teste diagnóstico, tratamento e quarentena.

#### Fatores relacionados ao país exportador:

- avaliação do serviço veterinário oficial, existência de programas de vigilância, controle, erradicação e regionalização, zonificação ou compartimentação de áreas com condição sanitária diferente;
- prevalência da doença e incidência de novos casos;
- existência de áreas, zonas ou compartimentos de cultivo livres ou de baixa prevalência para a doença;
- população animal;
- práticas de criação e manejo;
- características ambientais e geográficas.

Fatores relacionados ao país importador:

- exigências sanitárias para a importação de animais aquáticos;
- inspeção dos animais no ponto de entrada no País;
- realização de quarentena no destino;
- utilização de testes diagnósticos confirmatórios após a chegada dos animais;
- supervisão dos animais importados pelo serviço veterinário oficial;
- existência de legislação para destruição de animais infectados ou doentes e correta destinação do material e água potencialmente infectantes.

Fatores relacionados à mercadoria (animais, seus produtos, subprodutos e material de multiplicação):

- susceptibilidade à contaminação ou infecção;
- métodos relevantes de produção e processamento;
- resultado do processamento, armazenamento e transporte;
- quantidade da mercadoria a ser importada.

A avaliação de difusão se inicia com a aplicação da árvore de cenário definida na figura 5.

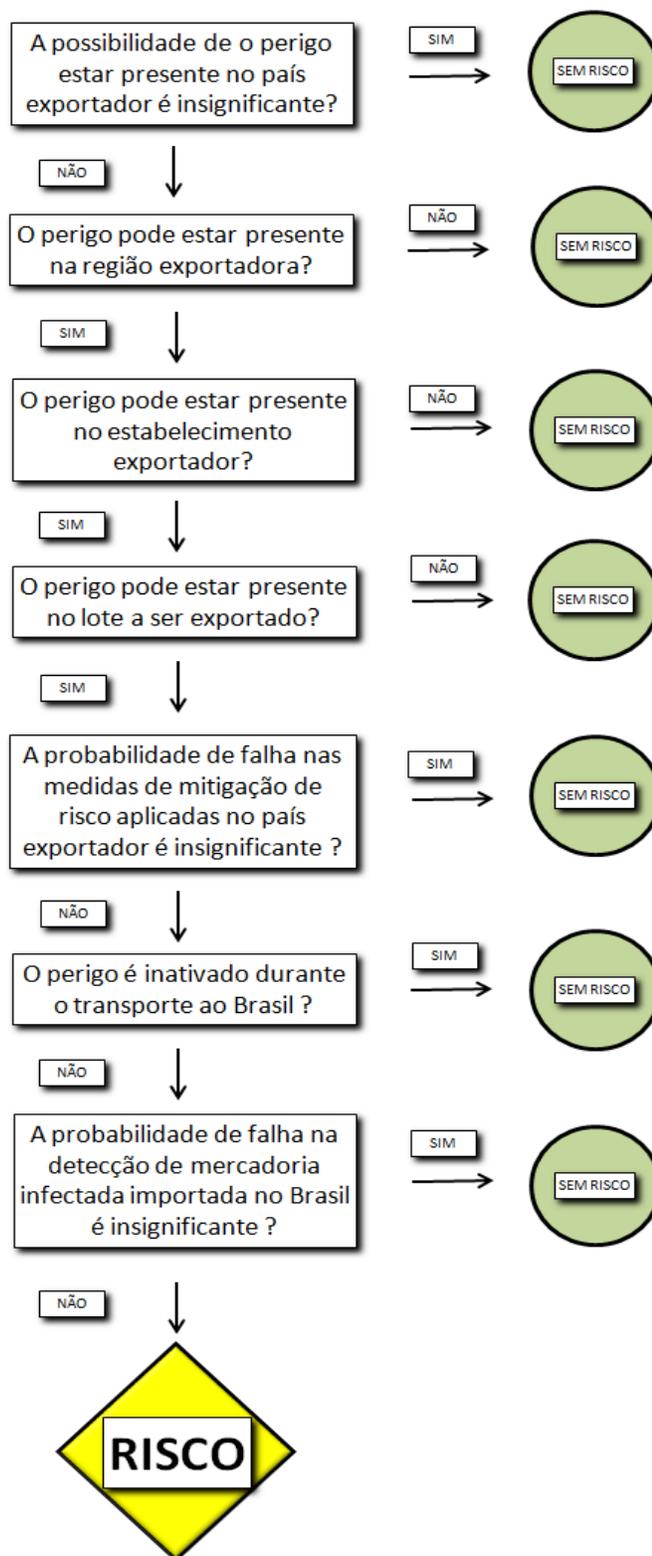


Figura 5: Árvore de cenário definida para avaliação de difusão do perigo.

Se o resultado da análise na árvore de cenário for “sem risco”, a avaliação de difusão será considerada como “insignificante”. Nesse caso, a avaliação de risco é concluída com o resultado obtido.

## **2.1 Cálculo da probabilidade de difusão**

### **2.1.1 Modelo de amostragem**

A probabilidade de difusão (PD) é calculada de forma quantitativa quando há disponibilidade de informações de qualidade assegurada. Para tanto, emprega-se metodologia de análise de risco quantitativa, baseada na teoria de probabilidades, com utilização de planilha do Microsoft Office Excel 2007 e auxílio do aplicativo da Palisade @Risk Professional 5.0, específico para estudos de análise de risco para o desenvolvimento de modelo de simulação. É obtido um valor numérico que pode ser transformado em uma variável qualitativa para sua interpretação e continuidade das etapas seguintes da avaliação de risco: avaliação de exposição, avaliação de consequência e estimativa de risco.

Há dois grupos principais de modelos de simulação, aqueles baseados em equações matemáticas e denominados de modelos determinísticos e aqueles estruturados a partir de amostragens probabilísticas de distribuições, que são conhecidos como modelos estocásticos. Ambos os modelos são utilizados para representar processos ou sistemas dinâmicos e simular seu comportamento durante um período de tempo (PFEIFFER, 2002). Um dos passos da metodologia desenvolvida para esta etapa é a utilização de métodos de simulação por modelos estocásticos para definir a probabilidade de um estabelecimento de aquicultura, que tenha resultado negativo aos testes diagnósticos aplicados, estar infectado. Os processos de modelagem estocásticos são representações dos acontecimentos reais em que há repetidas interações no modelo. Em cada interação, valores são amostrados da distribuição utilizada para cada variável. Os resultados dessas interações são chamados de “outputs” e refletem a variabilidade biológica e incorporam incerteza associada com os valores que estão sendo modelados (OIE, 2004b). Incerteza pode ser definida como a medida do estado incompleto de uma informação ou conhecimento de alguma pessoa acerca de uma quantidade

desconhecida. Ressalta-se que, mesmo com pleno conhecimento de uma variável, a variabilidade ainda existirá (MURRAY, 2002). Cada interação do modelo estocástico gera um resultado válido. No entanto, o conjunto de vários resultados (várias interações do modelo) é que realmente gera um valor mais confiável. O número de interações exigidas para configurar uma representação mais fidedigna da distribuição de valores obtidas (“output”) depende da técnica de amostragem utilizada pelo modelo: amostragem por Monte Carlo ou por Latin Hypercube (OIE, 2004b).

Em uma distribuição gerada por amostragem de Monte Carlo, um valor é definido aleatoriamente a partir da distribuição de cada variável analisada (“input”). Cada amostragem seleciona um valor de uma distribuição especificada, de acordo com sua probabilidade de ocorrência: ou seja, trata-se de técnica de amostragem simples a partir de toda a distribuição. Esse conjunto de valores aleatórios define um cenário que é utilizado como variável a ser analisada (“input”) no modelo. Todo o processo de amostragem é repetido  $x$  vezes, produzindo  $x$  cenários independentes com correspondentes valores obtidos (“output”) (BRUNEAU, 2000). A amostragem por Latin Hypercube é similar, à exceção que esse tipo de método de amostragem corrige uma possível imperfeição das amostragens de Monte Carlo- a possibilidade de geração de distribuições não muito uniformes e pouco representativas da amostra, uma vez que esta técnica utiliza amostragem estratificada com reposição. A amostragem por Latin Hypercube garante que valores de toda a distribuição serão amostrados proporcionalmente à sua densidade de dispersão (MURRAY, 2002). Desta forma, optou-se por utilizar como método de amostragem o Latin Hypercube e fixou-se em 5000 (cinco mil) o número de interações para a simulação de cada variável estocástica. Foi realizada uma única simulação de cada variável.

É consenso que os testes diagnósticos não são perfeitos e, portanto, há uma proporção de animais infectados que resultam negativos. A probabilidade de um lote negativo não estar infectado é denominada valor preditivo negativo (VPN). A probabilidade de  $n$  lotes negativos não estarem infectados é calculado como  $(VPN)^n$ . A probabilidade de, em  $n$  lotes negativos, pelo menos um estar infectado é igual a  $1 - (VPN)^n$  (OIE, 2004b).

Como os testes diagnósticos são realizados nos quarentenários de procedência e de destino, denominamos de probabilidade 1 ou P1 a probabilidade

de ao menos um lote de animais testados negativos durante a quarentena no país exportador estar, na verdade, infectado e, de probabilidade 2 ou P2, a probabilidade de ao menos um lote de animais testados negativos durante a quarentena de destino estar infectado. Apesar da possibilidade de realização de inferência Bayesiana para estimativa da redução do valor de PD obtida pela realização de quarentena, optou-se por assumir que não haveria alteração significativa do valor dessa variável após quarentena dos animais.

Assim sendo, a probabilidade de difusão será a probabilidade de importação de lotes de animais infectados para o perigo em questão, após obtenção de dois resultados negativos a testes diagnósticos: um realizado durante a quarentena de origem e o outro na de destino.

Trata-se, portanto, de testes em paralelo, onde há ganho de sensibilidade total após a aplicação de dois testes em que, para um lote ser considerado negativo, necessariamente ele deverá resultar negativo em duas oportunidades consecutivas (MEDRONHO et al., 2006).

No caso, a probabilidade de difusão envolve duas variáveis:

- a probabilidade de ao menos um lote de animais que foi testado negativo para o perigo no país exportador estar infectado (P1), e;
- a probabilidade de ao menos um lote importado testado negativo para o perigo durante a quarentena de destino estar infectado (P2).

Somente são considerados lotes de animais importados aqueles que resultarem negativos aos testes durante quarentena de procedência e destino, ou seja, a probabilidade de importação de lotes de animais infectados com o perigo, considerados como a probabilidade de difusão (PD) e assumindo a independência dos testes, é:

$$PD = P1 \times P2$$

onde:

$$P1 = 1 - (VPN \text{ dos lotes testados no país exportador})^n$$

$$P2 = 1 - (VPN \text{ dos lotes testados no Brasil})^n$$

P1:	Probabilidade de ao menos um lote de animais que foi testado negativo para o perigo no país exportador estar infectado
P2:	Probabilidade de ao menos um lote importado testado negativo para o perigo durante a quarentena de destino estar infectado
n exponencial:	Número de lotes testados
VPN:	Valor preditivo negativo

Um lote de animais aquáticos é definido como um grupo de animais de uma mesma espécie, sempre mantidos no mesmo reservatório de água e que se originaram de um mesmo grupo de reprodutores. Um lote de animais não é autorizado a ser exportado para o Brasil ao menos que se origine de um estabelecimento submetido a um programa sanitário que confirme o resultado negativo a repetidos testes aos patógenos de interesse (José Barros Neto, MAPA, comunicação pessoal). Portanto, a probabilidade de introdução de animais infectados no Brasil está diretamente relacionada a consecutivos resultados falsos negativos de testes de programas sanitários no país exportador, assim como no quarentenário de destino. Nota-se que P1 e P2 foram consideradas variáveis independentes.

Na ausência de informações das variáveis envolvidas no cálculo de P1 e P2 ou na presença de incertezas (informação incompleta) consideradas amplas, o modelo de risco quantitativo se torna inaplicável. Nesses casos, a probabilidade de difusão (PD) é fixada como “alta”, assumindo uma postura mais conservadora do pior cenário possível, e a avaliação de risco segue para a etapa seguinte: a avaliação de exposição. A estimativa “alta” poderá ser reduzida a “moderada”, se houver evidências epidemiológicas suficientes para corroborar com uma menor percepção de risco.

## **2.1.2 Cálculo das variáveis de P1 e P2**

### **2.1.2.1 Cálculo de VPN**

Além da sensibilidade e especificidade do teste diagnóstico, outra variável que influencia o valor do VPN é a prevalência da doença ou infecção no lote testado.

Tanto a prevalência real quanto a prevalência aparente são fatores importantes na determinação do VPN (MEDRONHO et al., 2006). São apresentadas a seguir, com o auxílio da tabela 6, as relações existentes entre o VPN, a sensibilidade e especificidade dos testes diagnósticos e a prevalência real e aparente da doença ou infecção (perigo).

Tabela 6: Relação entre prevalência real e prevalência aparente de uma doença ou infecção (MEDRONHO et al., 2006).

	<i>Infecção Presente</i>	<i>Infecção Ausente</i>	<i>Total</i>
<i>Teste Positivo</i>	SEN x P	(1 – ESP) x (1 – P)	(SEN x P) + (1 – ESP) x (1 – P)
<i>Teste Negativo</i>	(1 – SEN) x P	ESP x (1 – P)	(1 – SEN) x P + ESP x (1 – P)
<b>Total</b>	<b>P</b>	<b>(1 – P)</b>	<b>1</b>

P: prevalência real da doença ou infecção na região do estabelecimento exportador

SEN: sensibilidade do teste aplicado no país exportador ou importador

ESP: especificidade do teste aplicado no país exportador ou importador

Desta forma, o valor preditivo negativo é igual a:

$$VPN = \frac{[ESP \times (1 - P)]}{[(1 - SEN) \times P + ESP \times (1 - P)]}$$

A prevalência aparente (PA) do perigo é a proporção de animais com resultados positivos ao teste diagnóstico do perigo na região geográfica de localização do estabelecimento exportador. Assim, a prevalência aparente é a proporção de animais que resultaram positivos ao teste diagnóstico. A prevalência aparente pode ser igual, maior ou menor que a prevalência real, dependendo da sensibilidade e especificidade do teste utilizado (MEDRONHO et al., 2006; OIE, 2004b).

Assim, a prevalência real do perigo (P) é:

$$PA = (SEN \times P) + (1 - ESP) \times (1 - P)$$

$$P = \frac{PA + ESP - 1}{ESP + SEN - 1}$$

(MEDRONHO et al., 2006).

Os valores de prevalência real (P) e prevalência aparente (PA) são os mesmos para P1 e P2, uma vez que se referem à prevalência real e aparente da doença ou infecção (perigo) na área geográfica de localização do estabelecimento de aquicultura exportador. Visto que a prevalência de estabelecimentos infectados na área geográfica da propriedade exportadora é sempre um valor incerto, dado a possibilidade de heterogeneidade entre eles, foi definida a utilização de uma distribuição binomial tipo beta para o seu cálculo.

Como todas as distribuições binomiais, há três variáveis envolvidas:

(n): número de ensaios

(p): probabilidade de êxito em qualquer ensaio

(s): número de êxitos numa série de ensaios

Nos processo binomiais, todos os ensaios são idênticos e independentes; a probabilidade de êxito em cada ensaio é constante e há dois possíveis resultados (VOSE, 1997). Nesse caso, os resultados possíveis são:

- 1) estabelecimento positivo para o perigo em questão ou;
- 2) estabelecimento negativo para o perigo em questão.

Optou-se pela utilização da distribuição beta porque, nesta etapa, são conhecidos os valores de (n) e (s) e o resultado buscado é (p). Assim, é determinada pela distribuição beta a probabilidade de seleção para exportação de animais de pelo menos um estabelecimento aquícola infectado na área geográfica em questão (p), dado que em determinado estudo em uma amostra de (n) estabelecimentos

aqüícolas da região exportadora, (s) estabelecimentos apresentaram ao menos um resultado positivo para o perigo em questão. Desta forma:

$$P = Beta (s + 1, n - s + 1) \text{ou}$$

$$P = Beta (\alpha 1, \alpha 2)$$

onde:

P = probabilidade de seleção aleatória de um estabelecimento da região exportadora que tenha ao menos um animal infectado com o perigo

s = número de estabelecimentos positivos

n = número de estabelecimentos testados

Os parâmetros da distribuição beta seguem a seguinte exigência:

$$\alpha 1 > 0;$$

$$\alpha 2 > 0;$$

(VOSE, 1997).

As informações necessárias para o cálculo de (p), ou seja, (n) e (s), devem ser obtidas do serviço veterinário oficial do país exportador e da literatura científica disponível.

### **2.1.2.2 Cálculo de n**

O número de lotes testados no estabelecimento exportador, (n) de P1, é uma variável cujo valor é obtido do serviço veterinário oficial do país exportador. É exigido teste para todos os lotes a serem exportados: por isso, nota-se que os exportadores tendem a enviar animais de poucos lotes, dentro de um mesmo estabelecimento, em vez de animais de vários lotes. O número de lotes testados durante a quarentena de destino, (n) de P2, é uma variável cujo valor é obtido do serviço veterinário oficial brasileiro para avaliação de risco de cada importação em questão.

### 2.1.2.3 Cálculo de SEN e ESP

De uma forma geral, a especificidade e sensibilidade de um teste são determinadas por experimentos ou estudos observacionais que comparam o método diagnóstico utilizado com o padrão ouro (MEDRONHO et al., 2006). É comum a presença de incertezas nestes valores, uma vez que a literatura científica tende a apresentar resultados distintos para eles. Desta forma, para o cálculo de sensibilidade (SEN) e especificidade (ESP) do teste diagnóstico utilizado no país exportador e no Brasil, foram definidos processos estocásticos, que permitem incorporar variabilidade e incerteza ao modelo. Foram definidas distribuições contínuas de ignorância como a distribuição uniforme ou beta Pert. As distribuições de ignorância permitem calcular valores prováveis de sensibilidade e especificidade de um teste a partir de um valor mínimo e máximo e, no caso da distribuição de beta Pert, também a partir de um valor mais provável da sensibilidade e especificidade. Esse valor mais provável pode ser obtido a partir da opinião de especialistas. Portanto, SEN e ESP são variáveis estocásticas modeladas a partir das informações publicadas na literatura científica e, se julgado necessário, na opinião de especialistas. Assim, temos que os valores de sensibilidade e especificidade dos testes diagnósticos aplicados no país exportador e no Brasil são:

$$\begin{aligned} SEN &= \textit{Uniforme} (\textit{mín.}, \textit{máx.}) \textit{ ou} \\ SEN &= \textit{Pert} (\textit{mín.}, \textit{mais prov.}, \textit{máx.}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ESP &= \textit{Uniforme} (\textit{mín.}, \textit{máx.}) \textit{ ou} \\ ESP &= \textit{Pert} (\textit{mín.}, \textit{mais prov.}, \textit{máx.}) \end{aligned}$$

O Código da OIE não publicou, até o momento, dados sobre sensibilidade e especificidade de testes diagnósticos para crustáceos porque, além da falta de informação precisa disponível, sabe-se que vários fatores podem interferir nestes valores em animais ectotérmicos.

Com relação a crustáceos, são conhecidos alguns fatores “antiPCR”, vários presentes em grande concentração nos olhos, porém encontrados em todo o animal e capazes de comprometer a sensibilidade de um teste diagnóstico. Alguns desses

fatores identificados são proteínas, polissacarídeos, sais, traços de detergentes e resíduos que agem de diversas formas, causando interferência no processo de amplificação enzimática e promovendo toxicidade às polimerases (LENOCH, 2004). Para os resultados obtidos na certificação dos lotes exportados, no país exportador e no Brasil, assume-se que a colheita e o processamento do material biológico foram corretos, e que possíveis fatores “anti-PCR” não foram capazes de alterar o resultado dos testes diagnósticos.

Em síntese, as seguintes variáveis devem ser quantificadas para utilização no modelo de risco e cálculo de P1 e P2:

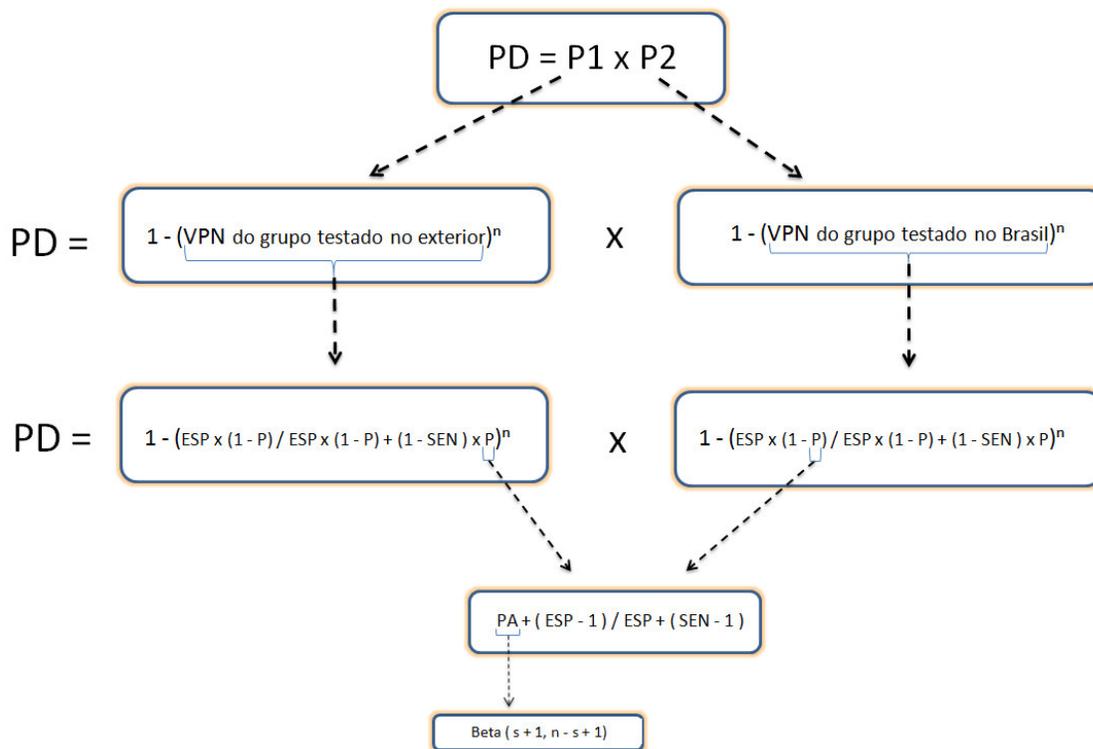
- a sensibilidade e especificidade dos testes diagnósticos utilizados para o perigo em análise;
- a prevalência real e aparente de estabelecimentos infectados na área geográfica de localização do estabelecimento de aquicultura exportador.

A tabela 7 resume as variáveis necessárias para o cálculo de P1 e P2 que, multiplicadas, fornecem o valor de PD.

Tabela 7: Dados necessários para cálculo da probabilidade de difusão quantitativa.

		<b>Fórmula</b>
<b>Prevalência Aparente do Perigo</b>		$PA = \text{Beta}(s+1, n-s+1)$
<b>Prevalência Real do Perigo</b>		$P = \frac{PA + ESP - 1}{ESP + SEN - 1}$
<b>Probabilidade 1 (P1)</b>	Valor Preditivo Negativo	$VPN = \frac{ESP \times (1 - P)}{ESP \times (1-P) + (1 - SEN) \times P}$
	n	Número de lotes testados no estabelecimento exportador
	Especificidade do Teste	Uniforme (mín., máx.) ou Pert (mín., mais prov., máx.)
	Sensibilidade do Teste	Uniforme (mín., máx.) ou Pert (mín., mais prov., máx.)
<b>Probabilidade 2 (P2)</b>	Valor Preditivo Negativo	$VPN = \frac{ESP \times (1 - P)}{ESP \times (1-P) + (1 - SEN) \times P}$
	n	Número de lotes importados testados no Brasil
	Especificidade do Teste	Uniforme (mín., máx.) ou Pert (mín., mais prov., máx.)
	Sensibilidade do Teste	Uniforme (mín., máx.) ou Pert (mín., mais prov., máx.)

Em resumo, a probabilidade de difusão quantitativa é calculada conforme diagrama da figura 6.



- PD: Probabilidade de difusão
- P1: Probabilidade de ao menos um lote de animais que foi testado negativo para o perigo no país exportador estar infectado
- P2: Probabilidade de ao menos um lote importado testado negativo para o perigo durante a quarentena de destino estar infectado
- VPN: Valor preditivo negativo
- n exponencial: Número de lotes testados
- ESP: Especificidade do teste aplicado no país exportador (em P1) ou no Brasil (em P2)
- P: Prevalência real da doença ou infecção na região do estabelecimento exportador
- SEN: Sensibilidade do teste aplicado no país exportador (em P1) ou no Brasil (em P2)
- PA: Prevalência aparente da doença ou infecção na região de localização do estabelecimento exportador
- s: Número de estabelecimentos positivos da distribuição beta
- n: Número de estabelecimentos testados da distribuição beta

Figura 6: Cálculo definido para a probabilidade de difusão quantitativa.

O modelo proposto para cálculo de PD assume a independência dos testes diagnósticos utilizados para o cálculo de P1 e P2. No entanto, sabe-se que, para testes diagnósticos que medem semelhantes parâmetros biológicos, como resposta imune celular (como medição de gama interferon) ou humoral (como medição de anticorpos) a um agente infeccioso, faz sentido esperar que os testes apresentem certo grau de dependência condicionada à verdadeira condição sanitária do animal. Essa suposição de independência condicional de testes diagnósticos pode mudar, de forma considerável, os valores obtidos de sensibilidade e especificidade de testes combinados (GARDNER et al., 2000).

O tamanho das amostras testadas para a certificação de lote positivo ou negativo ao perigo não foi levado em consideração no modelo quantitativo porque se assume que o delineamento amostral está correto. Para tanto, aplicam-se as recomendações do Manual de Testes Diagnósticos para os Animais Aquáticos da Organização Mundial de Saúde Animal- Manual da OIE, baseadas no trabalho de OSSIANDER & WEDEMEYER, 1973, e testam-se 150 animais por lotes de tamanho infinito, assumindo-se uma prevalência de 2%, confiança de 95% e testes diagnósticos perfeitos (100% de sensibilidade e especificidade). É muito importante verificar a situação epidemiológica e o desempenho dos testes diagnósticos para validar esses parâmetros amostrais ou para que os mesmos sejam ajustados, de forma a evitar perdas de confiança ou sensibilidade do processo.

## **2.2 Conversão da variável PD quantitativa em qualitativa**

A conversão do valor quantitativo em variável qualitativa é sempre um desafio para o analista de risco. Novamente, essa etapa envolve certo grau de subjetividade que, neste modelo apresentado, foi contornado assumindo-se os valores que poderiam representar as definições especificadas na tabela 4 para as variáveis qualitativas. A tabela 8 apresenta as regras para conversão de probabilidades quantitativas em qualitativas.

Tabela 8: Conversão de valor numérico de PD em variável qualitativa (AUSTRALIA, 2006a).

<b>Valor Absoluto Obtido de PD</b>	<b>Probabilidade Qualitativa Assumida</b>
$0,7 \leq PD \leq 1$	Alta
$0,3 \leq PD < 0,7$	Moderada
$0,05 \leq PD < 0,3$	Baixa
$0,001 \leq PD < 0,05$	Muito Baixa
$10^{-6} \leq PD < 0,001$	Extremamente Baixa
Inferior a $10^{-6}$	Insignificante

Se o resultado obtido de PD for “insignificante”, a avaliação de risco está encerrada, tendo essa probabilidade qualitativa como resultado final do risco para o perigo em questão. Do contrário, a avaliação deverá avançar para a etapa seguinte.

Deste modo, o resultado obtido na etapa 1 é um valor de PD ou conclusão que o risco é insignificante.

Em suma, a avaliação de difusão foi dividida em duas fases:

- descrição, com auxílio de árvore de cenário, da rota biológica necessária para a mercadoria que será importada estar infectada com o perigo identificado e;
- estimativa da probabilidade da mercadoria importada estar infectada com o perigo identificado.

### **3. Metodologia da avaliação de exposição**

#### **3.1 Metodologia etapa 2**

A avaliação de exposição consiste na descrição das rotas biológicas necessárias para exposição de animais e humanos ao perigo, no país importador, e na estimativa da probabilidade de ocorrência dessas exposições (MURRAY, 2002).

Os seguintes fatores foram considerados na avaliação de exposição:

Fatores biológicos:

- susceptibilidade dos animais a serem expostos ao perigo potencial considerado e sua infectividade em relação a espécies, idade e sexo;
- a forma de transmissão desse perigo: transmissão horizontal, direta (via água, predação), indireta (vetores biológicos e mecânicos, hospedeiros intermediários, transmissão iatrogênica, fômites) e transmissão vertical;
- infectividade, virulência e estabilidade do perigo potencial;
- resultado da infecção: imunidade adquirida, animais portadores incubando a doença ou convalescentes, infecção latente.

Fatores relacionados ao país importador:

- presença de potenciais hospedeiros intermediários ou vetores;
- população humana e animal;
- práticas de criação e manejo;
- práticas culturais e costumes;
- características ambientais e geográficas.

Fatores relacionados à mercadoria (animais, seus produtos, subprodutos e material de multiplicação):

- finalidade de uso;
- forma de eliminação de resíduos;
- quantidade da mercadoria a ser importada.

A figura 7 define o fluxograma de importação de pós-larvas de crustáceos vivos pelo Brasil e a destinação dos animais importados na cadeia produtiva de camarões para consumo humano. As letras indicam as ações de manejo e processamento, além de outras variáveis epidemiológicas presentes naquela etapa do fluxograma, que poderão contribuir para aumentar ou reduzir a probabilidade de difusão do perigo e exposição ao mesmo.

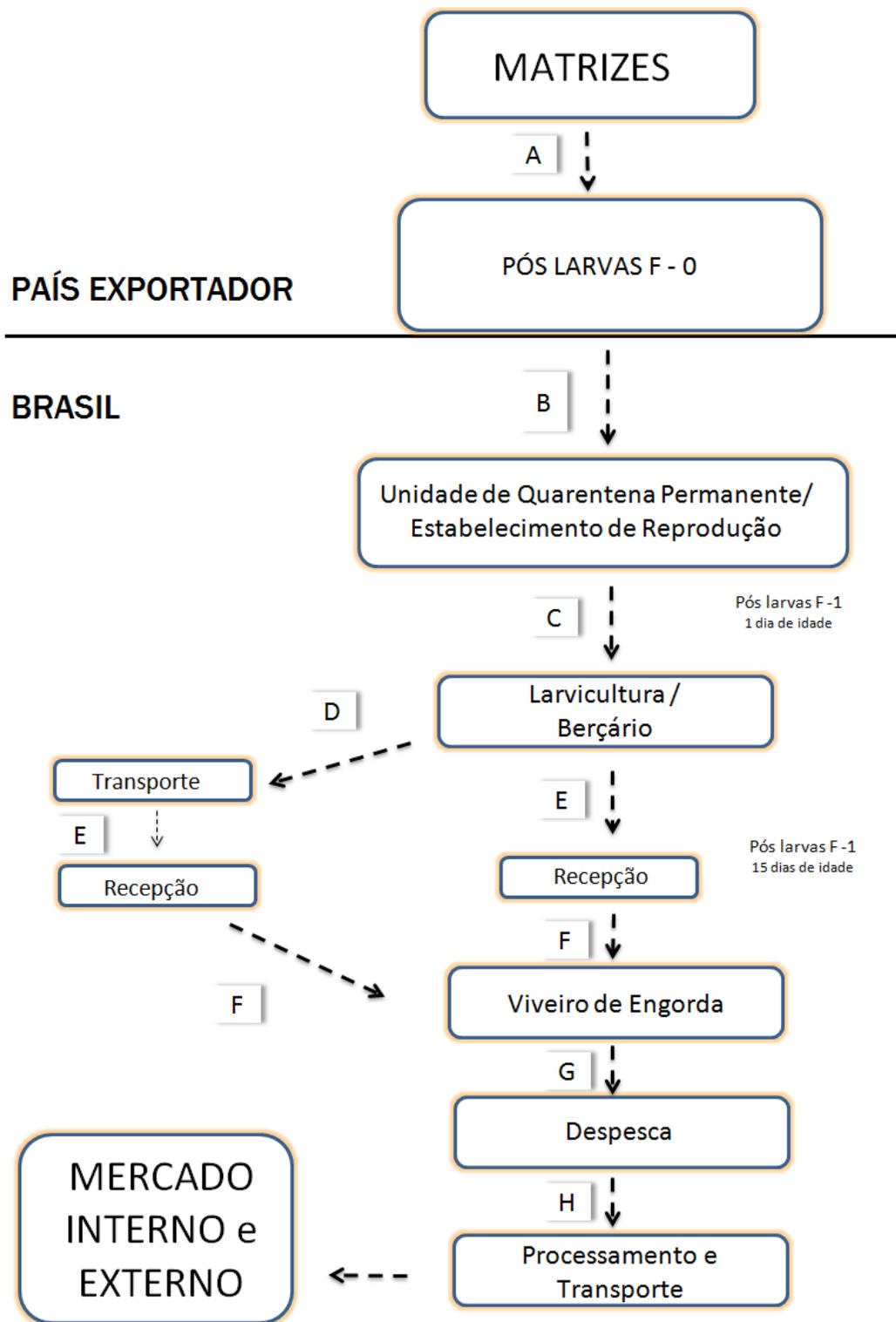


Figura 7: Fluxograma definido para a importação pelo Brasil de pós-larvas de crustáceos.

Foram detectados três grupos que poderiam entrar em contato com o perigo no Brasil, os quais foram classificados como grupos de exposição:

- 1) crustáceos de estabelecimentos de reprodução, larvicultura e berçário (Rep/Larv);
- 2) crustáceos de viveiro de engorda (Eng);
- 3) crustáceos silvestres (Silv).

O primeiro grupo, Rep/Larv, não foi subdividido em animais reprodutores (Rep) e animais de larvicultura/berçário (Larv), apesar de estarem fisicamente separados em diferentes tanques de aquicultura após no máximo 24 horas, porque seria improvável classificá-los como compartimentos distintos ou unidades epidemiológicas distintas. O motivo disso é a estreita relação mantida entre esses animais pelo manejo de criação, sobretudo entre a desova e a transferência das larvas, inclusive com a possibilidade de utilização de mesmos tratadores, suprimento de água e fômites. Foram considerados como grupo Rep/Larv os reprodutores (matrizes), seus ovos, larvas e pós-larvas até 15 dias de idade. O grupo Eng foi definido como animais a partir de PL 15, destinados à engorda para posterior abate e consumo, mesmo que ainda não tenham povoado os viveiros de engorda, e que estejam nas unidades intermediárias entre a larvicultura e os viveiros.

Os três grupos de exposição são independentes: desta forma, a probabilidade de exposição, propagação e estabelecimento de um perigo estimada para um grupo não interfere em outro. A estimativa dessas probabilidades é realizada de forma separada, porque as rotas de exposição e variáveis requeridas para a propagação e o estabelecimento do perigo para cada grupo são distintas e não correlacionadas entre si, conforme demonstrado nas árvores de cenário definidas para cada etapa da metodologia. Portanto, um perigo pode ter acesso a nenhum, um, dois ou três grupos de exposição. Da mesma forma, um perigo pode se propagar e estabelecer dentro de um grupo de exposição ao mesmo tempo em que sequer atinge outro grupo.

Para cada grupo de exposição, foi avaliada a probabilidade de exposição ao perigo por meio do contato com animais importados infectados ou seus resíduos com capacidade infectante. A esta probabilidade, denominou-se probabilidade

parcial de exposição (PPE). Desta forma, foi estimada uma PPE para cada grupo de exposição, o que gerou três resultados distintos:  $PPE_{Rep/Larv}$ ,  $PPE_{Eng}$  e  $PPE_{Silv}$ .

As estimativas de difusão e exposição ao perigo foram baseadas na probabilidade de ocorrência do evento no período de um ano. Esse período foi considerado adequado para incorporar a avaliação de efeitos sazonais.

As seguintes variáveis foram consideradas na estimativa da PPE de cada etapa descrita no fluxograma de importação de animais aquáticos:

- tipo de estabelecimento;
- densidade e quantidade de animais nos tanques;
- manejo sanitário dos estabelecimentos;
- presença de vetores (aves, insetos) na região do estabelecimento;
- fluxo de água de abastecimento do estabelecimento: aberto, fechado, semi-fechado ou semi-aberto;
- tratamento de resíduos;
- tratamento de afluentes e efluentes;
- presença de assistência técnica especializada;
- características ambientais da região de localização do estabelecimento (oscilações de temperatura do ambiente e água, salinidade da água, incidência solar anual);
- tipos de espécies criadas e susceptibilidade ao perigo;
- finalidade do estabelecimento (quarentena, engorda etc.) e entrada contínua de animais ou em ciclos;
- quantidade de animais importados por ano;
- características biológicas do perigo: se há a necessidade de hospedeiro intermediário para completar ciclo e se tornar infectante;
- probabilidade de um animal infectado sobreviver por um período longo suficiente para infectar outros animais do meio ambiente aquático brasileiro.

Não foram consideradas como rotas de exposição o desvio de finalidade da mercadoria importada para utilização como isca ou para alimentação humana, animal ou outra destinação, uma vez que a sua probabilidade de ocorrência pode ser considerada insignificante. O valor econômico desses animais é muito alto,

sendo importados somente matrizes reprodutoras dos estabelecimentos de crustáceos. Além disso, o importador mantém os animais sob quarentena oficial, com acompanhamento do serviço veterinário oficial e de médico veterinário responsável técnico, e está sujeito às penalidades previstas no código civil e penal brasileiro nos casos de descumprimento da legislação.

Uma rota de exposição dos animais no quarentenário ao perigo em questão, o TSV, é a ingestão de cistos de *Artemia spp.* infectados. Essa rota não foi considerada no modelo, uma vez que o foco do trabalho foi estimar a probabilidade de introdução do TSV via importação de camarões peneídeos e não via microcrustáceos utilizados para a alimentação dos animais importados. O cisto de artêmia importado é procedente dos EUA, onde também recebe certificação de livre de doenças específicas de crustáceos, é testado antes de ser enviado ao país e os lotes importados são mantidos sob refrigeração no Brasil, para não eclodirem, antes que os resultados dos retestes sejam emitidos. Os náuplios de artêmias são desinfetados antes de seu fornecimento às pós-larvas de *P. vannamei* com produtos eficazes contra vários microorganismos (José Barros Neto, MAPA, comunicação pessoal). Ainda assim, configuram possível rota de infecção de animais quarentenados ao TSV.

Outras duas possíveis rotas de exposição ao perigo também não foram avaliadas no modelo, pelo mesmo motivo citado: a transmissão de doenças de animais aquáticos por migração destes e via tanque de lastro de navios. Para a primeira hipótese, são necessários mais estudo no padrão migratório das espécies aquáticas e também acerca do papel potencial das correntes oceânicas na difusão de doenças. Tais informações permitirão o desenvolvimento de modelos teóricos para a predição de rotas de propagação de doença e sua velocidade. Isso permitirá o desenvolvimento de estratégias para o controle de doenças em rios, estuários, mares e oceanos, assim como servir de base para estudos de análise de risco (MORGAN, 2000).

### **3.1.1 Probabilidade parcial de exposição de crustáceos de estabelecimentos de reprodução/larvicultura/berçário – $PPE_{Rep/Larv}$**

A fim de se determinar a probabilidade parcial de exposição (PPE) do grupo de animais de estabelecimentos de reprodução, larvicultura e berçário (Rep/Larv), é necessário definir se esse é um grupo que poderá ter contato com o perigo. Para isso, é realizada uma análise prévia, por meio de uma árvore de cenário (figura 8), que definirá se o grupo possui os requisitos básicos para ser considerado vulnerável à exposição ao perigo.

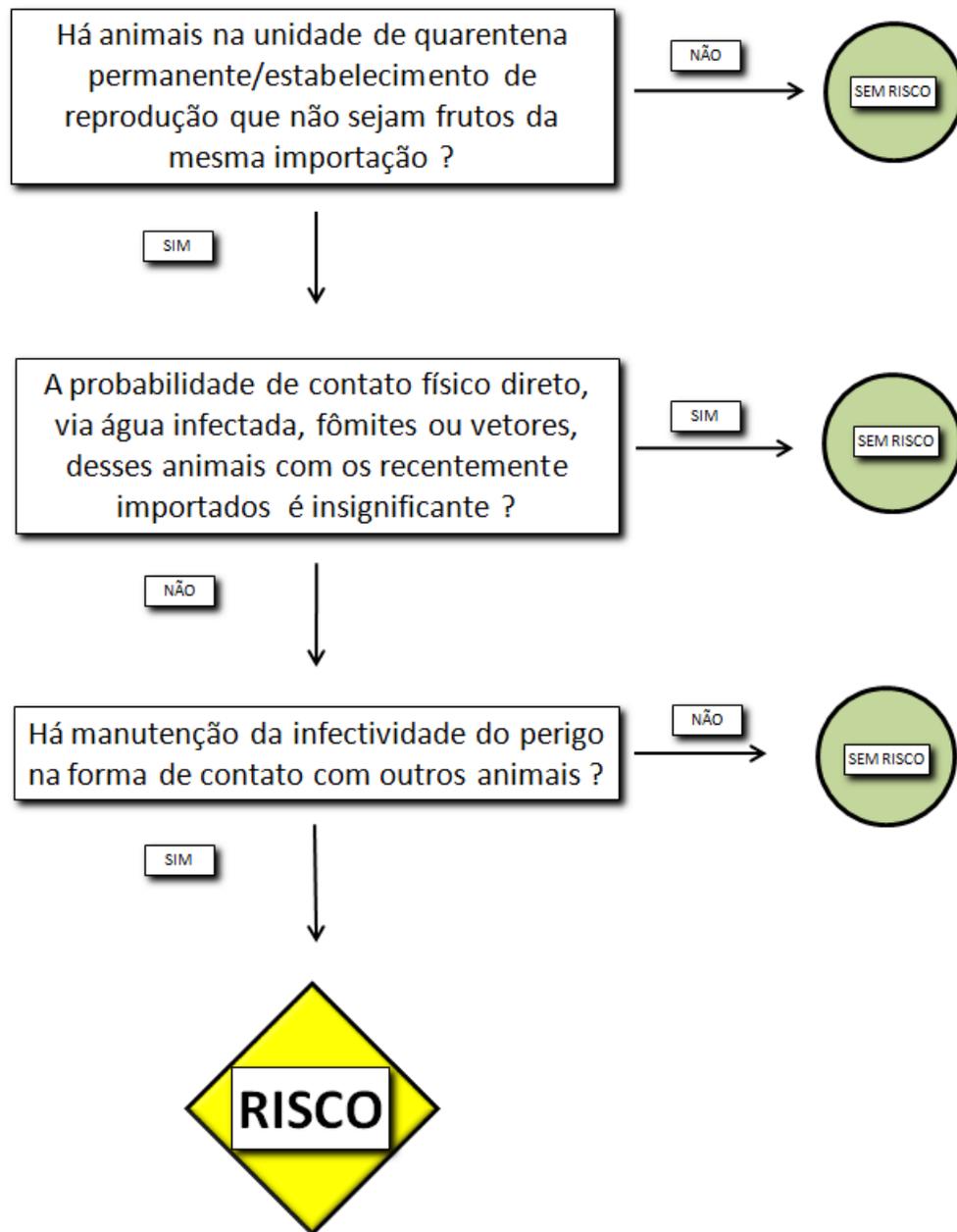


Figura 8: Árvore de cenário definida para a exposição do grupo de animais de estabelecimento de reprodução, larvicultura e berçário ao perigo.

Se o resultado da análise na árvore de cenário for “sem risco”, a probabilidade parcial de exposição (PPE) do grupo será “insignificante”, ou seja, é altamente improvável que o grupo de animais venha a ter contato com o perigo. Caso contrário, faz-se necessário estimar a probabilidade desse grupo ser exposto ao perigo. Portanto, se o resultado obtido da análise for “risco”, a  $PPE_{Rep/Larv}$  será estimada a partir da análise das variáveis epidemiológicas envolvidas nas etapas B e C do fluxograma de importação de crustáceos para o Brasil (figura 7). Será atribuído um valor qualitativo a essa probabilidade, conforme tabela 4.

### **3.1.2 Probabilidade parcial de exposição de animais de viveiro de engorda – $PPE_{Eng}$**

A fim de se determinar a probabilidade parcial de exposição (PPE) do grupo de animais de viveiros de engorda (Eng), é necessário definir se esse é um grupo que poderá ter contato com o perigo. Para isso, é realizada uma análise prévia, por meio de uma árvore de cenário (figura 9), que definirá se o grupo possui os requisitos básicos para ser considerado vulnerável à exposição ao perigo.

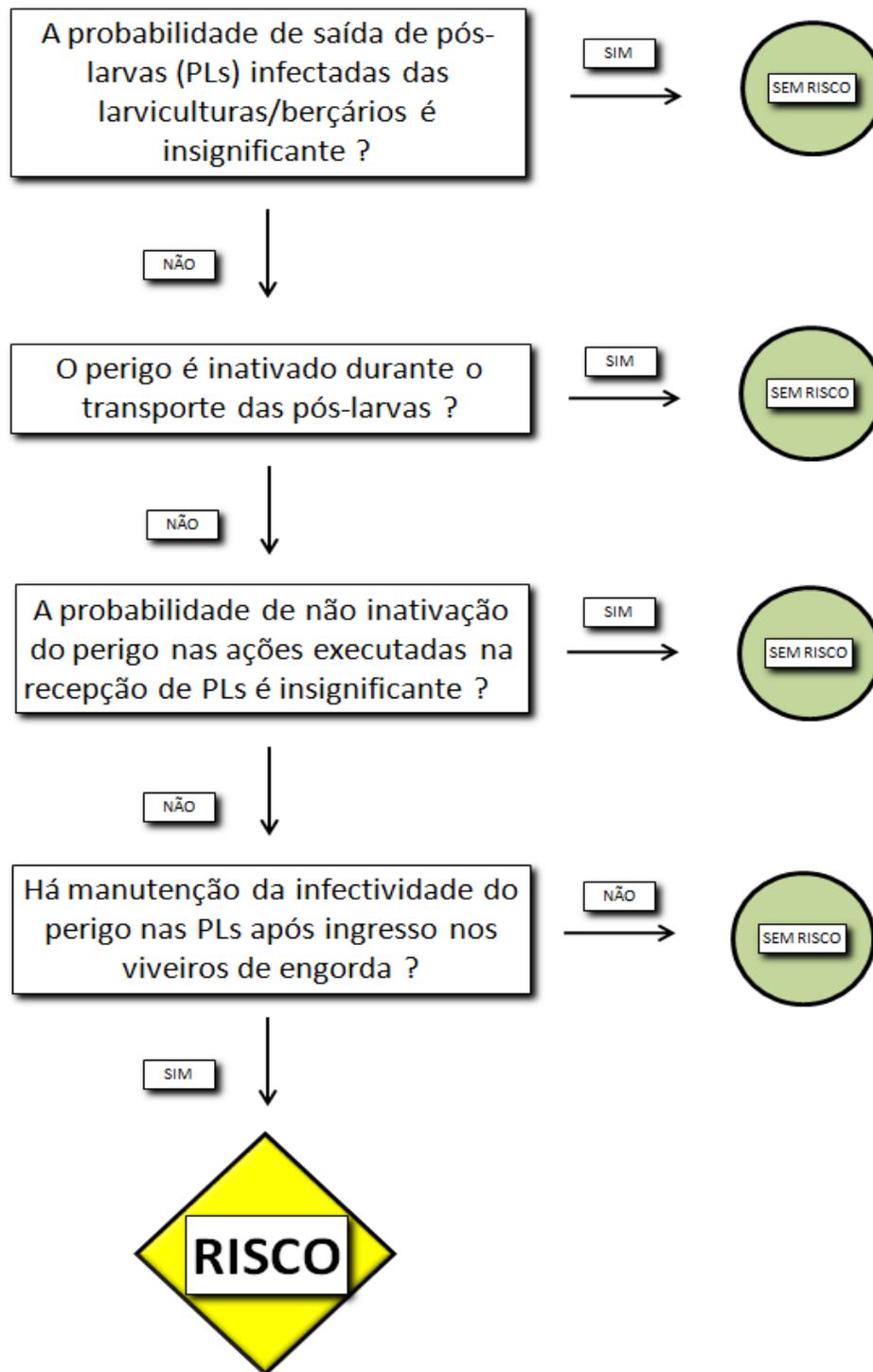


Figura 9: Árvore de cenário definida para a exposição do grupo de animais de viveiros de engorda ao perigo.

Se o resultado da análise na árvore de cenário for “sem risco”, a probabilidade parcial de exposição (PPE) do grupo será “insignificante”, ou seja, é altamente improvável que o grupo de animais venha a ter contato com o perigo. Caso contrário, faz-se necessário estimar a probabilidade desse grupo ser exposto ao perigo. Portanto, se o resultado obtido da análise for “risco”, a  $PPE_{Eng}$  será estimada a partir da análise das variáveis epidemiológicas envolvidas nas etapas D, E e F do fluxograma de importação de crustáceos para o Brasil (figura 7). Será atribuído um valor qualitativo a essa probabilidade, conforme tabela 4.

### **3.1.3 Probabilidade parcial de exposição de animais silvestres – $PPE_{Silv}$**

As seguintes rotas foram consideradas para que ocorresse a exposição do meio ambiente aquático nativo brasileiro ao perigo em questão:

- 1) Animal vivo;
- 2) Resíduos;
- 3) Vetores mecânicos: aves e insetos aquáticos.

#### **3.1.3.1 Exposição via animal vivo**

Há duas formas a considerar a liberação de animais vivos ao meio ambiente aquático nativo brasileiro: o descarte e o escape de animais aquáticos.

O escape de animais de estabelecimentos, independentemente do tipo de circulação de água nele utilizada (aberta, semi-aberta, fechada ou semi-fechada), pode ocorrer de duas formas: vandalismo e falha no sistema.

A falha no sistema físico leva ao escape acidental de animais e ocorre por erro humano no manejo das instalações ou por fatores ambientais, como chuvas fortes, ventanias, inundações, ciclones, maremotos ou qualquer outro fenômeno que leve ao escape dos animais vivos.

A fim de se determinar se os animais silvestres poderiam ser expostos ao perigo por meio de animais vivos, é realizada uma análise prévia, por meio de uma árvore de cenário (figura 10), que definirá se animal vivo é uma possível rota de exposição dos animais silvestres ao perigo.

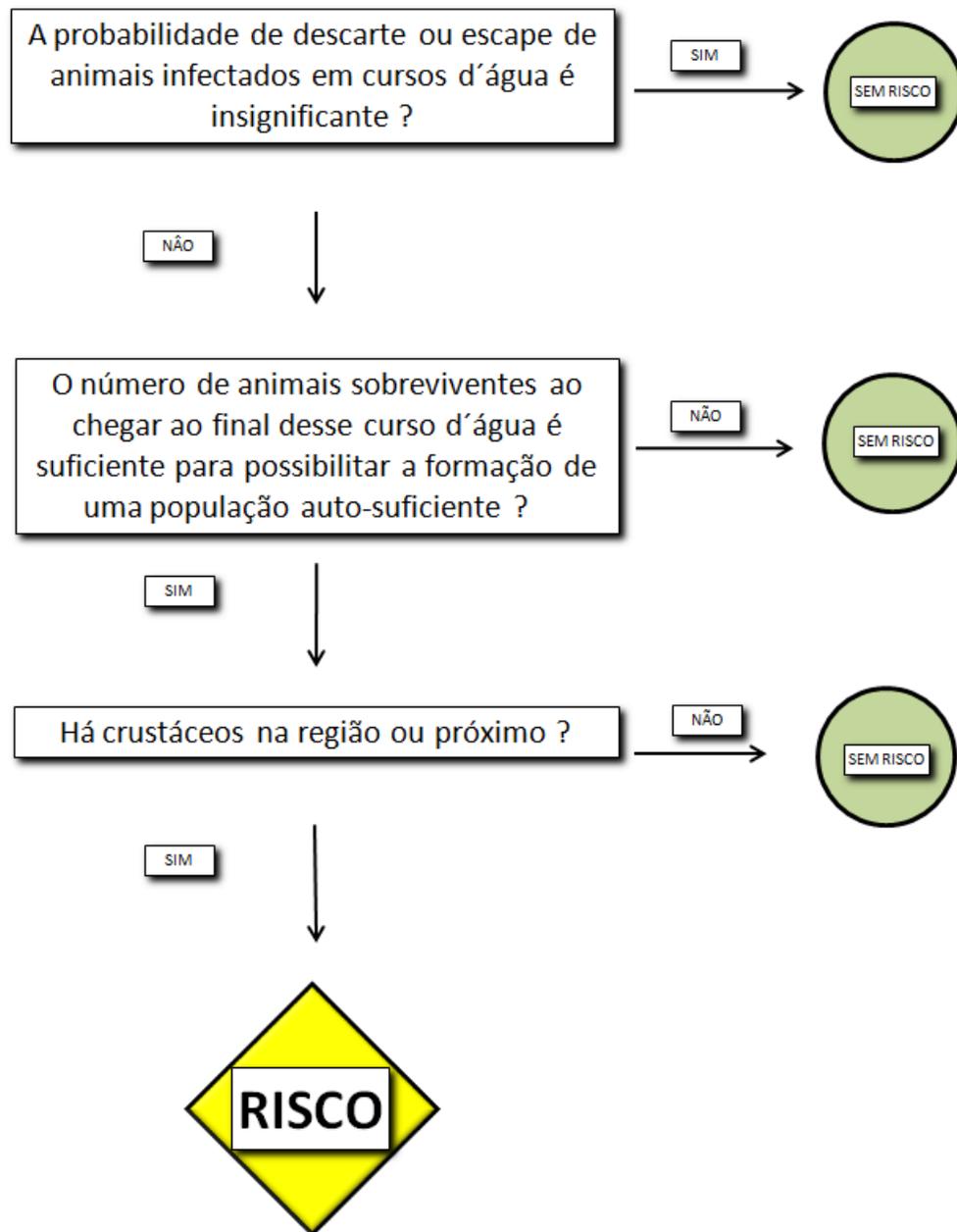


Figura 10: Árvore de cenário definida para a exposição do grupo de animais silvestres ao perigo por meio de animais vivos.

Se o resultado da análise na árvore de cenário for “sem risco”, conclui-se que a probabilidade de animais silvestres serem expostos ao perigo por meio de animais vivos é “insignificante”. Caso contrário, faz-se necessário estimar a magnitude da importância dessa rota de exposição (animais vivos) do perigo aos animais silvestres. Portanto, se o resultado obtido da análise da árvore de cenário for “risco”, será estimada a probabilidade de exposição de animais silvestres ao perigo por meio de animais vivos. Serão consideradas as variáveis epidemiológicas necessárias para que animais silvestres entrem em contato com o perigo por essa rota de exposição (animais vivos) e o resultado será um valor qualitativo atribuído conforme tabela 4.

### **3.1.3.2      Exposição via resíduos**

São considerados resíduos a água de transporte, a embalagem de transporte e a água de efluente, além de resíduos sólidos contaminados, como animais mortos. A fim de se determinar se os animais silvestres poderiam ser expostos ao perigo por meio de resíduos, é realizada uma análise prévia, por meio de uma árvore de cenário (figura 11), que definirá se resíduo é uma possível rota de exposição dos animais silvestres ao perigo.

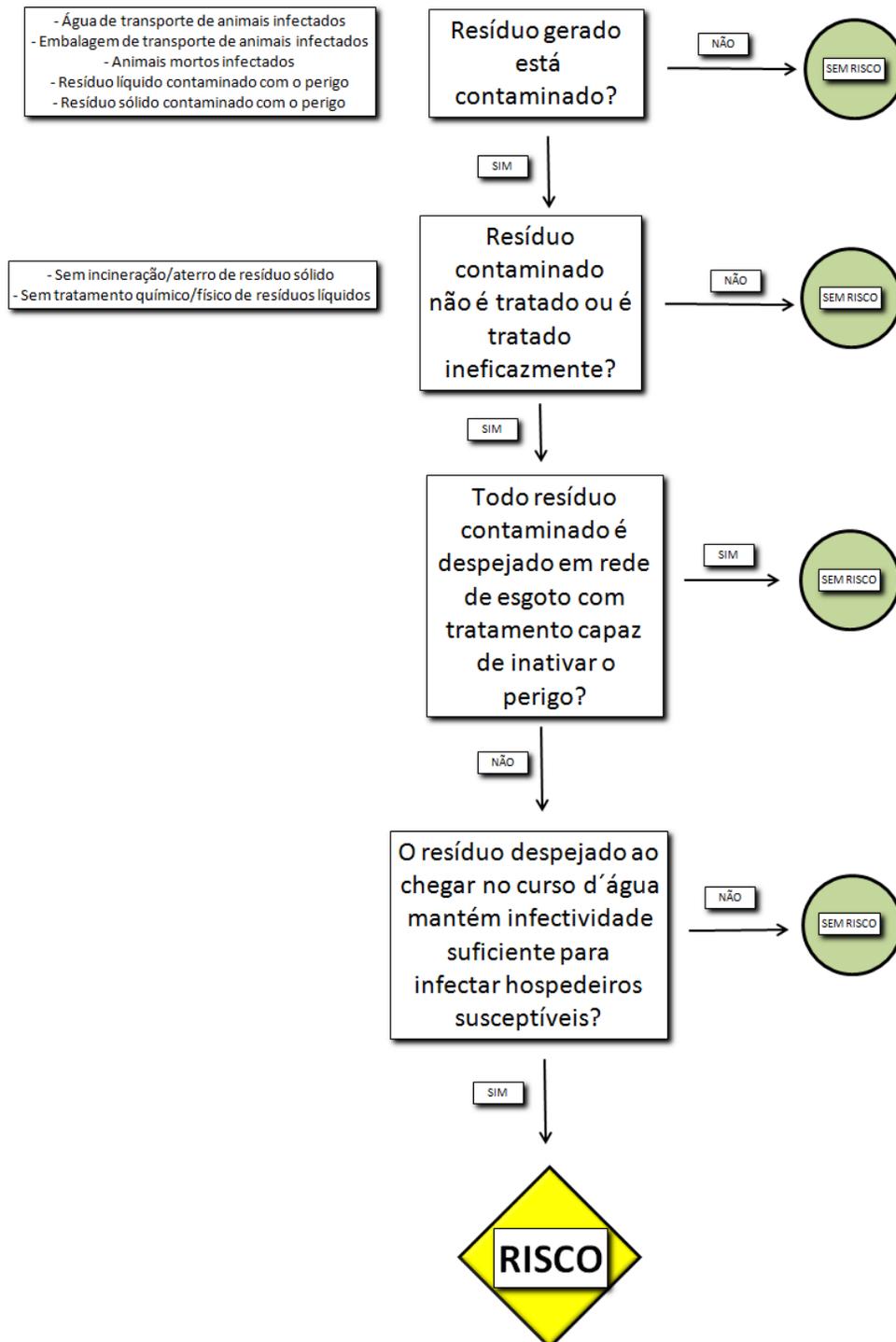


Figura 11: Árvore de cenário definida para a exposição do grupo de animais silvestres ao perigo por meio de resíduos.

Se o resultado da análise na árvore de cenário for “sem risco”, conclui-se que a probabilidade de animais silvestres serem expostos ao perigo por meio de resíduos é “insignificante”. Caso contrário, faz-se necessário estimar a magnitude da importância dessa rota de exposição (resíduos) do perigo aos animais silvestres. Portanto, se o resultado obtido da análise da árvore de cenário for “risco”, será estimada a probabilidade de exposição de animais silvestres ao perigo por meio de resíduos. Serão consideradas as variáveis epidemiológicas necessárias para que animais silvestres entrem em contato com o perigo por esta rota de exposição (resíduos) e o resultado será um valor qualitativo, conforme tabela 4.

### **3.1.3.3      Exposição via vetores: aves e insetos aquáticos**

São conhecidos vetores de patógenos algumas espécies de aves e insetos aquáticos voadores que atuam como hospedeiro paratênico de microorganismos. A fim de se determinar se os animais silvestres poderiam ser expostos ao perigo por meio de vetores, é realizada uma análise prévia, por meio de uma árvore de cenário (figura 12), que definirá se vetores são uma possível rota de exposição dos animais silvestres ao perigo.

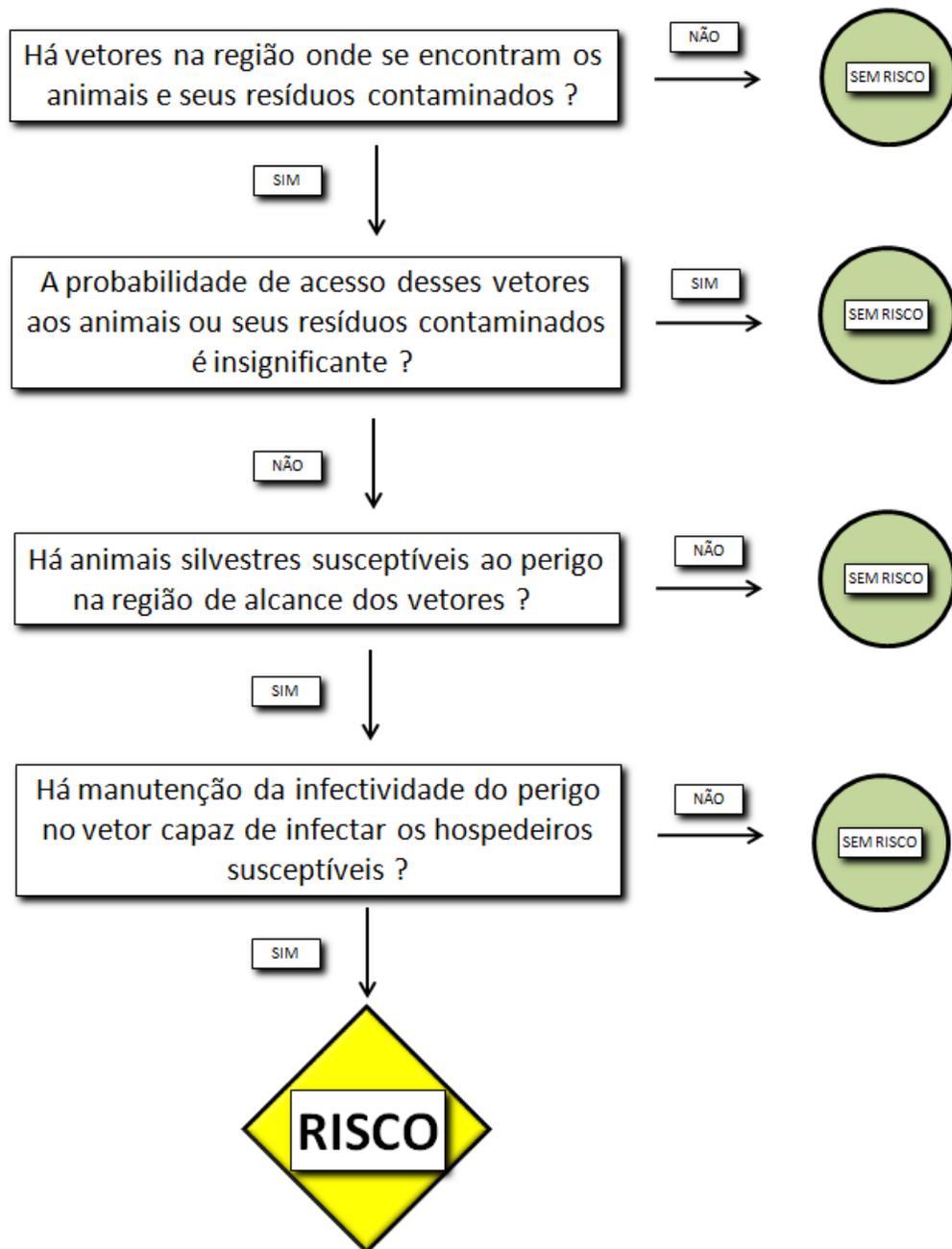


Figura 12: Árvore de cenário definida para a exposição do grupo de animais silvestres ao perigo por meio de vetores.

Se o resultado da análise na árvore de cenário for “sem risco”, conclui-se que a probabilidade de animais silvestres serem expostos ao perigo por meio de vetores é “insignificante”. Caso contrário, faz-se necessário estimar a magnitude da importância dessa rota de exposição (vetores) do perigo aos animais silvestres. Portanto, se o resultado obtido da análise da árvore de cenário for “risco”, será estimada a probabilidade de exposição de animais silvestres ao perigo por meio de vetores. Serão consideradas as variáveis epidemiológicas necessárias para que animais silvestres entrem em contato com o perigo por essa rota de exposição (vetores) e o resultado será um valor qualitativo, conforme tabela 4.

#### **3.1.3.4 Estimativa da $PPE_{Silv}$**

Se as três rotas de exposição (animal vivo, resíduos e vetores) forem consideradas “insignificante”, a probabilidade parcial de exposição de animais silvestres -  $PPE_{Silv}$  também será. Do contrário, a  $PPE_{Silv}$  será estimada a partir da análise das variáveis epidemiológicas envolvidas nas etapas C a H do fluxograma de importação de crustáceos (figura 7) e será atribuído um valor qualitativo a essa probabilidade, conforme tabela 4.

Apesar das três rotas de exposição serem independentes, elas configuram subdivisões de uma mesma variável - o grupo de exposição de animais silvestres. Para estimativa da  $PPE_{Silv}$  serão adotados critérios pessimistas. O resultado final será o pior cenário possível dentre os três avaliados.

Para a estimativa da  $PPE_{Silv}$  devem ser considerados ainda:

- presença de espécies susceptíveis ao perigo na fauna silvestre brasileira;
- probabilidade de escape de animais infectados ou de material contaminado com poder infectante (ligado à prevalência de infecção inaparente) e biosseguridade dos estabelecimentos.

Essa última probabilidade está relacionada, entre outras coisas, à quantidade total de animais em cativeiro potencialmente expostos ao perigo. A probabilidade dos animais sobreviverem e formarem uma população auto-suficiente está vinculada ao número de indivíduos que ingressam o meio ambiente aquático nativo. Por isso, o risco de escape de animais é muito maior que o de descarte intencional de animais, pois o número esperado de indivíduos que ingressam o meio ambiente aquático nativo é muito maior na possibilidade de escape.

Se os resultados obtidos para as três PPE (Rep/Larv, Eng e Silv) forem todos “insignificante”, a avaliação de risco está encerrada, tendo esta probabilidade qualitativa como resultado final do risco para o perigo em questão. Do contrário, a avaliação deverá avançar para a etapa seguinte.

Deste modo, os resultados obtidos na etapa 2 são  $PPE_{Rep/Larv}$ ,  $PPE_{Eng}$ ,  $PPE_{Silv}$  ou conclusão que o risco é insignificante.

### 3.2 Metodologia etapa 3

A fim de combinar o resultado obtido na avaliação de difusão com as três probabilidades parciais de exposição estimadas na avaliação de exposição, foi estimada a probabilidade parcial anual de entrada e exposição (PPAEE). A PPAEE é a probabilidade de que haja um ou mais episódio de exposição de um hospedeiro susceptível ao perigo durante o período de um ano. Essa probabilidade claramente depende da probabilidade de que, primeiro, o perigo ingresse no Brasil e, segundo, que um hospedeiro susceptível entre em contato com ele.

Desta forma, determinou-se que a probabilidade parcial anual de entrada e exposição para cada um dos três grupos de exposição era resultado da combinação da probabilidade de difusão (obtida da avaliação de difusão) com a probabilidade parcial de exposição definida. Para fins de estimativa, a PPAEE é obtida para cada grupo determinando-se a combinação da probabilidade de difusão (PD) e a correspondente probabilidade parcial de exposição (PPE), por meio da matriz de combinação de probabilidades descritivas, conforme tabela 5. Assim, temos que a probabilidade parcial anual de entrada e exposição de cada grupo é:

$$\begin{aligned} \text{PPAEE}_{\text{Rep/Larv}} &= \text{PD combinada a } \text{PPE}_{\text{Rep/Larv}} \\ \text{PPAEE}_{\text{Eng}} &= \text{PD combinada a } \text{PPE}_{\text{Eng}} \\ \text{PPAEE}_{\text{Silv}} &= \text{PD combinada a } \text{PPE}_{\text{Silv}} \end{aligned}$$

Se os resultados obtidos para as três PPAEE forem todos “insignificante”, a avaliação de risco está encerrada tendo esta probabilidade qualitativa como resultado final do risco para o perigo em questão. Do contrário, a avaliação deverá avançar para a etapa seguinte.

Deste modo, os resultados obtidos na etapa 3 são  $\text{PPAEE}_{\text{Rep/Larv}}$ ,  $\text{PPAEE}_{\text{Eng}}$ ,  $\text{PPAEE}_{\text{Silv}}$  ou conclusão que o risco é insignificante.

Em suma, a avaliação de exposição foi dividida em duas fases:

- ▼ descrição, com auxílio de árvore de cenário, da rota necessária para os animais aquáticos considerados grupos de exposição realmente serem expostos ao perigo identificado e;

- estimativa da probabilidade de exposição dos animais considerados grupos de exposição ao perigo identificado.

#### **4. Metodologia da avaliação de consequência**

##### **4.1 Metodologia etapa 4**

A avaliação de consequência descreve a relação entre exposição e perigo, as consequências potenciais dessa exposição e sua probabilidade (MURRAY, 2002). Se nenhuma consequência é identificada ou a probabilidade da consequência potencial é considerada “insignificante”, a avaliação de risco é encerrada.

Os seguintes fatores foram considerados na avaliação de consequência:

Consequências diretas:

- resultado da infecção em populações de animais domésticos e silvestres: morbidade e mortalidade, perdas de produção, bem-estar animal;
- consequências à saúde pública.

Consequências indiretas:

- considerações econômicas: custos de erradicação, controle e vigilância, potenciais perdas de mercado (embargos, sanções, oportunidades de mercado), dano potencial em termos de produção ou comércio no caso de entrada, propagação e estabelecimento de infecção, o custo benefício relativo de alternativas que limitem o perigo;
- ambiental: alteração na percepção de bem-estar social, mudanças de caráter social, cultural.

Outros fatores de avaliação são: perdas no potencial de produção da fazenda; redução na confiança de investimentos, bem como danos na percepção de mercado como produto alimentício seguro e potencial efeito em longo prazo no ecossistema local e na estrutura socioeconômica. Outras conseqüências ainda decorrem da despesca precoce, tais como produtos sem tamanho comercial, desinfecção dos estabelecimentos e inutilização de propriedades interditadas por um determinado tempo (MACIEL, 2005).

Para cada grupo exposto (Rep/Larv, Eng, Silv) foi considerado um cenário de possibilidade de estabelecimento e propagação do perigo. A probabilidade de ocorrência de cada um desses cenários foi estimada baseada nas espécies e manejo e comportamento de cada grupo exposto e nas características do perigo identificado. Foi estimado ainda o impacto de cada cenário.

A probabilidade de propagação e estabelecimento associada a cada cenário de possibilidade foi combinada com a correspondente estimativa de impacto para determinar a provável conseqüência da exposição.

As seguintes etapas foram definidas para avaliar as prováveis conseqüências associadas à entrada e exposição do perigo de interesse:

- identificação dos principais cenários de possibilidades que podem ocorrer como resultado de uma exposição de espécie susceptível ao perigo de interesse;
- determinação da probabilidade de ocorrência de cada cenário de possibilidade e obtenção de uma probabilidade parcial de propagação e estabelecimento (PPPE) para cada cenário;
- determinação da natureza e magnitude dos efeitos adversos (econômicos, sociais e ambientais) para cada cenário, estimativa do impacto geral;
- combinação da probabilidade parcial de propagação e estabelecimento (PPPE) para cada cenário com a estimativa correspondente de efeitos adversos (impactos) a fim de obter uma estimativa das possíveis conseqüências da exposição de um ou mais espécies de crustáceos susceptíveis no Brasil para cada um dos grupos de expostos (Rep/Larv, Eng, Silv).

#### **4.1.1 Estimativa da probabilidade parcial de propagação e estabelecimento do perigo (PPPE)**

A estimativa de PPPE para cada um dos grupos de exposição identificados se inicia com a aplicação da árvore de cenário da figura 13 para cada um dos grupos.

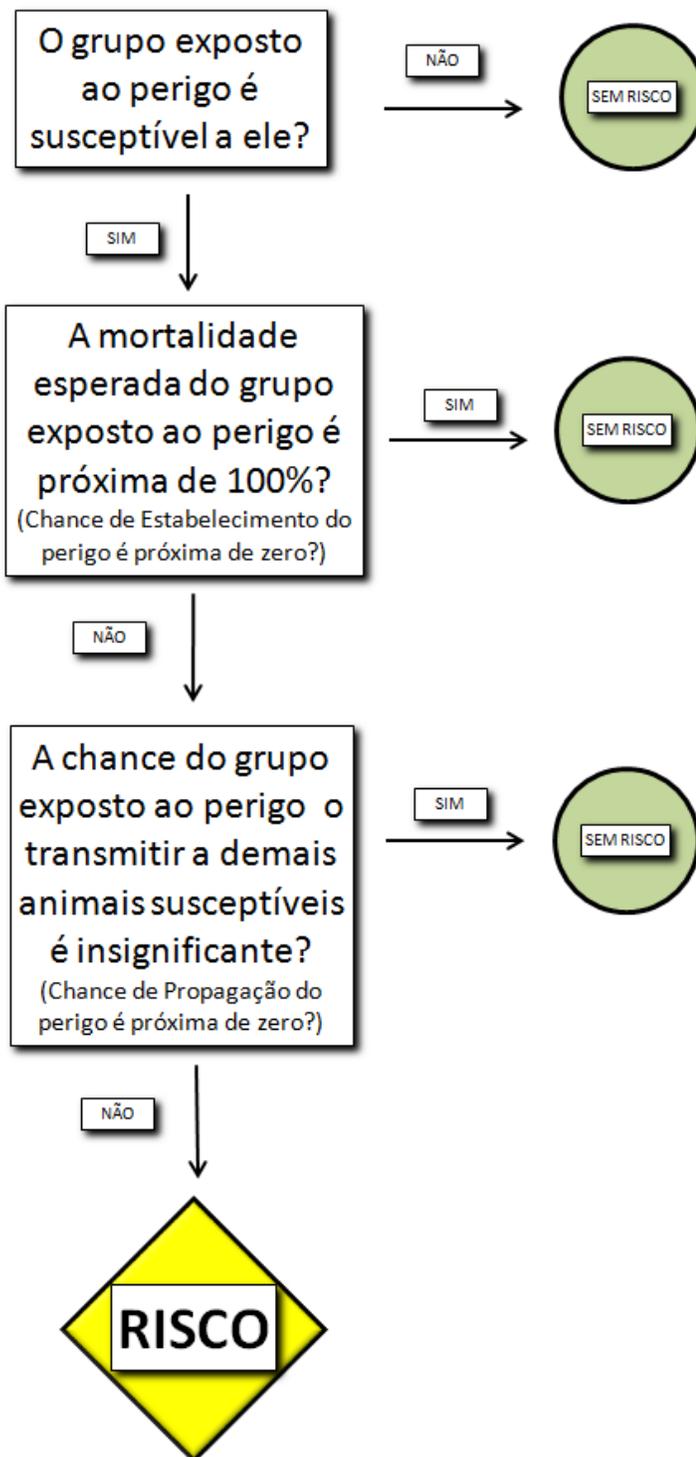


Figura 13: Árvore de cenário definida para a estimativa de probabilidade parcial de propagação e estabelecimento do perigo (PPPE).

Se o resultado da análise na árvore de cenário for “sem risco” para todos os grupos de exposição, a probabilidade parcial de propagação e estabelecimento do perigo de cada um será considerada “insignificante”. Do contrário, será estimado um valor qualitativo para a  $PPPE_{Rep/Larv}$ ,  $PPPE_{Eng}$ ,  $PPPE_{Silv}$ , conforme tabela 4, baseado em variáveis necessárias à propagação e estabelecimento de um perigo, tais como dose infectante, transmissão do perigo, susceptibilidade dos animais brasileiros ao perigo e predação de animais e tecidos animais infectados. Nesses casos, há dois cenários de possibilidades:

Cenário de Possibilidade 1: o perigo não se estabelece. Pode ocorrer um foco índice com propagação para os animais de contato direto, mas o perigo não persiste tempo suficiente para ser detectado.

Cenário de Possibilidade 2: o perigo se estabelece e se propaga para as espécies susceptíveis da população de aquícultura e silvestre, caso haja exposição dessa última. Assume-se que se um perigo se estabelecer em uma população silvestre local, ele também se estabelecerá por todo o limite geográfico natural dessa população, em virtude das várias possibilidades de contato entre os diversos corpos d’água brasileiros, conforme observado na figura 15.

As evidências epidemiológicas associadas ao perigo, ao *P. vannamei*, aos animais silvestres susceptíveis no Brasil e às formas de sistema de produção de camarões de cultivo marinho, formarão a base da inferência de qual dos cenários prevalecerá para cada caso. De outra forma, essa decisão poderia ter sido baseada em modelo matemático para previsão de epidemias de TS em *P. vannamei*. Para tanto, poderia ser estabelecido algum modelo específico, ou aplicado algum outro já proposto para essa finalidade, como o desenvolvido por LOTZ et al., 2003 ou LEUNG & TRAN, 2000. Entretanto, considera-se que há informação suficiente disponível para inferir qual cenário de probabilidade prevalecerá e, portanto, optou-

se por não buscar a aplicação de um modelo matemático secundário que poderia tornar o modelo qualitativo desenvolvido mais complexo. Além disso, os modelos matemáticos citados somente são aplicáveis aos animais de cativeiro, não podendo, assim, gerar qualquer informação acerca do comportamento do perigo analisado no ambiente silvestre.

Se for estimado o cenário de possibilidade 1 para os três grupos de exposição, os valores  $PPPE_{Rep/Larv}$ ,  $PPPE_{Eng}$ ,  $PPPE_{Silv}$  serão consideradas “insignificante”.

Deste modo, os resultados obtidos na etapa 4 são  $PPPE_{Rep/Larv}$ ,  $PPPE_{Eng}$ ,  $PPPE_{Silv}$ .

## **4.2 Metodologia etapa 5**

### **4.2.1 Estimativa de efeitos adversos ou impactos (social, econômico e ambiental)**

Para a definição de efeito adverso, foram considerados impactos diretos ou indiretos que nem sempre se limitavam à duração de um ano, mas cujo início é perceptível dentro desse período. Os impactos descrevem os efeitos econômicos, sociais e ambientais envolvidos na ocorrência de uma doença. Foram enumerados quatro grupos de impactos para compor os possíveis efeitos adversos, entre impactos diretos e indiretos:

Grupo 1: conseqüência à produção de animais aquáticos de cativeiro e à pesca e extrativismo de animais de fauna silvestre susceptíveis à doença. Implicação direta ao meio ambiente, incluindo a vida e saúde de animais silvestres nativos e efeitos diretos nos recursos naturais. Perda de bem-estar animal por estresse, sofrimento e mortalidade decorrentes de doenças. Efeitos indiretos ao meio ambiente, incluindo espécies em extinção e danos à biodiversidade e à integridade dos ecossistemas;

- Grupo 2: gastos públicos e privados em estratégias ou programas de erradicação, controle, vigilância e monitoramento de doença e indenização aos produtores acometidos;
- Grupo 3: efeito sobre o comércio nacional ou parque industrial, incluindo mudanças na demanda de mercado e efeitos em outras indústrias fornecedoras ou compradoras de insumos dos estabelecimentos diretamente afetados: decorrência sobre o comércio internacional, incluindo perdas de mercado por restrição sanitária, necessidade de adoção de novas medidas técnicas para entrar ou manter mercados e mudanças na demanda de consumo internacional;
- Grupo 4: efeito direto na população por danos à saúde resultante de perigos zoonóticos. Efeitos indiretos na comunidade, incluindo redução do turismo, diminuição do potencial econômico regional e rural, desemprego, perda de bem-estar social (dano psicológico, perda da capacidade de empreendimento), e qualquer outro efeito deletério das medidas de controle da doença.

Para avaliação dos impactos ao meio ambiente são considerados os danos causados diretamente pelo perigo, assim como aqueles advindos de qualquer tratamento ou procedimento utilizado para seu controle. A extensão dos impactos é avaliada em decorrência da magnitude e alcance geográfico das conseqüências, da frequência e duração da ação danosa, da reversibilidade do impacto e vulnerabilidade do ecossistema envolvido, além da disponibilidade de conhecimento técnico, compreensão e previsibilidade das conseqüências dos impactos. Na avaliação dos impactos, os fatores duração e persistência são cruciais para classificar a magnitude. As conseqüências são consideradas maiores se o impacto for prolongado e o perigo persistir por vários ciclos de produção ou se o repovoamento dos criatórios, após medidas sanitárias de controle e erradicação, ocorrer após várias gerações.

#### 4.2.1.1 Descrição dos impactos

A estimativa de cada um dos 4 grupos de impactos foi realizada por atribuição de um termo qualitativo que melhor descrevia a magnitude do efeito adverso, conforme abaixo descrito:

- “Improvável detecção”: efeito adverso normalmente não observado ou indistinguível da variação rotineira.
- “Baixa importância”: efeito adverso detectável, porém considerado pouco significativo e reversível.
- “Significativo”: efeito adverso sério e substancial, porém reversível e improvável de causar consequências econômicas extremas ou mudanças significativas nos contextos descritos nos critérios dos impactos.
- “Muito significativo”: efeito adverso extremamente sério e irreversível e com probabilidade de causar consequências econômicas ou mudanças significativas nos contextos descritos nos critérios dos impactos.

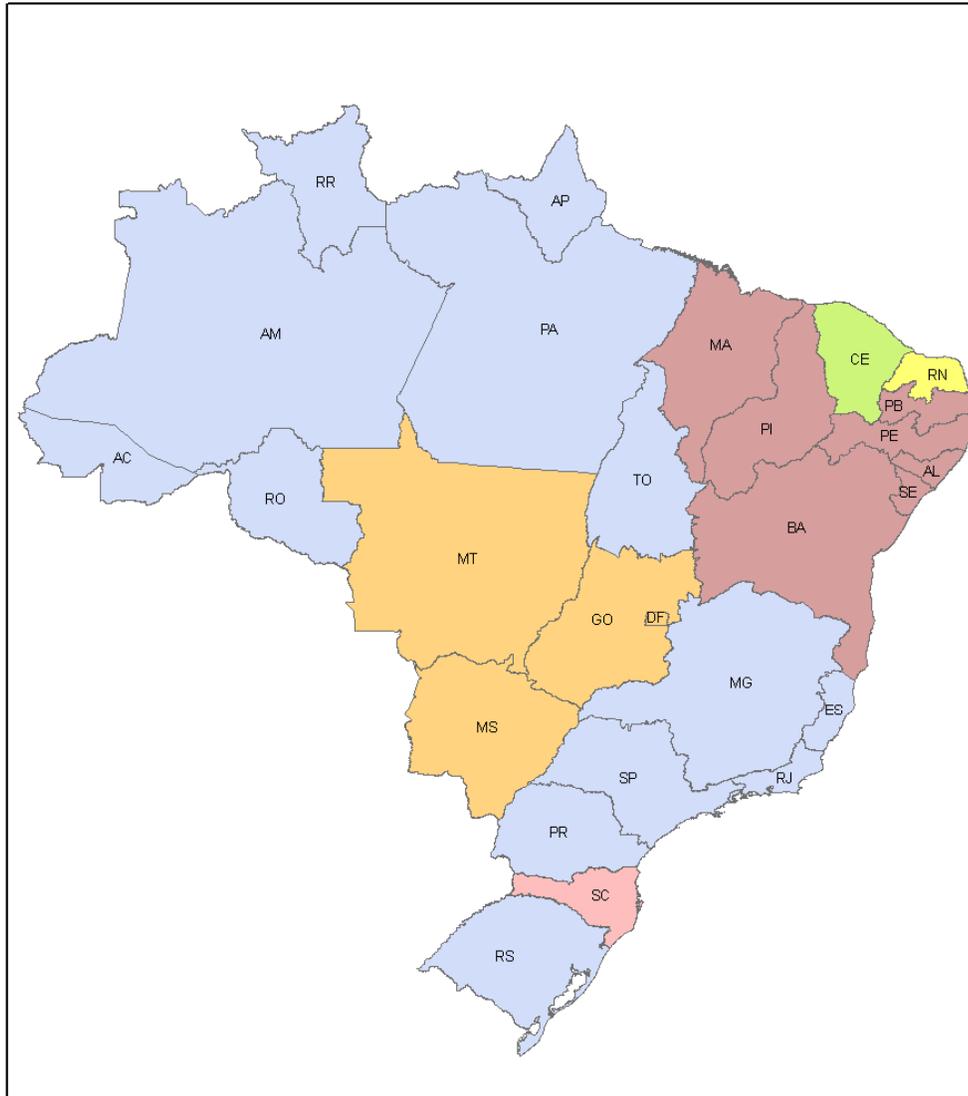
Para considerar um impacto como “improvável detecção”, “baixa importância”, “significativo” ou “muito significativo”, são avaliadas as consequências dos efeitos adversos no País de uma forma geral. No entanto, em virtude da extensão territorial brasileira e heterogeneidade da aquicultura nas diversas regiões geográficas, sabe-se que a consequência de algum impacto considerado como de “improvável detecção” em uma determinada região do País pode ser classificado como “muito significativo” em outra localidade.

A fim de avaliar os diferentes impactos nas diferentes regiões do País, optou-se pela divisão do Brasil em pólos de produção de crustáceos de aquicultura, em detrimento à divisão geográfica tradicional em regiões. Desta forma, foram considerados, para a aquicultura de camarão marinho, cinco pólos de produção,

agrupados conforme características comuns, sobretudo de produção em toneladas de crustáceo/ano, conforme tabela 2, e potencialidade de difusão de animais para outras localidades. Essa última, estimada pela presença de núcleos de maturação e reprodução de crustáceos que distribuem animais para engorda em outros estabelecimentos, de acordo com figura 17. Os pólos foram constituídos pelas seguintes unidades federativas:

- Pólo 1: Estados da região norte, sudeste e estados do Paraná e Rio Grande do Sul.
- Pólo 2: Estado de Santa Catarina.
- Pólo 3: Estados da região nordeste, à exceção do Rio Grande do Norte e Ceará.
- Pólo 4: Estado do Ceará.
- Pólo 5: Estado do Rio Grande do Norte.

O estado de Santa Catarina foi agrupado em um pólo separado porque, apesar de não ser um dos estados de produção de crustáceo de aquicultura mais significativos, necessita ser destacado porque desempenha um papel mais importante que os demais estados do pólo 1. Em Santa Catarina, há núcleos de maturação e reprodução de camarão *P. vannamei* com importante produção de náuplios e distribuição de pós-larvas. Desta forma, os impactos da ocorrência de doenças nesse estado tendem a ser mais graves, em virtude do papel que desempenha na distribuição de animais para as demais unidades federativas do País. A região centro-oeste não foi considerada nessa divisão entre pólos pela inexistência de fazendas de crustáceo marinho cultivado. O mapa da figura 14 apresenta a divisão do País em pólos de produção de crustáceos de aquicultura.



- Pólo 1
- Pólo 2
- Pólo 3
- Pólo 4
- Pólo 5
- Demais estados do Brasil

Figura 14: Divisão do Brasil em pólos de produção de camarão marinho cultivado.

A figura 15 demonstra a relação física existente entre os cinco pólos de produção de camarão marinho cultivado e as bacias hidrográficas brasileiras.

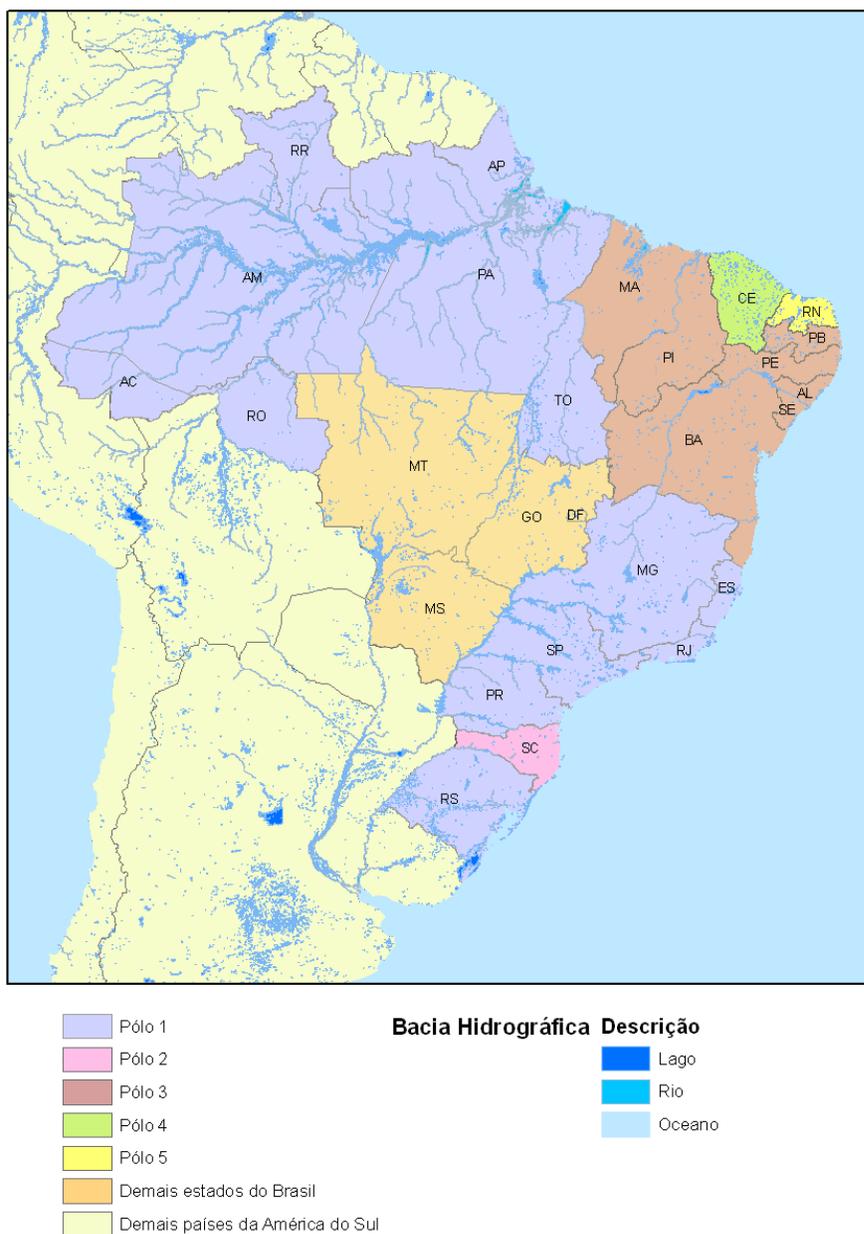


Figura 15: Bacias hidrográficas brasileiras e sua relação com os pólos definidos de produção de camarão marinho cultivado.

O gráfico da figura 16 expressa a produção em toneladas no período de 2001 a 2007 de camarão da espécie *P. vannamei*, crustáceo marinho mais cultivado no Brasil, naquelas unidades federativas do País que tiveram ao menos uma produção de uma tonelada ao ano.

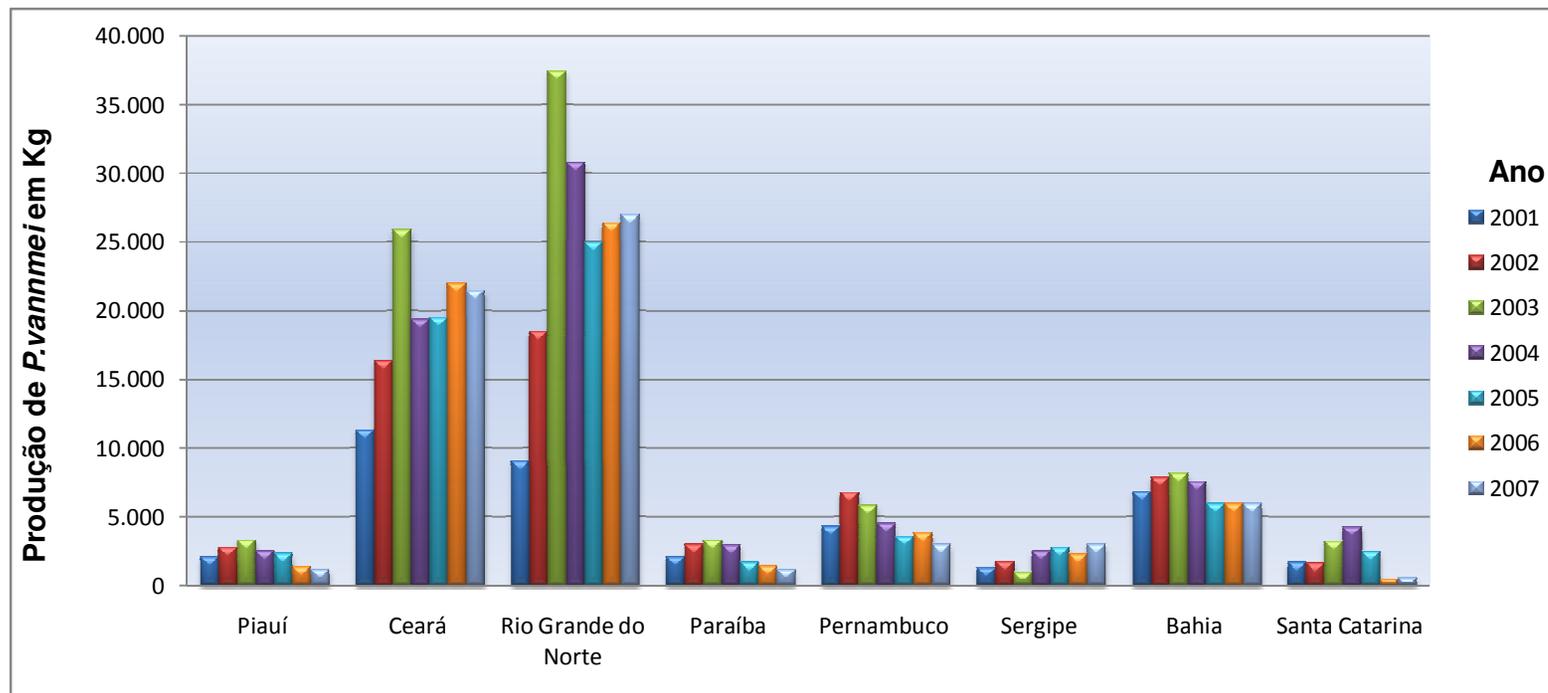


Figura 16: Produção de *Penaeus vannamei* em quilogramas nas oito principais unidades federativas do Brasil produtoras de camarão marinho cultivado entre 2001 e 2007 (modificado- ROCHA, 2003; ABCC, 2004; ROCHA 2004; ROCHA, 2007b; ABCC, 2008).

O gráfico da figura 17 expressa a quantidade de núcleos de maturação e reprodução de camarão *P. vannamei* por unidade federativa do Brasil em atuação em março de 2008.

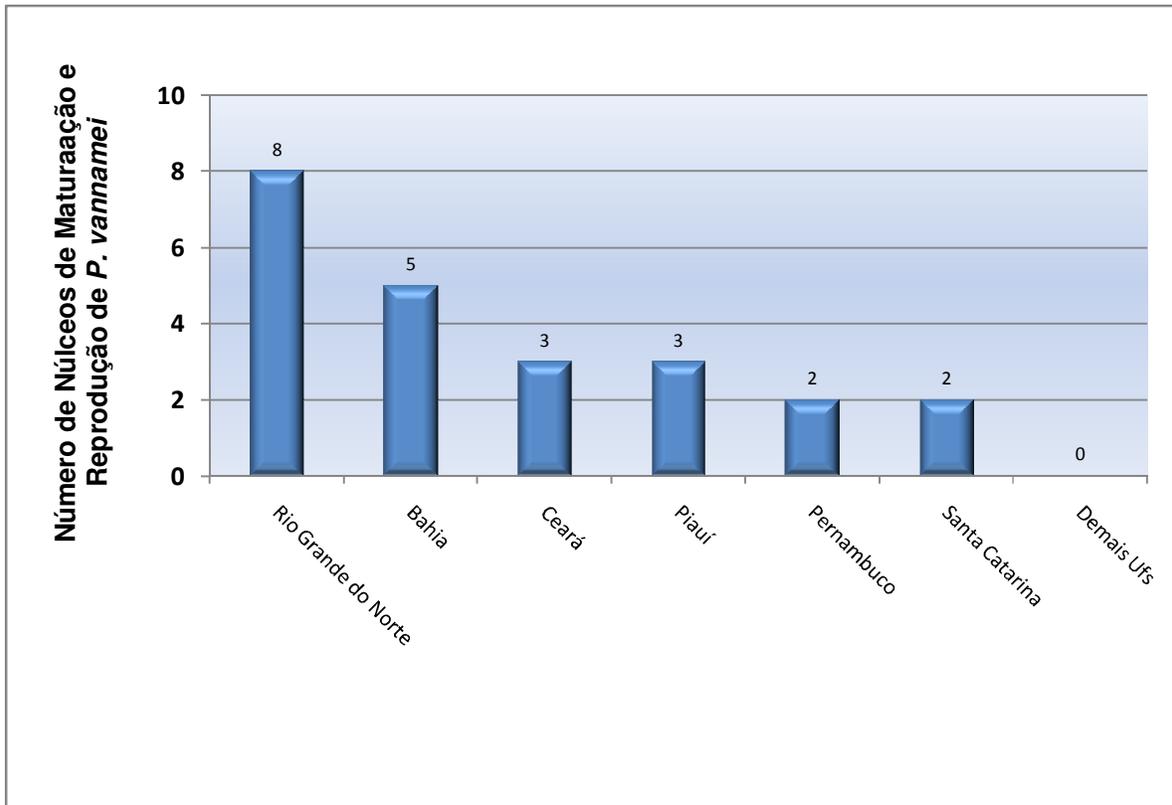


Figura 17: Número de núcleos de maturação e reprodução de *Penaeus vannamei* por unidade federativa do Brasil em março de 2008 (modificado – ABCC, 2008).

O mapa da figura 18 expressa a dispersão de núcleos de maturação e reprodução de camarão *P. vannamei* nos diferentes pólos de produção, além da produção em toneladas de camarão de cultivo de cada pólo no ano de 2007.

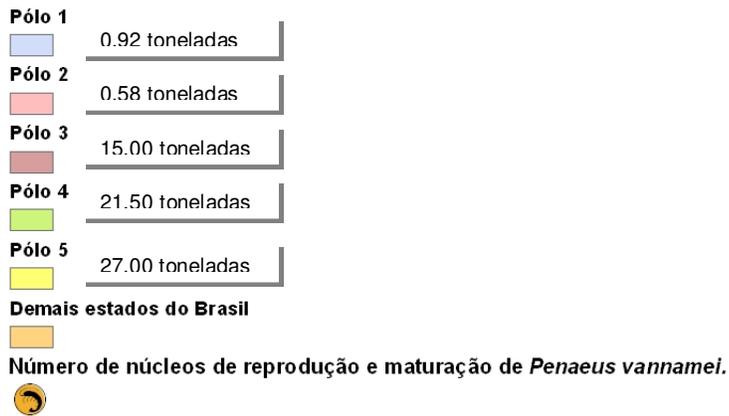


Figura 18: Dispersão de núcleos de maturação e reprodução de *Penaeus vannamei* nos diferentes pólos de produção definidos e produção em toneladas de camarão de cultivo no ano de 2007 por pólo (modificado – ROCHA, 2007a; ROCHA, 2007b; ABCC, 2008).

O gráfico da figura 19 demonstra a produção, em unidades, de pós-larvas de *P. vannamei* por unidade federativa no período de 2001 a 2004 naqueles estados onde havia laboratórios de produção e maturação na ocasião.

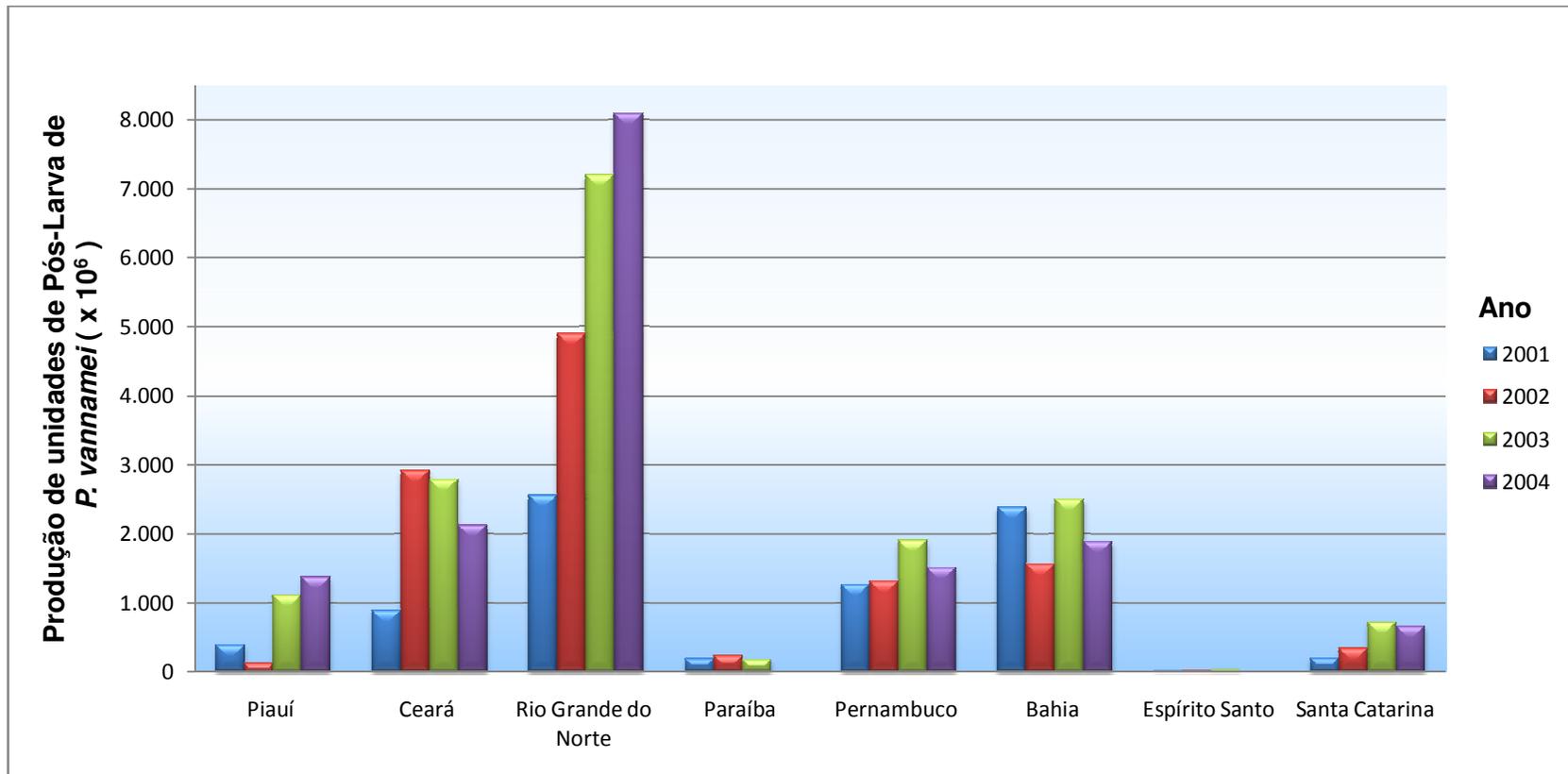


Figura 19: Produção de pós-larvas de *Penaeus vannamei* por unidade federativa do Brasil onde havia laboratórios de produção e maturação desta espécie entre 2001 e 2004 (modificado- ROCHA, 2003; ABCC, 2004; ROCHA 2004; ABCC, 2008).

Em virtude da alta produção de camarão marinho cultivado e quantidade de núcleos de maturação e reprodução de camarão *P. vannamei* no Ceará e Rio Grande do Norte, cada um destes estados foi considerado um pólo de produção de crustáceo marinho distinto. Os demais estados da região nordeste foram agrupados em um único pólo de produção em decorrência da maior uniformidade entre eles em produção/tonelada/ano de camarão marinho de cultivo e potencialidade de difusão de animais para outras localidades decorrente da produção de náuplios e pós-larvas. Os estados da região norte, sudeste e estados do Paraná e Rio Grande do Sul constituíram um único pólo também por apresentarem características similares de produção de crustáceo de cultivo e por não possuírem núcleos de maturação e reprodução de camarão *P. vannamei*.

Em continuidade à classificação dos impactos baseada em sua magnitude nos pólos de produção e no Brasil, cada um dos quatro grupos de impactos definidos deve ser avaliado individualmente para cada um dos cinco pólos de produção. Assim, a avaliação dos efeitos adversos do grupo nº1 de impactos gera cinco resultados distintos: um para o pólo 1, um para o pólo 2, um para o pólo 3, um para o pólo 4 e um para o pólo 5, e o mesmo ocorrerá para os grupos de impactos de números 2, 3 e 4. São obtidos, portanto, quatro grupos de impactos com cinco resultados cada um, ou seja, um resultado de impacto para um dos cinco pólos de produção entre os seguintes possíveis resultados:

- 1) Improvável detecção;
- 2) Baixa importância;
- 3) Significativo;
- 4) Muito significativo.

Com a finalidade de obter um único resultado para cada um dos quatro grupos de impactos avaliados, devem ser aplicadas as regras estabelecidas no diagrama da figura 20, que são mutuamente exclusivas e necessitam ser aplicadas na ordem em que aparecem. Cada regra é representada por uma seta numerada. Isso permitirá inferir qual é a escala nacional de um impacto, cuja consequência foi avaliada para os cinco pólos de produção.

## CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS

## ESCALA DE IMPACTO NACIONAL

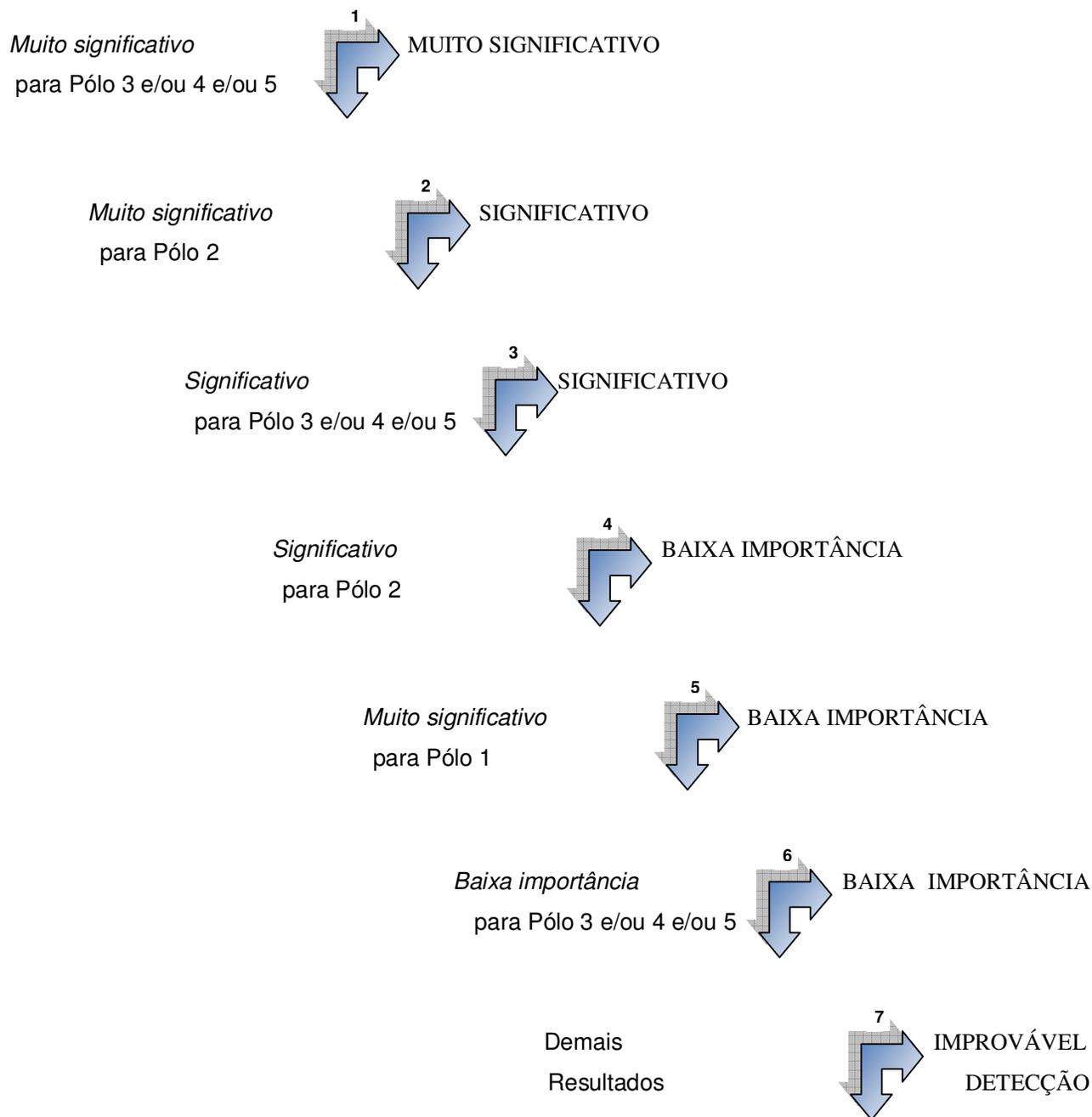


Figura 20: Diagrama de classificação de impacto em escala nacional.

#### 4.2.1.2 Combinação de impactos diretos e indiretos

No intuito de estimar os impactos gerais de um foco de doença em escala nacional, torna-se necessário combinar os quatro resultados de impacto em escala nacional obtidos após utilização do diagrama da figura 20. Para obtenção de um único resultado de impacto geral, devem ser seguidos os passos abaixo estipulados pela matriz de regras para obtenção de valor único da etapa 5 (figura 21), cujas opções são mutuamente exclusivas e necessitam ser aplicadas na ordem em que aparecem.

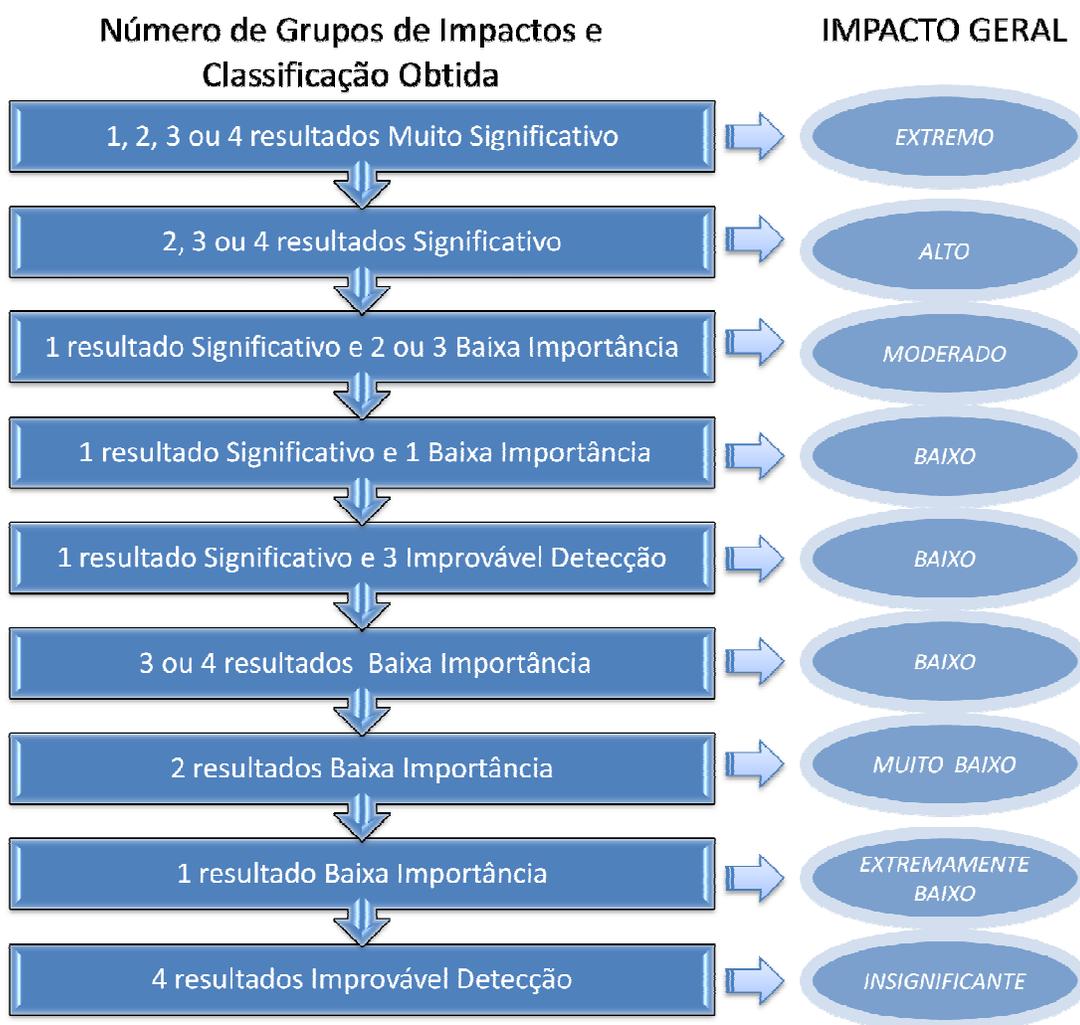


Figura 21: Matriz de regras para obtenção de valor único da etapa 5.

Deste modo, o resultado obtido na etapa 5 é um valor de impacto geral.

### **4.3 Metodologia etapa 6:**

#### **4.3.1 Combinação da probabilidade parcial de propagação e estabelecimento (PPPE) e impacto geral**

A probabilidade parcial de propagação e estabelecimento (PPPE) de cada grupo de exposição (Rep/Larv, Eng, Silv) foi combinada ao impacto geral para obtenção de uma provável conseqüência de cada grupo, conforme matriz da tabela 5. No intuito de combinar os três resultados obtidos da matriz de combinação de probabilidades descritivas (tabela 5) em uma única variável qualitativa, denominada provável conseqüência geral, foram definidas algumas regras que revelarão a estimativa da provável conseqüência de introdução no Brasil do perigo sob avaliação. Para tanto, utiliza-se a seguinte matriz de regras para obtenção de valor único da etapa 6 (figura 22), cujas opções são mutuamente exclusivas e necessitam ser aplicadas na ordem em que aparecem.

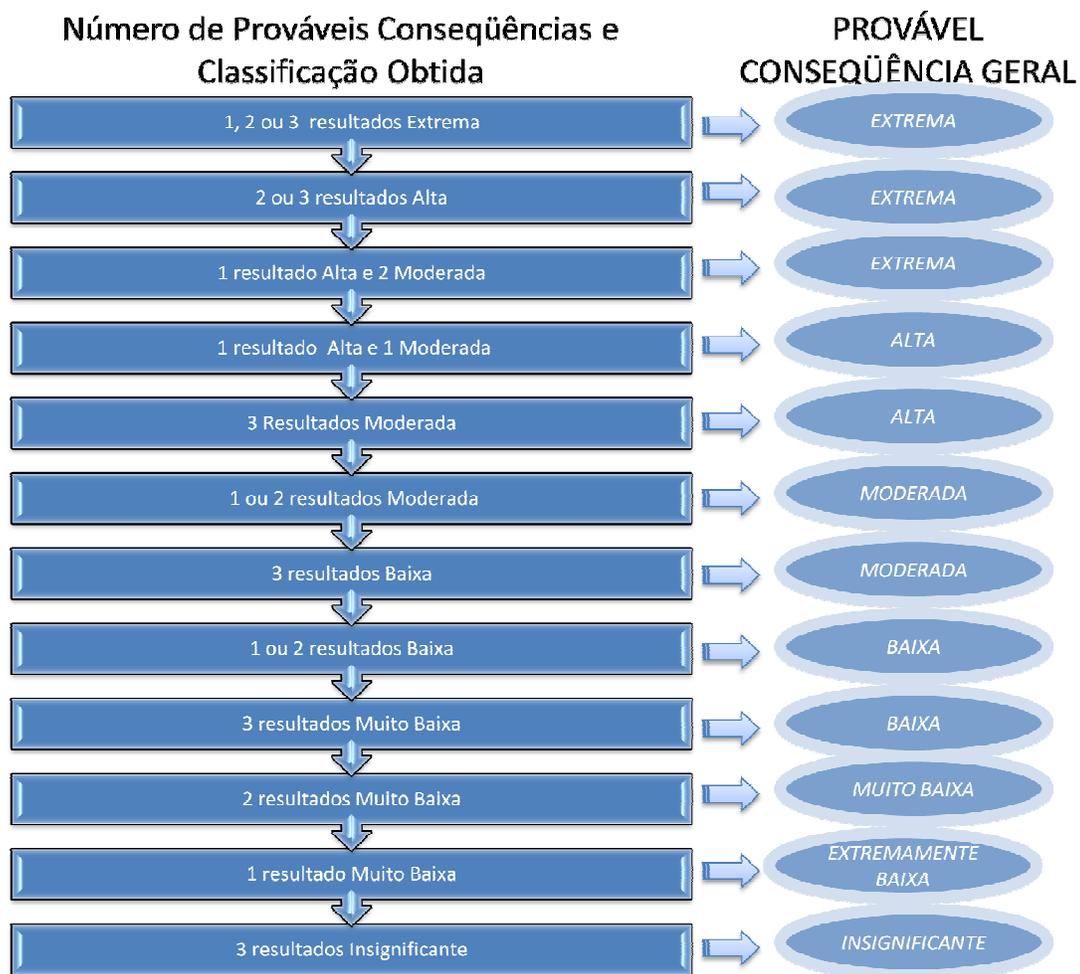


Figura 22: Matriz de regras para obtenção de valor único da etapa 6.

Deste modo, o resultado obtido na etapa 6 é um valor de provável conseqüência geral.

Em suma, a avaliação de conseqüência foi dividida em duas fases:

- identificação das possíveis conseqüências biológicas, ambientais e econômicas associadas ao contato dos grupos de exposição com o perigo identificado e;
- estimativa da probabilidade de ocorrência dessas conseqüências potenciais.

## **5. Metodologia da estimativa de risco**

### **5.1 Metodologia etapa 7**

A estimativa de risco consiste na integração dos resultados da avaliação de difusão, avaliação de exposição e avaliação de consequência para produzir medidas de redução dos riscos associados ao perigo identificado (MURRAY, 2002). Se a estimativa de risco for considerada não insignificante, o perigo potencial é classificado como um perigo real. A estimativa de risco é obtida pela integração dos resultados da probabilidade de entrada e exposição do perigo e provável consequência geral para definir o risco geral associado à introdução, propagação e estabelecimento do perigo identificado. Trata-se de um processo de duas etapas:

- estimativa do risco anual parcial (RAP) de entrada, exposição, propagação e estabelecimento para cada grupo de exposição e;
- combinação dos RAPs obtidos para obter o risco anual geral.

#### **5.1.1 Estimativa do risco anual parcial (RAP)**

O risco anual parcial para cada um dos grupos de exposição definidos é obtido após a determinação da probabilidade parcial anual de entrada e exposição de cada grupo, obtida na avaliação de exposição, combinada com a provável consequência geral estimada na avaliação de consequência. Essa combinação é realizada conforme matriz da tabela 5. O resultado são três variáveis qualitativas de risco anual parcial para cada grupo de exposição.

Deste modo, os resultados obtidos na etapa 7 são  $RAP_{Rep/Larv}$ ,  $RAP_{Eng}$ ,  $RAP_{Siv}$ .

## 5.2 Metodologia etapa 8

### 5.2.1 Estimativa do risco anual geral

No intuito de combinar os três resultados obtidos da matriz de combinação de probabilidades descritivas (tabela 5) em uma única variável qualitativa, denominada risco anual geral, utiliza-se a seguinte matriz de regras para obtenção de valor único da etapa 8 (figura 23), cujas opções são mutuamente exclusivas e necessitam ser aplicadas na ordem em que aparecem.

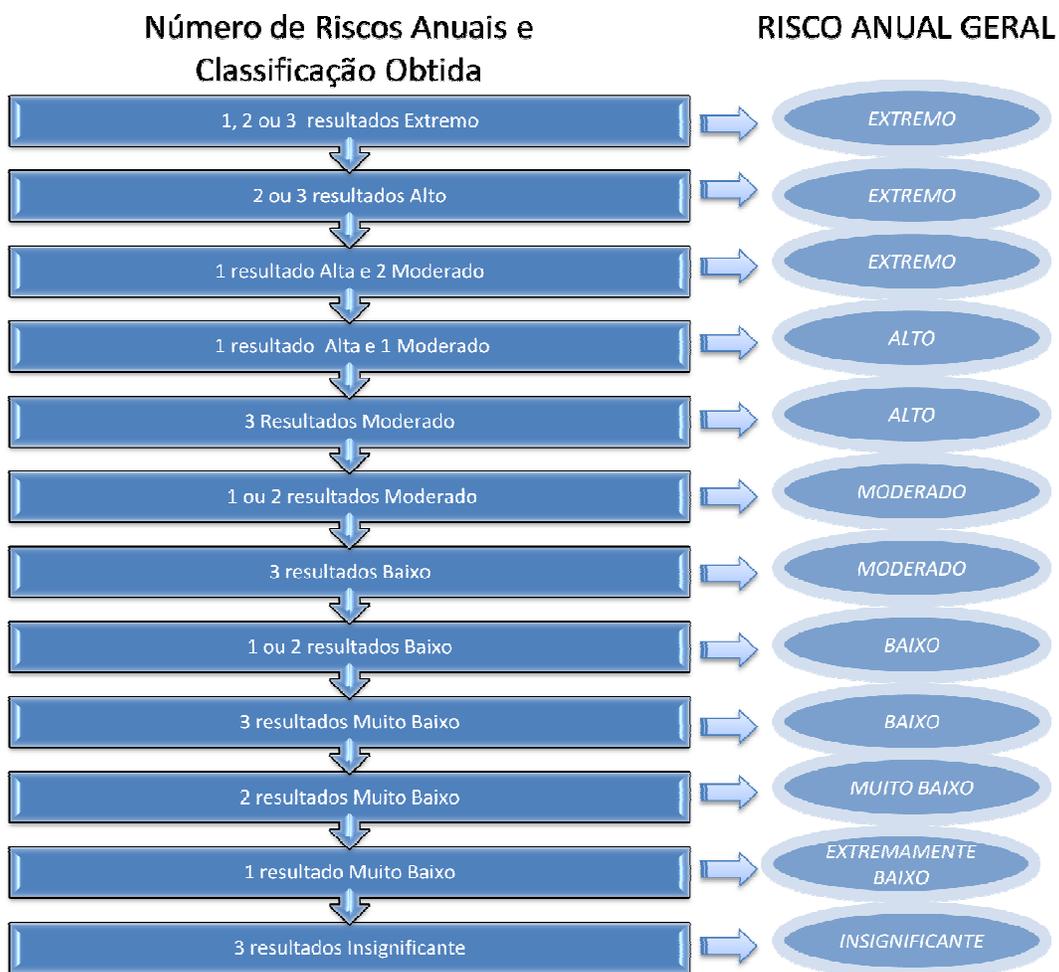


Figura 23: Matriz de regras para obtenção de valor único da etapa 8.

Deste modo, o resultado obtido na etapa 8 é um valor de risco anual geral.

Esse resultado é interpretado como a estimativa do risco anual de introdução no Brasil de um perigo em questão como consequência da importação de animais aquáticos destinados à reprodução. É o resultado final da avaliação de risco. A gestão de risco compara esse valor de risco anual geral com o nível apropriado de proteção do País para decidir se permite a importação da mercadoria em questão e sob quais condições.

Em suma, a estimativa de risco foi dividida em duas fases:

- estimativa do risco anual parcial (RAP) de entrada, exposição, propagação e estabelecimento e de cada grupo de exposição e;
- obtenção do risco anual geral.

A tabela 9 resume as etapas da metodologia proposta para a avaliação de risco de introdução no Brasil de um determinado perigo por meio da importação de animais aquáticos reprodutores.

Tabela 9: Estimativa do risco anual geral e resumo da metodologia desenvolvida

<b>FASE</b>	<b>Forma de cálculo / Critério de classificação</b>
<b>Avaliação de Difusão</b>	
Probabilidade de Difusão (PD)  <i>Etapa 1</i>	Probabilidade de difusão do perigo. Cálculo quantitativo, cujo resultado é transformado em uma variável qualitativa ou, conforme for a variabilidade e/ou incerteza nas variáveis quantitativas disponíveis, se considera a PD como “alta” ou “moderada”.
<b>Avaliação de Exposição</b>	
Probabilidade Parcial de Exposição (PPE)  <i>Etapa 2</i>	Probabilidade parcial de exposição para cada um dos grupos de exposição* identificados. Estimada a partir da descrição pormenorizada e avaliação das variáveis epidemiológicas associadas à exposição. O resultado é uma variável qualitativa para cada grupo de exposição.
Probabilidade Parcial Anual de Entrada e Exposição (PPAEE)  <i>Etapa 3</i>	Associação da probabilidade de difusão com a probabilidade parcial de exposição por meio de uma matriz de combinação de probabilidades descritivas. PPAEE = PD combinada a PPE O resultado é uma variável qualitativa para cada grupo de exposição*.
<b>Avaliação de Conseqüência</b>	
Probabilidade Parcial de Propagação e Estabelecimento (PPPE)  <i>Etapa 4</i>	Probabilidade parcial de propagação e estabelecimento do perigo no Brasil de cada um dos grupos de exposição* identificados. Estimada a partir da descrição pormenorizada e avaliação das variáveis epidemiológicas associadas à propagação e ao estabelecimento do perigo no País. O resultado é uma variável qualitativa para cada grupo de exposição.

<p style="text-align: center;">Impacto Geral</p> <p style="text-align: center;"><i>Etapa 5</i></p>	<p>Conseqüências biológicas, econômicas e ambientais da propagação e estabelecimento do perigo no Brasil. Estimado a partir da identificação de impactos diretos e indiretos combinados de acordo com sua repercussão nacional por meio de um diagrama com regras definidas para sua interpretação e de matriz de regras para obtenção de valor único. O resultado é uma única variável qualitativa dos efeitos adversos dos vários cenários avaliados.</p>
<p style="text-align: center;">Provável Conseqüência Geral</p> <p style="text-align: center;"><i>Etapa 6</i></p>	<p>Combinação dos resultados do impacto geral com a probabilidade parcial de propagação e estabelecimento (PPPE) de cada grupo de exposição*. A estimativa é realizada por meio de uma matriz de combinação de probabilidades descritivas e matriz de regras para obtenção de valor único. O resultado obtido é uma única variável qualitativa.</p>
<b>Estimativa de Risco</b>	
<p style="text-align: center;">Risco Anual Parcial (RAP)</p> <p style="text-align: center;"><i>Etapa 7</i></p>	<p>Combinação da probabilidade parcial anual de entrada e exposição (PPAEE) de cada grupo de exposição* com os resultados da provável conseqüência geral (obtida da avaliação de conseqüência). A estimativa é realizada por meio de uma matriz de combinação de probabilidades descritivas. O resultado é uma variável qualitativa para cada grupo de exposição.</p>
<p style="text-align: center;">Risco Anual Geral</p> <p style="text-align: center;"><i>Etapa 8</i></p>	<p>Estimado a partir da combinação do risco anual parcial (RAP) de cada grupo de exposição* por meio de matriz de regras para obtenção de valor único. É obtido um único valor qualitativo do risco anual geral do perigo a partir dos vários cenários avaliados. É o resultado final da avaliação de risco.</p>

\* Os grupos de exposição são: Rep/Larv: Animais de Reprodução, Larvicultura e Berçário  
Eng: Animais de Viveiro de Engorda  
Silv: Animais Silvestres

## **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

### **1. Considerações Gerais**

A metodologia desenvolvida para avaliação de risco foi aplicada para estimar a probabilidade de introdução e difusão da síndrome de Taura no Brasil por meio da importação de pós-larvas de camarões peneídeos dos EUA e a magnitude de suas conseqüências. Os resultados obtidos em cada etapa foram embasados por evidências científicas ou empíricas encontradas na literatura, pela legislação e exigências sanitárias vigentes, por informações prestadas por autoridades veterinárias federais ou pela adoção de critérios mais conservadores que consideraram o pior cenário possível.

### **2. Definição da mercadoria**

O foco desta avaliação de risco são as pós-larvas de crustáceos da ordem Malacostraca, ordem Decapoda, subordem Dendrobranchiata e família Penaeidae e espécie *Penaeus vannamei*, originados dos EUA e exportados com finalidade de reprodução.

A tabela 10 resume a descrição da mercadoria.

Tabela 10: Descrição da mercadoria a ser importada pelo Brasil

<b>Espécie</b>	<i>Penaeus vannamei</i> .
<b>Mercadoria</b>	Pós-larvas (PL).
<b>Origem</b>	Estados Unidos da América.
<b>Volume Previsto</b>	Sem previsão real.
<b>Utilização</b>	Cultivo em aquicultura para utilização como matrizes, cuja F1 será destinada à engorda e consumo humano.
<b>Motivo da importação</b>	Necessidade de ganho genético da população nacional de <i>P. vannamei</i> de cativeiro para desempenho zootécnico.
<b>Processamento na origem</b>	As PL serão obtidas de animais de aquicultura submetidos a programa de monitoramento para doenças de declaração obrigatória de crustáceos da OIE e considerados SPF pelo exportador. Os lotes que darão origem às PL a serem exportados serão testados na origem para todas estas doenças de declaração obrigatória. Lotes que não apresentarem resultados positivos a nenhuma das doenças, estiverem clinicamente sadios e não registrarem mortalidades superiores à esperada para a idade dos animais, serão considerados aptos à exportação mediante emissão de Certificado Zoossanitário Internacional expedido pelo Animal Plant and Health Inspection Service of the United States Department of Agriculture (APHIS/USDA).
<b>Processamento no destino</b>	Os animais serão transportados em utensílios lacrados e serão liberados para os tanques da quarentena no destino, sem mudança na água durante todo o trânsito. A água será descartada na rede de tratamento dos efluentes do quarentenário. Os animais serão considerados nacionalizados após serem retestados negativos para todas as doenças listadas para crustáceos pela OIE e não houver manifestação clínica de doenças durante a quarentena, que durará pelo menos 30 dias. Em cumprimento à legislação brasileira, os animais importados ficarão sob supervisão oficial durante toda a sua vida reprodutiva na unidade de quarentena permanente/ estabelecimento de reprodução.
<b>Autoridades Sanitárias</b>	APHIS/USDA na origem e MAPA no destino.

### **3. Identificação do perigo**

O vírus da síndrome de Taura se encaixa na definição de perigo da OIE porque é típico da mercadoria importada (pós-larvas de camarões peneídeos), pode estar presente no país exportador (OIE, 2008b), é de declaração obrigatória no Brasil e pode causar efeitos adversos no país importador.

#### **3.1 Etiopatogenia e sinais clínicos**

O TSV é um RNA vírus não envelopado da família Dicistroviridae. Há relatos de existência de ao menos quatro cepas distintas (A, B, C e Venezuelana) com possíveis diferentes virulências (TANG & LIGHTNER, 2005; CÔTE et al., 2008) com isolamento registrado em pelo menos cinco distintas regiões geográficas: Equador, Havaí, México, Taiwan e Venezuela (CHANG et al., 2004; CÔTE et al., 2008).

A doença causada pelo TSV é considerada problema de formas jovens, pois afeta principalmente indivíduos juvenis com peso corporal entre 0.05 e 5 gramas e pode ser caracterizada por três fases clínicas que são distintas histologicamente. A fase hiperaguda é caracterizada pela apresentação do camarão moribundo com coloração avermelhada pálida causada pela expansão dos cromatóforos vermelhos, que comumente morre durante o processo de muda. Na fase aguda, muitos camarões morrem durante a muda e, se sobreviverem à ecdise posterior, as lesões de necrose enegrecida desaparecem e os animais aparentam normalidade, apesar de manterem a capacidade de transmissão do vírus do TSV (FLEGEL, 2006). No processo agudo, ocorre perda cuticular com expansão de cromatóforos e áreas multifocais de necrose do epitélio cuticular (HASSON et al., 1999b). Os animais que sobrevivem a essa fase passam para uma seguinte, denominada de transição ou convalescência, que é histologicamente caracterizada pelas lesões multifocais melanizadas no epitélio cuticular. Na terceira fase ou fase crônica, os animais permanecem assintomáticos, com morfologia normal e mantêm os padrões de desenvolvimento dentro da normalidade. (HASSON et al., 1999b; LIGHTNER et al., 1995) com a manutenção da capacidade de infecção do TSV nos animais sobreviventes por pelo menos oito meses após a ocorrência de um surto (KROL et al., 1997).

Os sinais clínicos da doença incluem letargia, natação atáxica, anorexia e opacidade muscular (LIGHTNER et al., 1995), mas a maioria é inespecífico. O reaparecimento de surtos de manifestações clínicas em animais cronicamente infectados é normalmente desencadeado por fatores relacionados ao estresse ambiental, como alterações de temperatura e salinidade da água após tempestades (LOTZ et al., 2005). Inúmeros outros fatores ambientais são capazes de desencadear o processo infeccioso nos camarões marinhos, como pH extremo, baixas concentrações de oxigênio dissolvido e presença de substâncias tóxicas. A multiplicação de bactérias patogênicas oportunistas (*Vibrio* sp., *Aeromonas* spp.), a proliferação de protozoários (*Zoothamnium* spp. e gregarinas), a captação de água contaminada, a aquisição de pós-larvas com alta carga viral e a presença excessiva de microalgas (dinoflagelados e cianofíceas) também suscitam efeitos deletérios na saúde dos camarões e estão envolvidas com a manifestação clínica dos animais expostos ao perigo (LENOCH, 2004).

### **3.2 Diagnóstico**

O diagnóstico conclusivo da síndrome de Taura é realizado somente por meio de provas laboratoriais. No entanto, o diagnóstico presuntivo, baseado nas alterações clínicas e lesões macroscópicas, deve incluir doenças como vibriose e vírus da cabeça amarela (OIE, 2006). Em *P. vannamei*, lesões características podem ser utilizadas como diagnóstico presuntivo da doença, tais como avermelhamento da cauda e necrose visível do tecido epitelial adjacente na fase aguda e lesões cuticulares enegrecidas nos locais de necrose inicial observadas na fase posterior de convalescência (FLEGEL, 2006).

O exame histopatológico na fase aguda demonstra lesões subcuticulares caracterizadas pelo acúmulo de numerosas inclusões eosinofílicas a densamente basofílicas esferóides, resultantes da liberação de células lisadas, típicas de processos de picnose nuclear e cariorrexe (FLEGEL, 2006; PHALITAKUL et al., 2006). Nas fases de convalescência e crônica, este tipo de padrão histopatológico está ausente, e métodos moleculares são exigidos como forma de diagnóstico. Ao exame de microscopia eletrônica de transmissão, virions icosaédricos podem ser observados no interior do citoplasma das células infectadas (FLEGEL, 2006).

Testes bioquímicos não são utilizados por patologistas de crustáceos como ferramenta diagnóstica de rotina, assim como testes diagnósticos baseados na detecção de anticorpos, uma vez que o sistema imunológico de crustáceos é bastante primitivo e não envolve resposta humoral (BACHERE et al., 1995; OIE, 2006).

Para obtenção de resultados confiáveis, é extremamente recomendado que o delineamento amostral do lote a ser testado seja realizado com a coleta em fase específica do ciclo de desenvolvimento de vida do animal e em estação do ano mais propícia à detecção do patógeno, como, por exemplo, no inverno e no período de chuvas, para a detecção da maioria dos vírus de camarão. Essa recomendação torna-se mais importante quando o método diagnóstico não inclui técnicas moleculares e é dependente de microscopia simples ou histologia. Para o diagnóstico de TSV, amostras de larvas e pós-larvas jovens são as mais indicadas (OIE, 2006).

Por tudo isso, exige-se que certificação de lotes de camarões a serem exportados seja realizada por meio de testes diagnósticos a partir de técnicas de reação em cadeia de polimerase por transcrição reversa, RT-PCR (Luiz Felipe Carvalho, MAPA, comunicação pessoal).

Ainda é possível fazer o diagnóstico de TSV, simultaneamente com mais cinco viroses de peneídeos, por meio de RT-PCR multiplex (KHAWSAK et al., 2008).

### **3.3 Epidemiologia**

A síndrome de Taura, considerada uma das doenças de impacto econômico virais mais importantes dos camarões peneídeos, foi inicialmente descrita perto da foz do rio Taura no Golfo de Guayaquil no Equador e primeiramente reconhecida como doença nas Américas em 1992. (BROCK, 1997). Após esse período, sua difusão ocorreu em praticamente todos os países produtores de camarão nas Américas, sendo erradicado em Belize, após a implantação de um programa sanitário específico. (HASSON et al., 1999a). Os relatos mais recentes da ocorrência da síndrome de Taura notificados à Organização Mundial de Saúde Animal de 2005 até agosto de 2008 foram originados na Colômbia, Indonésia, México, Nicarágua, Tailândia, Taipei, Costa Rica, Coréia e Estados Unidos (OIE, 2008b). No entanto, a

ocorrência da doença pode ser muito mais ampla em virtude da ausência de vigilância em vários países e conseqüente sub-notificação de casos. Os dados de prevalência em animais silvestres, sobretudo de prevalência de populações e entre elas, são extremamente limitados.

Países como Equador, El Salvador, Honduras, México e alguns asiáticos, que foram acometidos pela a doença em estabelecimentos de aqüicultura, também registraram a presença do TSV na população silvestre (CHANG et al., 2004; DE LA PEÑA, 2004).

O vírus da síndrome de Taura afeta diferentes espécies de camarões peneídeos, o *Penaeus vannamei* e o *Penaeus schmitti* (também chamado de *Litopenaeus schmitti*) são os mais susceptíveis: ao passo que o *Penaeus setiferus* (também chamado de *Litopenaeus setiferus*) e o *Penaeus stylirostris* são consideradas as espécies menos susceptíveis (LIGHTNER, 1996). No entanto, essa associação de espécie de peneídeo à susceptibilidade à TS pode estar imprecisa, porque a susceptibilidade das diferentes espécies de crustáceos e a virulência do vírus aparentemente variam conforme a cepa do TSV (ERICKSON et al., 2005; TANG & LIGHTNER, 2005) e o estágio do ciclo de vida do camarão. As fases larvais de náuplio, misis e pós-larvais iniciais são consideradas resistentes à doença, e as PL a partir de 12 dias são altamente susceptíveis. No entanto, manifestação clínica e mortalidade podem ocorrer em todas as fases de desenvolvimento dos peneídeos a partir do estágio de pós-larva (BROCK, 1997) e várias espécies de crustáceos já demonstraram susceptibilidade à infecção experimental (HASSON et al. 1995; BROCK, 1997; OVERSTREET et al. 1997; CHANG et al. 2004).

A principal forma de transmissão do TSV é a via horizontal, por meio de canibalismo (predação) ou contato com água contaminada (HASSON et al., 1995; LIGHTNER, 1996). A transmissão vertical é altamente provável e suspeita: no entanto, ainda não houve confirmação experimental (GARZA, et al., 1997; HASSON et al., 1995), apesar de relato de ocorrência de transmissão de TSV à progênie de fêmea de *P. stylirostris* inseminada com espermátóforos resfriados (LE MOULLAC et al., 2003).

Não é conhecida ainda a carga viral necessária para que um animal saudável em contato com outro portador se infecte com TSV. Sabe-se que a inoculação experimental de vírus de TS é mais eficiente em transmiti-lo que o canibalismo de

animais infectados. A quantidade de vírus de TS é superior na cabeça dos animais, quando comparadas a outras partes do corpo de camarões peneídeos (NUNAN et al., 2004). Em tese, o contato com resíduos de processamento de camarões que descartam a carapaça seria mais perigoso que o contato de animais infectados não moribundos com outros saudáveis.

O TSV tem demonstrado permanecer infeccioso nas fezes de gaivotas (*Larus atricilla*) após a ingestão de carcaças de camarões infectados. Desta forma, as aves se apresentam como potencial vetor mecânico para transmissão do vírus (GARZA et al., 1997), com manutenção da capacidade infectante do vírus nas fezes por até um dia (VANPATTEN et al., 2004).

A rápida disseminação do TSV nos tanques infectados possivelmente ocorre por meio de canibalismo de animais moribundos ou mortos por indivíduos sadios da população (HASSON et al., 1995), enquanto a propagação entre tanques e entre estabelecimentos aqüícolas pode ser atribuída a insetos e aves aquáticas que atuam como vetores mecânicos (BRIDGES et al., 2007; GARZA et al., 1997; LIGHTNER, 1995; VANPATTEN et al., 2004).

Não há comprovação de que vacinação, quimioterapia ou imunostimulação possam contribuir para o controle ou prevenção da TS (OIE, 2006). O uso de linhagens geneticamente selecionadas para resistência ao vírus da síndrome de Taura e a não utilização de animais selvagens capturados em vida livre para reposição de plantéis de camarão são duas medidas de manejo sanitário extremamente importantes para reduzir riscos de introdução do TSV e outras doenças na atividade de aqüicultura (ARGUE et al., 2002; XU et al., 2003).

### **3.4 Situação no Brasil**

No Brasil, não há notificação oficial da doença (OIE, 2006) e estudo recente de prevalência no estado do Pernambuco não detectou a presença do vírus pela técnica do RT-PCR. (PINHEIRO et al., 2007).

Testes em amostras coletadas de camarões em 2007 em programas de vigilância sanitária ativa implementados por carcinicultores nacionais, e enviadas não oficialmente para o diagnóstico laboratorial de doenças de camarão no University of Arizona Aquaculture Pathology Laboratory, considerado de referência

pela OIE para patologias de crustáceos, não detectaram a presença de infecção pelo TSV em nenhum caso. Foram analisadas várias amostras de *Penaeus vannamei* de 14 estabelecimentos dos estados do Rio Grande do Norte, São Paulo, Ceará, Santa Catarina e Piauí (Donald Lightner, comunicação pessoal).

Entretanto, é relatada a introdução do vírus da síndrome de Taura no Brasil em 1997 via importação de camarões declarados livres de patógenos específicos procedentes do Havaí. Àquela época, a doença não era atribuída a um agente viral e seu diagnóstico não era incluído nos protocolos de certificação de animais SPF (BROCK et al., 1997). Considera-se que tenha sido introduzida a cepa A do TSV (ANDRADE et al., 2006). Apesar das evidências de infecção, até o presente momento não há registros oficiais de ocorrência de surtos de doenças por TSV no Brasil (OIE, 2008b), o que possivelmente indica que a doença não ocorre mais no País ou está presente em baixa prevalência.

#### **4. Avaliação de difusão aplicada ao TSV**

##### **4.1 Etapa 1: TSV**

Na avaliação de difusão foi considerado um único cenário: a importação para o Brasil de ao menos um lote de pós-larvas de camarão infectado com o TSV.

Conforme notificação à OIE, o último caso de TS no mundo ocorreu após testes de rotina em estabelecimentos de camarão SPF no Havaí, EUA, como parte da vigilância ativa dos animais certificados no ano de 2007 (OIE, 2008b).

A aplicação da árvore de cenário definida para avaliação de difusão (figura 5) do TSV por meio da importação de PL de *P. vannamei* dos EUA indicou “risco”.

<b>Aplicação de árvore de cenário para avaliação de difusão de TSV</b>	
<b>Questionamento</b>	<b>Avaliação</b>
A probabilidade de o perigo estar presente no país exportador é insignificante?	Não
O perigo pode estar presente na região exportadora?	Sim
O perigo pode estar presente no estabelecimento exportador?	Sim
O perigo pode estar presente no lote a ser exportado?	Sim
A probabilidade de falha nas medidas de mitigação de risco aplicadas no país exportador é insignificante?	Não
O perigo é inativado durante o transporte ao Brasil?	Não
A probabilidade de falha na detecção de mercadoria infectada importada no Brasil é insignificante?	Não
<b>Resultado</b>	<b>RISCO</b>

Fatores que corroboram para o resultado são a possibilidade de ocorrência de TSV nos EUA e na região exportadora de camarão, o fato de o teste aplicado para a certificação dos lotes nos país exportador e no Brasil ser o RT- PCR- teste que não possui 100% de sensibilidade- e a não inativação do TSV durante o transporte da mercadoria. Os animais exportados são obtidos de matrizes submetidas a um programa não oficial de certificação de animais livres de patógenos específicos, incluindo o TSV (Peter Merrill, APHIS/USDA, comunicação pessoal). Os critérios sanitários para obtenção da condição SPF são aparentemente rigorosos e incluem testes periódicos na população certificada e exigências de biossegurança do estabelecimento de aquicultura. A prevalência de doenças nessas populações é aparentemente baixa e está diretamente associada à capacidade dos testes diagnósticos aplicados. Para fins de exportação, o serviço veterinário oficial americano certifica os lotes de acordo com os testes mais recentes de

monitoramento realizados pelos estabelecimentos participantes do programa sanitário de certificação de SPF. Somente exige-se retestagem na pré-exportação em alguns casos, normalmente quando os últimos testes tenham sido realizados há mais de 30 dias da data de embarque dos animais (Peter Merrill, APHIS/USDA, comunicação pessoal).

A metodologia desenvolvida para a avaliação de risco prevê o cálculo quantitativo da probabilidade de difusão em planilha do Microsoft Office Excel 2007 com o auxílio do aplicativo da Palisade @Risk Professional 5.0, e posterior transformação do valor obtido em variáveis qualitativas. Para tanto, são necessárias informações como prevalência real e aparente do TSV nos EUA, sensibilidade e especificidade dos testes aplicados para certificação dos animais e números de lotes a serem exportados que foram testados negativos para o TSV.

No entanto, considerando que:

- não foram encontrados dados na literatura científica, ou no APHIS/USDA, de prevalência de TSV nos EUA;
- a dificuldade em estimar o número de lotes para exportação em um período de um ano (variável  $n$  = número de lotes testados);
- não foram encontradas publicações acerca da sensibilidade e especificidade do RT-PCR para o diagnóstico de TSV, mas tão somente a opinião pessoal de um único especialista sobre o assunto, Dr. Donald Lightner, que creditou ao teste valores muito próximos a 100% para ambas variáveis;

não foi possível aplicar o método quantitativo para cálculo de PD. Nesse caso, considera-se que o risco existe. Conforme previsto na metodologia, na impossibilidade desse cálculo, assume-se uma postura mais conservadora e a PD é estimada em “alta” ou “moderada”.

Assim, considerando que:

- os EUA exportam genética de *P. vannamei* a várias regiões do mundo e, à exceção de um caso registrado por DO et al., 2006 e posteriormente questionado por LIGHTNER et al., 2007, não se encontrou registro de diagnóstico positivo de TSV desses animais exportados;

- ✦ existem programas de certificação sanitária de camarões peneídeos implementados de responsabilidade da própria indústria da carcinicultura de exportação norte-americana;
  - ✦ o APHIS/USDA certifica que os lotes a serem exportados testaram negativos ao TSV em laboratório de referência da OIE para doenças de crustáceos;
- a probabilidade de difusão do TSV foi considerada “moderada”.

O resultado da etapa 1 é resumido na tabela abaixo:

<b>Avaliação de risco de introdução do TSV pela importação de PL de camarão dos EUA</b>	
<b>Etapa</b>	<b>Valor Estimado</b>
1	PD = Moderada

## **5. Avaliação de exposição aplicada ao TSV**

### **5.1 Etapa 2: TSV**

Foram definidos três possíveis grupos de exposição ao TSV: crustáceos de estabelecimentos de reprodução, larvicultura e berçário (grupo Rep/Larv), crustáceos de viveiros de engorda (grupo Eng) e crustáceos silvestres (grupo Silv), bem como foi estimada a probabilidade parcial de exposição ao TSV para cada grupo (PPE).

#### **5.1.1 Estimativa da $PPE_{Rep/Larv}$**

A fim de definir se o grupo de exposição de animais de estabelecimentos de reprodução, larvicultura e berçário poderiam ser expostos ao TSV, caso houvesse a introdução de PL importadas infectadas nestes locais, foi aplicada a árvore de cenário de exposição do grupo (figura 8) e concluiu-se que o risco de ocorrência deste contato era desprezível.

<b>Aplicação de árvore de cenário para avaliação de exposição do grupo Rep/Larv ao TSV</b>	
<b>Questionamento</b>	<b>Avaliação</b>
Há animais na unidade de quarentena permanente/ estabelecimento de reprodução que não sejam frutos da mesma importação?	Sim
A probabilidade de contato físico direto, via água infectada, fômites ou vetores destes animais com os recentemente importados é insignificante?	Sim
Resultado	<b>SEM RISCO</b>

Esta conclusão se baseia no fato de que, apesar da possibilidade de existência de animais frutos de diferentes importações estarem presentes na mesma unidade de quarentena, a probabilidade de contato físico direto é desprezível. A probabilidade desse contato via água infectada é extremamente baixa, dadas as exigências de biossegurança de quarentenário impostas pelo MAPA, que prevê inclusive sistema de derivação para a distribuição da água nos tanques e tratamento de afluentes (BRASIL, 2008a; BRASIL, 2008b). Essa medida, além do isolamento físico entre os tanques e a exigência de recursos humanos próprios e exclusivos por setor, permite considerar cada área do quarentenário como uma unidade epidemiológica independente.

Outras formas de exposição seriam via fômite e vetores, ambas também consideradas extremamente improváveis. Os fômites de manejo dos animais são de uso exclusivo do setor onde está localizado e são utilizados um por reservatório de água. Sua retirada do local somente é realizada mediante fumigação ou outro método de desinfecção aprovado (BRASIL, 2003; BRASIL, 2008a; BRASIL, 2008b).

Empresas importadoras de camarões peneídeos no Brasil em geral são associadas à Associação Brasileira de Criadores de Camarão – ABCC e seguem as recomendações de manejo sanitário e biossegurança publicadas pela entidade (ABCC, 2005a; ABCC, 2005b) em consonância com as recomendações internacionais de organismos como a FAO e OIE (FAO et al., 2006; OIE, 2008a). A

implantação dessas recomendações assegura a detecção de alterações morfológicas, aumento de parasitismo e presença de microorganismos indicadores de queda de imunidade, além de índices de mortalidade. Todas essas medidas garantem a detecção precoce de ocorrência de doença no quarentenário, cuja instalação física é da empresa importadora, apesar de estar submetido à supervisão veterinária federal oficial permanente. A detecção de infecção é garantida por meio de protocolos de colheitas de amostras periódicas e realização de testes para os patógenos específicos (ABCC, 2005a; ABCC, 2005b; FAO et al., 2006).

O manejo sanitário das fazendas de camarão é considerado eficaz e inclui análises sensoriais e laboratoriais físico-químicas e microbiológicas periódicas de pós-larvas, hemolinfa de camarões adultos, água de tanques e solo de viveiros de engorda pré e pós-despesca. A preocupação do monitoramento sanitário do importador é fruto da experiência de imensas perdas econômicas advindas de ocorrência de doenças nos viveiros de engorda e da necessidade de garantir um produto de qualidade, que pode ter uma venda diferenciada no mercado, uma vez que poderá ser certificado como SPF pela indústria (ABCC, 2005a; ABCC, 2005b; FAO et al., 2006). Ainda exige-se médico veterinário responsável técnico para observação do cumprimento das normas sanitárias e o estabelecimento quarentenário está submetido à supervisão veterinária oficial (BRASIL, 2003; BRASIL, 2008b).

Apesar da existência de aves aquáticas e insetos voadores nos pólos de produção de camarão do Brasil (SICK, 1997), os animais do grupo de exposição de estabelecimentos de reprodução, berçário e larvicultura são mantidos em galpões fechados, em tanques com tampas e com medidas que impedem entrada de animais invasores (ABCC, 2005a. ABCC, 2005b; FAO et al., 2006).

Desta forma, a  $PPE_{Rep/Larv}$  foi considerada “insignificante”.

### **5.1.2 Estimativa da $PPE_{Eng}$**

A aplicação da árvore de cenário de exposição dos animais de viveiros de engorda (figura 9) demonstrou que esse grupo está vulnerável à exposição ao TSV.

<b>Aplicação de árvore de cenário para avaliação de exposição do grupo Eng ao TSV</b>	
<b>Questionamento</b>	<b>Avaliação</b>
A probabilidade de saída de pós-larvas (PL) infectadas das larviculturas/ berçários é insignificante?	Não
O perigo é inativado durante o transporte das PLs?	Não
A probabilidade de não inativação do perigo nas ações executadas na recepção das PLs é insignificante?	Não
Há manutenção da infectividade do perigo nas PLs após ingresso nos viveiros de engorda?	Sim
<b>Resultado</b>	<b>RISCO</b>

As PLs normalmente são transferidas dos tanques de larvicultura/berçário aos 15 dias de idade, início da fase em que são altamente susceptíveis à manifestação clínica da TS, caso estejam infectadas (BROCK, 1997). Por isso, é mais provável que manifestem sinais clínicos da doença somente nos tanques destinados aos viveiros de engorda.

Para o transporte das PLs, algumas práticas de manejo sanitário, tais como banhos com soluções de formalina, soluções de iodo, triflurarina (herbicida) ou indução de estresse por alteração de salinidade ou temperatura da água podem ser realizadas. Apesar deste tipo de manejo não ser capaz de inativar o TSV, é considerada uma prática relativamente eficaz em detectar animais infectados que poderão apresentar sinais de anormalidade (ABCC, 2005a. ABCC, 2005b).

Essa conduta diminui a chance de introdução de PL infectada nos tanques de engorda, pela detecção precoce ainda nos tanques berçário, e é adotada por muitas empresas importadoras de crustáceos, em conformidade com as recomendações de manejo sanitário e biossegurança publicadas pela Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC, 2005a. ABCC, 2005b), ratificadas por publicações técnicas (BROCK & BULLIS, 2001).

Por se tratar de vírus não envelopado e de estrutura simples, o TSV pode ser considerado bastante estável, sobretudo quando comparado a outros vírus com envelope lipídico como os WSSV e YHV (AUSTRALIA, 2006b). Sabe-se que ele é capaz de manter sua capacidade de infecção por até 48 horas na água (PRIOR & BROWDY, 2002). Assume-se, portanto, que uma PL infectada que sai do estabelecimento de larvicultura/berçário muito possivelmente manterá sua capacidade infectante no tanque de engorda e a replicação viral estará favorecida pelo estresse da transferência e entrada dos animais em um ambiente com características físico-químico-microbiológicas distintas daquele de procedência.

Os animais de viveiros de engorda são destinados a fazendas de camarão integradas que realizam somente a engorda dos animais, ou serão destinadas aos viveiros de engorda do próprio estabelecimento onde está localizada a unidade quarentenária (letras E e F da figura 7).

À recepção dos animais nos viveiros de engorda (letra F da figura 7), não é realizada nenhuma ação profilático-curativa capaz de inativar o TSV antes da entrada dos animais nos tanques. A única medida de manejo sanitário nesse momento é a rápida observação clínica dos animais (ABCC, 2005a. ABCC, 2005b). Como o transporte desses animais tem que ser realizado no menor tempo possível pelas restrições de oxigênio dissolvido na água, é pouco provável que haja alteração clínica visível durante esse período capaz de impedir o despejo das PLs infectadas nos tanques de engorda. O manejo dos animais de engorda é normalmente realizado pelos mesmos trabalhadores, e também é provável que haja contato entre animais de distintos tanques por meio de água, fômites, aves aquáticas e insetos voadores.

Os tanques tendem a ser separados pelas idades dos animais (ABCC, 2005a. ABCC, 2005b), mas não é exigência que os sistemas de água para os diferentes reservatórios sejam independentes (BRASIL, 2003; BRASIL, 2008b), apesar de alguns estabelecimentos adotarem esta precaução (ABCC, 2005a; ABCC, 2005b; FAO et al., 2006).

Assim, se não ocorrer detecção dos animais infectados nos tanques berçário, é provável que os animais que já estejam nos viveiros de engorda entrem em contato com o TSV, caso um lote de PLs infectadas seja introduzido em um desses tanques.

Desta forma, a  $PPE_{Eng}$  foi estimada como “moderada”.

### **5.1.3 Estimativa da $PPE_{Silv}$**

Da unidade quarentenária permanente/estabelecimento de reprodução até o viveiro de engorda, há a possibilidade de escape para o meio ambiente aquático silvestre de animais ou material contaminado com o perigo avaliado.

A fauna de crustáceos em vida silvestre no Brasil é ampla (SANTOS & COELHO, 2002; SANTOS et al. 2006; SOUZA, 2007), e apesar de o principal hospedeiro do TSV ser o *P. vannamei*, o vírus também se mostra infectante a outras espécies de camarões peneídeos, como *Penaeus schmitti* e *Penaeus monodon* (OIE, 2006), encontradas no Brasil.

Foram avaliadas as três possíveis rotas de exposição de animais silvestres ao TSV:

- 1) via animais vivos procedentes do quarentenário;
- 2) via resíduos do quarentenário;
- 3) via vetores mecânicos.

#### **5.1.3.1 Animal Vivo – rota de exposição da figura 10**

A aplicação da árvore de cenário de exposição dos animais silvestres via animais vivos importados (figura 10) demonstrou que esse grupo está vulnerável à exposição ao TSV por esta rota de exposição.

<b>Aplicação de árvore de cenário para avaliação de exposição do grupo Silv ao TSV via animal vivo</b>	
<b>Questionamento</b>	<b>Avaliação</b>
A probabilidade de descarte ou escape de animais infectados em cursos d'água é insignificante?	Não
O número de animais sobreviventes ao chegar ao final deste curso d'água é suficiente para possibilitar a formação de uma população auto-suficiente ?	Sim
Há crustáceos na região ou próximo?	Sim
Resultado	<b>RISCO</b>

A exposição de animais silvestres ao TSV via animais vivos infectados pode ocorrer de duas formas:

- 1) descarte de animais;
- 2) escape de animais.

O descarte intencional de animais indesejáveis ou doentes no ambiente aquático é uma prática mais comum para peixes ornamentais e pode ser considerada improvável para camarões importados. O motivo disso seria o controle mais rígido nos estabelecimentos quarentenários, na possibilidade de utilização dos camarões indesejáveis como alimento e da improbabilidade de existência de criadores de espécies de peneídeos importados para reprodução que utilizem os animais para ornamentação.

O escape de animais, por sua vez, ocorre de duas maneiras:

- 1) vandalismo;
- 2) falhas nos sistemas de isolamento do quarentenário.

Dois possíveis fatores de vandalismo a serem considerados seriam a ação de grupos urbanos e de movimentos sociais pela ocupação de terras ou ideologicamente contrários às pesquisas e ao cultivo de organismos geneticamente modificados. O distanciamento das propriedades de piscicultura em relação aos grandes centros urbanos as protegem de eventuais ações do primeiro grupo. Do mesmo modo, não foram encontrados registros de que fazendas de camarão seriam

alvos de manifestações do segundo grupo. Por isso, assume-se que o vandalismo seja uma forma improvável de escape de animais de aqüicultura.

Considera-se que as falhas nos sistemas de isolamento dos animais, que favorecem o escape, ocorrem por erro humano ou fatores ambientais graves como tempestades, inundações, maremotos etc.

Camarões peneídeos no Brasil são criados sob condições relativamente estáveis de temperatura, pH, salinidade e qualidade microbiológica e físico-química da água (ABCC, 2005a. ABCC, 2005b), e possivelmente não apresentam muita habilidade de adaptação a variáveis condições que serão encontradas em eventos de escape para o meio ambiente aquático nativo. No entanto, já foram obtidas amostras biológicas de ambiente estuarino contendo grande quantidade de *Penaeus vannamei*, sendo maior durante o período chuvoso, sugerindo o escape de espécimes de viveiros (SANTOS & COELHO, 2002).

Apesar de o microambiente dos viveiros ser controlado para promover o desenvolvimento dos camarões e, por isso, acreditar-se que no meio ambiente silvestre esses camarões não conseguiriam sobreviver, demonstrou-se que o *Penaeus vannamei* é capaz de realizar seu ciclo completo em ambiente natural, uma vez que foram capturadas fêmeas imaturas, em fase pré-adulta e em reprodução em locais compatíveis com esses estágios de vida. Além dos exemplares de *Penaeus vannamei*, já foram capturados indivíduos da espécie *Penaeus monodon*, espécie exótica que foi utilizada pela carcinicultura nordestina até o início da década de 1980 (SANTOS & COELHO, 2002) e considerada susceptível ao TSV, porém resistente ao desenvolvimento da doença clínica (CHANG et al., 2004). Há, também, registros semelhantes em outras localidades do Brasil (COELHO et al., 2001).

Considera-se que onde haja população nativa de peneídeos, há também animais aquáticos que a predam. Desta forma, assume-se que os *P. vannamei* que adentram os corpos d'água brasileiros farão parte da cadeia alimentar daquele ambiente específico onde já existem outras espécies de camarões peneídeos. Como as principais formas de transmissão do TSV são a horizontal, via contaminação de água, e a via oral por predação (inclusive de crustáceos onívoros) (HASSON et al., 1995; LIGHTNER, 1996), assume-se que a estimativa da possibilidade de transmissão do TSV pela primeira via é pouco precisa, por limitação da informação científica disponível, mas que a segunda via é uma possível rota de exposição dos

animais silvestres susceptíveis. Entretanto, como a maior parte da predação dos peneídeos não é realizada por outros crustáceos susceptíveis à TS (SANTOS & COELHO, 2002), é possível que a predação seja mais um elemento redutor da exposição ao perigo que propriamente uma rota importante desta exposição.

Desta forma, estima-se que a probabilidade de exposição de animais silvestres ao TSV por meio de animais vivos seja “moderada”.

### 5.1.3.2 Resíduos – rota de exposição da figura 11

A aplicação da árvore de cenário de exposição dos animais silvestres via resíduos infectados (figura 11) demonstrou que esse grupo está vulnerável à exposição ao TSV por esta rota de exposição.

<b>Aplicação de árvore de cenário para avaliação de exposição do grupo Silv ao TSV via resíduos</b>	
<b>Questionamento</b>	<b>Avaliação</b>
Resíduo gerado está contaminado?	Sim
Resíduo contaminado não é tratado ou é tratado ineficazmente?	Sim
Todo resíduo contaminado é despejado em rede de esgoto com tratamento capaz de inativar o perigo?	Não
O resíduo despejado ao chegar ao curso d'água mantém infectividade suficiente para infectar hospedeiros susceptíveis?	Sim
<b>Resultado</b>	<b>RISCO</b>

Apesar da exigência de tratamento para inativação dos patógenos de crustáceos para habilitação de quarentenários, conforme critérios estabelecidos pelo MAPA (BRASIL, 2003) e pelo órgão ambiental (BRASIL, 2005), é possível que haja desvio de resíduo sólido contaminado para algum corpo d'água ou que haja falha no sistema de tratamento dos resíduos líquidos (efluentes) que normalmente não são captados por rede de esgoto antes de sua destinação final. Essa probabilidade é

baixa, uma vez que o MAPA exige comprovação de licenciamento ambiental para habilitação de quarentenários (Luiz Felipe Carvalho, MAPA, comunicação pessoal) que é fornecido pelos órgãos ambientais por prazo limitado e há necessidade de comprovação do cumprimento das normas para sua prorrogação. As multas aplicadas em caso de descumprimento da legislação ambiental são significativas e configuram um fator desestimulador à sua inobservância (BRASIL, 2002; BRASIL, 2005). A existência de médico veterinário responsável técnico no estabelecimento, supervisão veterinária oficial e provável adoção dos princípios internacionais para a carcinicultura responsável (FAO et al., 2006), também diminuem a chance de destinação incorreta dos resíduos.

A definição acerca da manutenção da infectividade do TSV presente no resíduo despejado ao chegar ao corpo d'água é mais complicada e depende de fatores como a quantidade desse resíduo, algo não estimável.

Para julgar a possibilidade de transmissão horizontal de agentes infecciosos de camarões, são necessárias informações como dose infectante mínima e efeito da mesma em diluição, quando o perigo se propaga para um reservatório de água com maior quantidade de volume que aquele de onde se originou. Infelizmente, é muito limitada e pouco precisa a informação existente sobre esses fatores em crustáceos. Os poucos estudos existentes não são unânimes e foram todos realizados com peneídeos experimentalmente infectados. Por isso, considerou-se em um cenário pessimista que, se o resíduo infectado chegasse a um corpo d'água, a sua infectividade estaria mantida e haveria a possibilidade de infectar hospedeiros susceptíveis. Sabe-se que as partículas virais da maioria dos vírus de camarões peneídeos conseguem sobreviver em forma livre, fora do hospedeiro, por até três dias (LIGHTNER & REDMAN, 1998).

Em decorrência de todos os fatores citados, estima-se que a probabilidade de exposição de animais silvestres ao TSV por meio de resíduos seja “muito baixa”.

### **5.1.3.3 Vetores mecânicos – rota de exposição figura 12**

A aplicação da árvore de cenário de exposição dos animais silvestres via vetores mecânicos (figura 12) demonstrou que esse grupo está vulnerável à exposição ao TSV por esta rota de exposição.

<b>Aplicação de árvore de cenário para avaliação de exposição do grupo Silv ao TSV via vetores mecânicos</b>	
<b>Questionamento</b>	<b>Avaliação</b>
Há vetores na região onde se encontram os animais e seus resíduos contaminados?	Sim
A probabilidade de acesso desses vetores aos animais ou seus resíduos contaminados é insignificante?	Não
Há animais silvestres susceptíveis ao perigo na região de alcance dos vetores?	Sim
Há manutenção da infectividade do perigo no vetor para infectar os hospedeiros susceptíveis?	Sim
<b>Resultado</b>	<b>RISCO</b>

No Brasil, há relatos de aves aquáticas que se alimentam de camarões e seus resíduos e podem significar importante rota de exposição dos crustáceos silvestres ao TSV. Em Santa Catarina, já foram identificadas várias espécies que também ocorrem endemicamente em outras regiões do País, sendo as seguintes as de maior presença: fragata (*Fregata magnificens*), gaivota (*Larus dominicanus*), atobá (*Sula leucogaster*) e biguá (*Phalacrocorax brasilianus*) (BRANCO et al., 2006). A variedade entomológica de espécies aquáticas em regiões tropicais e subtropicais e a distribuição de insetos aquáticos e semi-aquáticos em todo o Brasil também evidenciam o papel destes animais como prováveis vetores de vírus de crustáceos.

O TSV tem sido encontrado em tecidos de um inseto aquático de distribuição mundial, conhecido como patinador ou percevejo d'água (*Trichocorixa reticulata*), com demonstração experimental de sua transmissão ao *P. vannamei* (LIGHTNER, 1995).

O acesso dos vetores aos animais moribundos nos tanques de engorda é facilitado na maior parte das vezes. A colocação de redes pode impedir o acesso das aves, mas não impossibilita a ação dos insetos. Apesar do pequeno raio de atuação destes animais (BRANCO et al., 2006), é altamente provável que eles

tenham acesso aos viveiros de camarões, normalmente localizados bem próximos ao litoral onde habitam, e possam ingerir animais ou seus restos contaminados com o TSV.

Conforme relatado, o TSV pode sobreviver nas fezes de aves aquáticas e manter seu potencial infectante (GARZA et al., 1997; VANPATTEN et al., 2004), o que sugere a transferência do perigo dos viveiros de engorda até o meio ambiente silvestre. No entanto, o efeito de diluição da dose infectante de TSV ao ingressar um corpo d'água natural e a baixa densidade de animais susceptíveis à TS na costa brasileira, quando comparado à densidade dos animais de cativeiro, reduzem o risco de exposição de animais silvestres ao perigo por meio de vetores.

Além disso, a uniformidade genética dos animais de cultivo e, portanto, o mesmo comportamento padrão frente a um perigo, não ocorrerá no ambiente silvestre, onde a variabilidade genética permite distintas resistências a um patógeno (KAUTSKY et al., 2000).

Desta forma, estima-se que a probabilidade de exposição de animais silvestres ao TSV por meio de vetores seja “moderada”.

Em suma, as seguintes variáveis foram atribuídas às diferentes rotas de exposição de animais silvestres:

- via animais vivos: “moderada”.
- via resíduos infectados: “muito baixa”.
- via vetores mecânicos: “moderada”.

Conforme definido na metodologia, o resultado é o pior cenário possível dentre as três rotas de exposição consideradas: assim, a probabilidade parcial de exposição de animais silvestres-  $PPE_{Silv}$ , foi estimada como “moderada”.

Os resultados da etapa 2 são resumidos na tabela abaixo:

<b>Avaliação de risco de introdução do TSV pela importação de PL de camarão dos EUA</b>	
<b>Etapa</b>	<b>Valor Estimado</b>
2	$PPE_{Rep/Larv} =$ INSIGNIFICANTE $PPE_{Eng} =$ MODERADA $PPE_{Silv} =$ MODERADA

## 5.2 Etapa 3: TSV

Em seguimento à metodologia desenvolvida, a fim de obter o valor da probabilidade parcial anual de entrada e exposição ao TSV no Brasil (PPAEE), foram combinados os resultados de PD (estimada como moderada) com os de probabilidade parcial de exposição (PPE) para cada grupo de exposição, com o auxílio da tabela 5 de combinação de variáveis qualitativas, e foram obtidos os seguintes valores:

		<b>Combinada com:</b>		<b>Resulta em:</b>	
<b>PD Moderada</b>		$PPE_{Rep/Larv}$	Insignificante	$PPAEE_{Rep/Larv}$	<i>INSIGNIFICANTE</i>
		$PPE_{Eng}$	Moderada	$PPAEE_{Eng}$	<i>MODERADA</i>
		$PPE_{Silv}$	Moderada	$PPAEE_{Silv}$	<i>MODERADA</i>

Os resultados da etapa 3 são resumidos na tabela abaixo:

<b>Avaliação de risco de introdução do TSV pela importação de PL de camarão dos EUA</b>	
<b>Etapa</b>	<b>Valor Estimado</b>
3	$PPAEE_{Rep/Larv}$ = INSIGNIFICANTE $PPAEE_{Eng}$ = MODERADA $PPAEE_{Silv}$ = MODERADA

## 6. Avaliação de consequência aplicada ao TSV

### 6.1 Etapa 4: TSV

A estimativa da probabilidade parcial de propagação e estabelecimento do TSV (PPPE) em todos os grupos de exposição depende de vários fatores, tais como susceptibilidade da espécie, predação de animais e suas partes infectadas, manejo das criações, alterações climáticas etc. A existência de muitos fatores relacionados ao hospedeiro, agente e ambiente necessários para que a infecção se torne doença, se propague e se estabeleça é um desafio para a previsão e estimativa da PPPE em

todos os grupos de exposição. Animais de cativeiro, mantidos em altas densidades, são muito mais susceptíveis à propagação de doenças que animais de vida silvestre. No entanto, as chances de estabelecimento das doenças nessas populações de cativeiro são muito menores que nas populações silvestres, em virtude do monitoramento dos animais de aquicultura. Doenças de caráter crônico tendem a ter propagação e estabelecimento em populações infectadas mais que doenças de caráter agudo, que são mais facilmente diagnosticadas e posteriormente tratadas ou erradicadas. No caso da TS, doença de caráter agudo em populações primo infectadas, a doença tende a se propagar nas populações susceptíveis com apresentação de manifestação clínica, mas podem ou não se estabelecer. O estabelecimento dependerá, entre outros fatores, da taxa de mortalidade, que define qual o tamanho da população cronicamente infectada que restará. Os animais convalescentes de episódios agudos são responsáveis pelo estabelecimento da doença em caráter crônico (LENOCH, 2004; LOTZ et al., 2005; OIE, 2006).

A mortalidade em *P. vannamei* de aquicultura ou silvestres expostos ao TSV varia de 50 a 90% (OVERSTREET et al., 1997), podendo ser reduzida a cerca de 10% para animais melhorados geneticamente para resistência ao vírus (ARGUE et al., 2002). Em estudo realizado com vírus da TS encontrado em 10 países de 3 diferentes continentes em um período de 11 anos, observou-se que a variedade de TSV de Belize é mais virulenta que a do grupo da América, representada pela variedade detectada no Havaí. A mortalidade da primeira é próxima a 100%, em estudos experimentais, contra 71 a 89% sob as mesmas condições (TANG & LIGHTNER, 2005). Outro fator que incide diretamente sobre a taxa de mortalidade é se o animal é resistente a patógeno específico para o TSV. A FAO publica em seus estudos disponíveis em seu sitio eletrônico informações acerca da utilização de *P. vannamei* e *P. stylirostris*, melhorados geneticamente para resistência à TS, no México e Equador e há registro de uso dessas linhagens de animais resistentes na Ásia (CHANG et al., 2004; NIELSON et al., 2005).

Sabe-se que alguns fornecedores de camarões SPF nos EUA comercializam animais considerados resistentes a patógenos específicos como a cepa 1 do TSV (BRIGGS et al., 2005). No entanto, não há como prever se todos os lotes importados dos EUA serão considerados resistentes a algum patógeno específico (Peter Merrill, APHIS/USDA, comunicação pessoal), uma vez que há correlação

genética negativa entre crescimento e resistência ao TSV em *P. vannamei* (ARGUE et al., 2002) e o importador pode optar pela aquisição de lotes considerados SPF à TS e melhorados geneticamente para ganho de peso e crescimento. Além disso, os lotes são considerados resistentes a apenas uma das três distintas cepas do TSV (BRIGGS et al., 2005) e não há garantias que não haverá mutações genéticas do RNA vírus da TS, considerado como de alta probabilidade de mutação, com aumento de sua virulência e da mortalidade dos animais (FLEGEL & FEAGAN, 2002).

Um dos principais fatores determinantes do aparecimento de sintomas clínicos e mortalidade em camarões infectados com o vírus da síndrome de Taura é a temperatura da água onde os animais são criados, fator diretamente relacionado ao metabolismo, consumo de oxigênio, crescimento, ecdise e sobrevivência. Foi demonstrado que *P. vannamei* expostos ao vírus da síndrome de Taura e criados em águas mais frias ( $27 \pm 1,5^\circ \text{C}$ ) apresentaram taxas de sobrevivência de 30%, enquanto que outros *P. vannamei* também expostos ao vírus e mantidos em condições de água morna ( $30 \pm 1^\circ \text{C}$ ) demonstraram taxa de sobrevivência de 85% (MONTGOMERY-BROCK et al., 2002). Em outro experimento, no qual foram infectados camarões da espécie *P. vannamei* SPF, foi obtido um índice de 90% de mortalidade até o quarto dia pós-infecção, com visualização de lesões por meio de histopatologia e confirmação por RT-PCR. Já os animais que sobreviveram à fase aguda da doença demonstraram a permanência do vírus (detectado por RT-PCR), porém com ausência de lesões histológicas (NUNAN et al., 1998b).

A importância dos fatores ambientais para a ocorrência da doença, antes mantida somente sob a forma de infecção, é muito grande. Além da redução da temperatura da água, vários outros fatores contribuem diretamente para o desequilíbrio ambiental que determina a ocorrência de doenças em aquicultura. Podem ser citados como exemplo a qualidade do solo dos viveiros (quantidade de cálcio, magnésio, alumínio, ferro e enxofre), qualidade físico-químico-microbiológica da água, salinidade dos afluentes, resíduos de inseticidas, medicamentos, vitaminas, imuno-estimulantes e produtos químicos utilizados no manejo sanitário e demais poluentes na água (amônia e outros), densidade de criação de animais e quantidade de oxigênio dissolvido na água (KAUTSKY et al., 2000).

No entanto, a previsibilidade de alterações nos parâmetros citados é um desafio, apesar do fato de que a maioria desses fatores pode ser controlada por meio de boas práticas de manejo em aquicultura, normalmente adotadas pelas empresas idôneas que produzem camarão marinho de cultivo. Não obstante, em criações comerciais de *P. vannamei*, a mortalidade acumulativa pode variar entre 40 a 90%, em populações com estágios de pós-larva, juvenil e sub-adulto (OIE, 2006).

Nesta etapa, foi definida uma única árvore de cenário (figura 13) para estimativa da PPPE do TSV para os 3 grupos de exposição, e foi determinado que todos eram susceptíveis à infecção ao TSV e suas possíveis conseqüências.

<b>Aplicação de árvore de cenário para estimativa da probabilidade de propagação e estabelecimento do TSV nos grupos de exposição</b>			
<b>Questionamento</b>	<b>Avaliação Grupo Rep/Larv</b>	<b>Avaliação Grupo Eng</b>	<b>Avaliação Grupo Silv</b>
O grupo exposto ao perigo é susceptível a ele?	Sim	Sim	Sim
A mortalidade esperada do grupo exposto ao perigo é próxima de 100%? (Chance de estabelecimento do perigo é próximo de zero?)	Não	Não	Não
A chance do grupo exposto ao perigo o transmitir a demais animais susceptíveis é insignificante? (Chance de propagação do perigo é próxima de zero?)	Não	Não	Não
<b>Resultado</b>	<b>RISCO</b>	<b>RISCO</b>	<b>RISCO</b>

### **6.1.1 Estimativa da PPPE<sub>Rep/Larv</sub>**

O grupo de exposição Rep/Larv é considerado susceptível ao TSV a partir de PL 12 (pós-larva de 12 dias de idade) (BROCK, 1997). Normalmente, a partir de PL 15, os animais são transferidos para os viveiros de engorda ou unidades intermediárias. Se expostos ao TSV até essa fase pré-transferência, é possível que haja manifestação clínica dos animais com alta mortalidade.

Como os animais estão sob supervisão de médico veterinário responsável técnico e do serviço veterinário oficial (BRASIL, 2003; BRASIL, 2008b), neste caso, eles serão investigados, muito possivelmente diagnosticados positivos para a TS e sacrificados antes do estabelecimento do vírus por animais infectados transferidos aos viveiros de engorda. Há ainda uma grande probabilidade de os animais serem jovens demais para serem susceptíveis ao TSV e manifestarem clinicamente a TS (OIE, 2006), o que diminui a chance de propagação e estabelecimento do TSV. Apesar da chance de ocorrência de um foco índice, é mais provável que o perigo não se estabeleça (cenário de possibilidade 1 descrito na etapa 4).

Desta forma, estima-se que a probabilidade de propagação e estabelecimento do TSV em animais de reprodução, larvicultura e berçário seja “baixa”.

#### **6.1.2 Estimativa da PPPE<sub>Eng</sub>**

O grupo de exposição Eng é considerado altamente susceptível ao TSV, sobretudo na fase inicial de pós-larva e os animais desse grupo são mais susceptíveis ao estresse ambiental pelo manejo da criação que exige a troca de tanques e aumento da densidade de animais cultivados. Se a exposição ao TSV culminar em doença nessa fase, possivelmente ocorrerá mortalidade alta, cerca de 2-7 semanas após destinação dos animais a tanques de engorda (BROCK, 1997; HASSON et al., 199b), que não passará despercebida e provavelmente resultará em processo de propagação do TSV por todo o reservatório de água comum. Nesse caso, assume-se que haverá a propagação da doença, mas seu estabelecimento possivelmente não ocorrerá em virtude da sua precoce detecção.

Entretanto, é possível que não haja manifestação clínica evidente da doença, caso não haja condições ambientais necessárias e houver predação rápida dos animais em replicação viral por aves ou retirada dos animais moribundos dos tanques por tratadores, o que reduz a transmissão horizontal do TSV (LENOCH, 2004; LOTZ et al., 2005; OIE, 2006). Desta forma, se os animais estiverem em idade mais avançada ao início da manifestação clínica da TS ou fizerem parte de linhagens consideradas resistentes à cepa ou às cepas de TSV presentes, a propagação e estabelecimento da doença podem ser limitados (ARGUE et al., 2002; XU et al., 2003; ERICKSON et al., 2005).

Assim, há chances iguais de ocorrência de duas possibilidades:

- 1) aparecimento de um foco índice de TS nos animais de viveiro de engorda com propagação aos demais crustáceos de aquicultura susceptíveis, sem contudo haver o estabelecimento do TSV nestes animais e nos de vida silvestres, caso haja exposição desses últimos (cenário de possibilidade 1 descrito na etapa 4);
- 2) propagação e estabelecimento do TSV nos animais susceptíveis de aquicultura e em todo o limite geográfico natural da população silvestre susceptível, caso haja exposição dessa última (cenário de possibilidade 2 descrito na etapa 4);

Desta forma, estima-se que a probabilidade de propagação e estabelecimento do TSV em animais de engorda seja “moderada”.

### **6.1.3 Estimativa da PPPE<sub>Silv</sub>**

Os crustáceos da fauna silvestre brasileira são susceptíveis ao TSV. A espécie de camarão peneídeo mais sensível à TS é o *P. vannamei*, com mortalidade acumulada de 50-90% em aquicultura ou no ambiente silvestre (BROCK et al., 1995; OVERSTREET et al., 1997). As conseqüências do TSV exótico e suas variantes mutantes em crustáceos nativos ainda são desconhecidas. Entretanto, infecções experimentais sugerem que os efeitos do TSV no *P. vannamei* são muito mais sérios que no *Penaeus monodon* (SRISUVAN et al., 2005).

Alguns microorganismos que representam problemas sanitários em aquicultura podem não ser patogênicos sob circunstâncias ambientais normais para espécies nativas. Alguns fatores estão associados à ocorrência de doenças no meio ambiente silvestre, além da introdução de espécies e seus produtos infectados no ambiente aquático nativo. São elas: aumento populacional e degradação do meio ambiente marinho, elevação da densidade de animais, alterações climáticas e mudanças na distribuição de hospedeiros em virtude de atividades humanas e contato com animais terrestres (BARTLEY et al., 2006). No entanto, há escassez de informação científica que suporte a hipótese de que mudanças ambientais induzam modificações no sistema imunológico de crustáceos marinhos de vida livre, aumentando, assim, a susceptibilidade desses animais a agentes de doenças infecciosas.

Possivelmente, a poluição das águas marinhas costeiras é o fator ambiental mais importante na redução da resposta imune de crustáceos silvestres (LE MOULLAC & HAFFNER, 2000). No Brasil, a costa marinha tende a apresentar níveis significativos de poluição majoritariamente no litoral de grandes cidades e pólos de turismo, ou locais de portos de grande movimentação (MARINS et al., 2004); enquanto que os estabelecimentos de carcinicultura nacional, em geral, estão afastados destas localidades.

Apesar da necessidade de consideração da propagação de doenças de animais aquáticos para animais nativos no meio ambiente, informações sobre focos de doenças em populações silvestres freqüentemente não estão disponíveis ou são de uso limitado, se originadas de outro ecossistema (PEELER et. al., 2007). No entanto, há registros de PL infectadas com TSV próximos a fazendas de camarões com surtos epidêmicos de TS nas Américas (LIGHTNER et al., 1995) e na Ásia (CHANG et al., 2004), mas sem apresentação de um impacto perceptível em populações silvestres de camarões (BROCK, 1997; CHANG et al. 2004). O registro de doenças em animais silvestres está extremamente associado à expressão de sintomas clínicos óbvios, o que normalmente não ocorre com animais infectados com o TSV. No ambiente silvestre, animais acometidos tendem a ser ingeridos por predadores não susceptíveis às doenças que os acometem, o que possibilita ainda mais a mascarar a ocorrência de doença no ecossistema. Os hospedeiros em ambiente silvestre do TSV são mais limitados que os do WSSV, e a manifestação clínica da doença causada por este último é bem mais freqüente que no caso de infecção por TSV em animais de aquicultura e de vida livre (AUSTRALIA, 2006b).

Assim, assume-se que as chances de estabelecimento da TSV no meio ambiente silvestre não são muito grandes, e, uma vez estabelecida, a probabilidade de propagação é menor em decorrência da menor densidade de animais susceptíveis, quando comparado a animais de cativeiro.

Apesar da chance de ocorrência de um foco índice, é mais provável que o perigo não se estabeleça (cenário de possibilidade 1 descrito na etapa 4). Desta forma, estima-se que a probabilidade de propagação e estabelecimento do TSV em animais silvestres seja “baixa”.

Os resultados da etapa 4 são resumidos na tabela abaixo:

Avaliação de risco de introdução do TSV pela importação de PL de camarão dos EUA	
Etapa	Valor Estimado
4	PPPE <sub>Rep/Larv</sub> = BAIXA PPPE <sub>Eng</sub> = MODERADA PPPE <sub>Silv</sub> = BAIXA

## 6.2 Etapa 5: TSV

### 6.2.1 Grupo 1 de impactos

Os seguintes efeitos adversos da introdução do TSV no Brasil formam este grupo de impactos:

Grupo 1 de impactos	
Efeitos adversos listados:	
➤	Conseqüência à produção de animais aquáticos de cativeiro;
➤	Conseqüências à pesca e extrativismo de animais de fauna silvestre susceptíveis ao TSV;
➤	Implicação direta ao meio ambiente (incluindo a vida e saúde de animais silvestres nativos e efeitos diretos nos recursos naturais);
➤	Perda de bem-estar animal por estresse, sofrimento e mortalidade decorrentes de doenças;
➤	Efeitos indiretos ao meio ambiente (incluindo espécies em extinção e danos à biodiversidade e à integridade dos ecossistemas).

Independentemente da mortalidade observada, em caso de diagnóstico confirmatório de síndrome de Taura, considerada hoje exótica no Brasil, faz-se necessária a erradicação da doença da fazenda por meio de despesca total dos tanques cuja amostra de camarões se mostrou contaminada e uma desinfecção em toda a unidade produtiva ou parte dela (BRASIL, 2003). Apesar de não haver plano nacional de contingência para TSV do MAPA e em nível regional, pelo serviço veterinário estadual, muito possivelmente essa será a conduta adota pelo serviço veterinário oficial dos pólos de produção que possuem núcleos de maturação e reprodução de *P. vannamei*, já que essas regiões são fornecedoras de animais para

a engorda e têm uma preocupação em gerar animais saudáveis como forma de sobrevivência em meio à competição comercial de venda desses animais. Por se tratar de doença exótica, todos os esforços serão realizados como forma de erradicá-la a tempo de retomar a condição sanitária anterior e não possibilitar que a TSV se torne endêmica (José Barros Neto, MAPA, comunicação pessoal).

Diagnóstico, interdição, sacrifício e saneamento também foram as ações tomadas em 2007 no Havaí, Estados Unidos, quando foi detectado o vírus em uma amostra de camarões da fazenda Ming Dynasty Fish and Shrimp Company. O Departamento de Agricultura do Havaí (HDOA) determinou a quarentena do estabelecimento, tornando proibidas a entrada e a saída de quaisquer lotes de camarão. Outras medidas foram o esvaziamento do tanque de criação dos espécimes acometidos e posterior desinfecção, com manutenção de vazio sanitário por 30 dias (HDOA, 2007; OIE, 2008b).

De acordo com a legislação do MAPA, estabelecimentos com ocorrência de TSV devem ser interditados, e os animais ali acometidos, assim como os animais do próximo ciclo de produção de crustáceos, somente poderão obter autorização de trânsito quando destinados diretamente a abatedouro sob inspeção oficial. Se a propriedade acometida for um núcleo de maturação e reprodução de *P. vannamei*, o impacto seria maior pela proibição de ao menos dois ciclos de produção (o atual e o seguinte) da venda de animais a outros estabelecimentos (BRASIL, 2003; BRASIL, 2008b). Assim, o impacto econômico no pólo 1 seria inferior ao observado nos demais.

Se o TSV se estabelecer em hospedeiros silvestres susceptíveis, é muito provável que a sua erradicação seja tecnicamente impossível.

Alguns dos fatores inerentes ao risco da atividade de aquicultura, como, por exemplo, eutrofização de corpos d'água, uso de quimioterápicos, introdução de espécies não nativas, conflitos de uso de áreas e seus recursos e impactos na população de predadores da espécie cultivada (TLUSTY, 2002), podem ser amplificados pela presença de doença. É possível que haja acréscimo no uso de antibióticos e na eutrofização de corpos hídricos com a existência de doenças no sistema de criação, porque há uma tendência ao tratamento ou profilaxia dos lotes de animais por agentes químicos e suplementos de macro e micro-minerais supostamente nutracêuticos.

Como efeito indireto ao meio ambiente, pode-se citar o despejo de resíduos em corpos d'água, resultante da utilização de medicamentos e produtos químicos no tratamento de doenças secundárias nos camarões acometidos pela TS, dificilmente neutralizados por tratamentos convencionais de efluentes. A ocorrência dessas doenças secundárias, associada a possíveis manifestações clínicas de TS, como necrose epitelial, natação atáxica, letargia e anorexia (LIGHTNER et al., 1995) são indicativos de perda de bem-estar animal.

O escape de animais aquáticos de aquicultura para o ambiente silvestre, infectados ou não com o TSV, pode significar uma ameaça biológica às espécies nativas em virtude da competição de recursos naturais, diluição genética das espécies nativas e alterações no habitat e fauna. A documentação de casos semelhantes é pequena e sua previsibilidade é tarefa difícil (TLUSTY, 2002).

A atividade carcinicultora nacional, sobretudo no Nordeste, é acusada de ter se desenvolvido à margem da responsabilidade socioambiental, de ser altamente impactante ao meio ambiente nos moldes em que foi implementada, gerar desemprego aos pescadores artesanais e não cumprir com a legislação ambiental e trabalhista (BATISTA & TUPINAMBÁ, 2003; MADRID, 2005). Se esses argumentos estiverem corretos, o agravamento do desequilíbrio ecológico gerado pela introdução de doenças exóticas pode ser o fator catalisador do fim da relação entre o desenvolvimento insustentável da carcinicultura nacional, sobretudo a nordestina, e o fino equilíbrio da dinâmica populacional da fauna susceptível ao TSV.

Os efeitos do escape de *P. vannamei* sobre a fauna nativa de crustáceos e a biodiversidade não estão completamente esclarecidos. O deslocamento de espécies silvestres por competição, hibridização e transferência de patógenos exóticos como o TSV são fatores de maior preocupação. O problema de competição por alimentos somente existiria, em tese, em áreas degradadas ou contaminadas pela ação humana. A chance de estabelecimento de populações nativas e de escape de cativeiro nesses locais já é reduzida (SRISUVAN et al., 2005). Do contrário, a costa brasileira representa, de forma geral, uma área de abundância de substrato para as espécies aquáticas que nela convivem (SANTOS & COELHO, 2002; SANTOS et al, 2006; SOUZA, 2007).

As exigências físico-químicas e microbiológicas de água para as espécies de penéides, sobretudo de água de baixa salinidade para a reprodução, sugerem que

se houvesse a formação de uma população asselvajada pós-escape de quarentenário, ela estaria limitada a uma pequena área, possivelmente um único estuário, o que não geraria possivelmente impactos ecológicos muito significativos. (BONDAD-REANTASO et al., 2005). O termo estuário é definido como embocadura larga de um rio, sensível aos efeitos das marés; braço do mar que se forma pela desembocadura de um rio.

Doenças altamente patogênicas apresentam em geral baixa prevalência, enquanto doenças que não afetam significativamente os animais e a saúde dos animais acometidos tendem a apresentar alta prevalência. A rara ocorrência de uma determinada doença em populações silvestres e seu menor risco de difusão devem ser considerados como desafios à sua detecção em programas padrões de monitoramento de doenças (MC VICAR, 2000).

Com base nos argumentos expostos, estima-se que os efeitos adversos do grupo 1 de impactos sejam classificados como de “baixa importância” para o pólo 1 e “significativo” aos demais pólos de produção de *P. vannamei*.

### 6.2.2 Grupo 2 de impactos

Os seguintes efeitos adversos da introdução do TSV no Brasil formam este grupo de impactos:

<b>Grupo 2 de impactos</b>	
Efeitos adversos listados:	
▼	Gastos públicos e privados em estratégias ou programas de erradicação, controle, vigilância da TS;
▼	Gastos totais com monitoramento de doença e indenização aos produtores acometidos.

Conforme citado, as perdas econômicas advindas da ocorrência de doenças na carcinicultura são consideradas a consequência mais grave da introdução de doenças exóticas em um país. A TS é uma doença que não apresenta tratamento possível até o momento e, dependendo da mortalidade que ocasione, os prejuízos econômicos podem ser imensos. Estimou-se que somente a TS tenha causado um

prejuízo superior a 1,3 bilhão de dólares nos primeiros três anos após sua introdução na América Latina, apenas em perdas diretas como mortalidade dos camarões afetados (LIGHTNER, 1999) e, em um período de 10 anos, entre sua data de aparição em 1991/1992 e 2001, tenha sido responsável por um prejuízo entre 1 e 2 bilhões de dólares nas Américas (LIGHTNER, 2003).

No Brasil não há previsão de valores para tal ocorrência, mas sabe-se que os prejuízos advindos do WSSV, somente em Santa Catarina, atingiram os R\$ 6 milhões em virtude da presença da doença em 1400 dos 1600 viveiros de camarões existentes em 2005, à época da deflagração do foco da doença (SEIFFERT et al., 2006).

Atualmente, os carcinicultores nordestinos conseguem finalizar cerca de 3 ciclos de produção de *P. vannamei* por ano. Na possibilidade de ocorrência de TS e decisão de convivência com a doença, caso esta se torne endêmica, os prejuízos serão grandes pela necessidade de redução da densidade de animais por tanque e pela possível diminuição do número de ciclos de produção/ano decorrente da menor rendimento zootécnico de animais cronicamente infectados. Nesse caso, deverá ser observado um rigoroso manejo na carcinicultura de forma a garantir correta nutrição, adequada ambiência e evitar estresse para ajudar a minimizar ou excluir os efeitos da presença de patógenos na propriedade aquícola (LAWRANCE et al., 2005). O controle da temperatura dos tanques, sempre acima de 30°C, é ferramenta eficaz para evitar o crescimento dos principais vírus de relevância em carcinicultura e deve ser feito com a adoção de práticas como cobertura dos tanques e interrupção da atividade durante os meses mais frios do ano em regiões não tropicais (MONTGOMERY-BROCK et al., 2007), caso do pólo de produção 2 e parte do pólo de produção 1.

Em relação a fundos indenizatórios, atualmente não há nada previsto no Brasil para a carcinicultura, nem por parte do governo, nem por parte dos produtores (ABCC, 2008). No entanto, há a possibilidade de financiamento da atividade após crises. A política de fomento à aquíicultura, por meio de recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), está prevista dentro do Plano Agrícola e Pecuário 2007/2008 da Secretaria de Política Agrícola do MAPA, de acesso público no endereço eletrônico da instituição - [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br). Desta forma, obtenção de crédito e financiamento da carcinicultura, após ocorrência de

doença de declaração obrigatória, não parece ser fator problemático e pode ser obtido no Banco do Brasil e no Banco do Nordeste. Este último mantém programas de crédito específicos para a carcinicultura por meio de políticas desenvolvidas pela Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca. Alguns estados, como Santa Catarina, possuem programas de fomento de aqüicultura de camarões em parceria com a União.

O impacto econômico para o governo estadual e federal e para os criadores é grande em decorrência da mortalidade dos animais e gastos com o controle ou erradicação do TSV, de forma semelhante nos pólos de produção 2, 3, 4 e 5 e, em menor magnitude, no pólo 1, pela menor produção de peneídeo de cultivo por ano.

Com base nos argumentos expostos, estima-se que os efeitos adversos do grupo 2 de impactos sejam classificados como “baixa importância” para o pólo 1 e “significativo” para os demais pólos de produção de *P. vannamei*.

### 6.2.3 Grupo 3 de impactos

Os seguintes efeitos adversos da introdução do TSV no Brasil formam este grupo de impactos:

<b>Grupo 3 de impactos</b>	
Efeitos adversos listados:	
➤	Efeitos sobre o comércio nacional ou indústria (incluindo mudanças na demanda de mercado);
➤	Efeitos em outras indústrias fornecedoras ou compradoras de insumos das indústrias diretamente afetadas;
➤	Decorrência sobre o comércio internacional, incluindo perdas de mercado por restrição sanitária, necessidade de adoção de novas medidas técnicas para entrar ou manter mercados e mudanças na demanda de consumo internacional.

Atualmente, a produção de camarões de cultivo está destinada principalmente à exportação, e são exigidas garantias relativas à segurança alimentar, no que diz respeito às doenças transmitidas por alimentos e a resíduos e contaminantes (ABCC, 2008).

Considerando que a TS consta na lista de doenças de notificação imediata da OIE (OIE, 2008a), o pólo de produção acometido poderia ter comércio internacional de animais vivos interrompido temporariamente.

No entanto, não há atualmente nenhuma exigência de cunho zoossanitário para a exportação dos camarões (Gabriel Torres, MAPA, comunicação pessoal), e o impacto da ocorrência de doenças de crustáceos sobre o comércio exterior possivelmente inexistem. Exemplo disso é a manutenção, sob iguais condições, de todos os mercados importadores de crustáceos brasileiros após as notificações à OIE de WSSV em 2005 e de IMNV em 2008 (OIE, 2007b), e a falta de registro de notificação à OMC de algum embargo por parte dos países importadores de produtos de crustáceos brasileiros de áreas afetadas por doenças de camarão.

Apesar de publicação da UE de normativa específica sobre animais aquáticos (UNIÃO EUROPÉIA, 2006), com previsão tácita de exigência em sanidade dos animais, é improvável que haja perda de competitividade comercial e mercadológica do produto, uma vez que o Brasil não exporta genética de crustáceos, mas seu produto acabado para consumo humano (Luiz Felipe Carvalho, MAPA, comunicação pessoal).

O mesmo comportamento é observado para o mercado nacional do produto. Atualmente, o único impacto previsível para o comércio de *P. vannamei* seria a recusa do consumidor, em caso de manutenção de manchas em carapaças decorrentes da expansão dos cromatóforos dos animais durante o processo infeccioso. Essas manchas tendem a desaparecer nas ecdises posteriores (FLEGEL, 2006) e, se não desaparecem, o descarte da carapaça e venda do produto descascado, inclusive com valor agregado, é a solução comercial prevista.

Como forma de tentativa de redução das possíveis restrições de comércio advindas da ocorrência de doenças, quando sua erradicação no país ou zona é improvável em curto prazo, ou em situações onde há envolvimento de vetores ou animais de fauna silvestre infectados, a aplicação do conceito de compartimentação em aquicultura pode ser benéfica (ZEPEDA et al., 2008). Apesar de ser uma área relativamente nova, especialmente para animais aquáticos, e de apresentar algumas limitações, é extremamente presumível que o serviço veterinário oficial garanta a aplicação das medidas de biossegurança necessárias para a criação de compartimentos de produção de animais aquáticos em sistemas fechados ou semi-

fechados livres de TSV. Desta forma, qualquer provável efeito adverso na forma de embargo comercial por ocorrência de doença tende a ser minimizado (José Barros Neto, MAPA, comunicação pessoal). Embora o reconhecimento de compartimentos livres de patógenos seja a tendência mundial para a certificação com fins ao comércio internacional (ZEPEDA et al., 2008), e não haver ainda no País esse tipo de certificação implementada, a carcinicultura brasileira já aplica esses conceitos na prática. Resta apenas o reconhecimento oficial por meio de legislação específica de regulamentação com previsão de auditoria dos compartimentos (José Barros Neto, MAPA, comunicação pessoal).

Com base nos argumentos expostos, estima-se que os efeitos adversos do grupo 3 de impactos sejam classificados como de “improvável detecção” para todos os pólos de produção de *P. vannamei*.

#### 6.2.4 Grupo 4 de impactos

Os seguintes efeitos adversos da introdução do TSV no Brasil formam este grupo de impactos:

<b>Grupo 4 de impactos</b>	
Efeitos adversos listados:	
➤	Efeito direto na população por danos à saúde resultante de perigos zoonóticos do TSV;
➤	Efeitos indiretos na comunidade, incluindo redução do turismo, diminuição do potencial econômico regional e rural, desemprego, perda de bem-estar social (dano psicológico, perda da capacidade de empreendimento);
➤	Qualquer outro efeito deletério das medidas de controle da doença.

A TS, assim como os demais vírus de camarões peneídeos, não apresenta potencial zoonótico (PANTOJA et al., 2004). Desta forma, o impacto da doença sobre a saúde humana é desprezível e não se espera redução de turismo em regiões acometidas pela TS, uma vez que não há essa percepção de risco na população.

Estima-se que a cadeia produtiva do camarão cultivado, constituída de núcleos de maturação e reprodução de *P. vannamei*, fazendas de engorda e centros de processamento, gera entre 0,2 a 1,89 emprego direto por hectare de viveiro em produção e 1,86 emprego indireto por hectare, somando um total de 3,75 empregos diretos e indiretos por hectare. São valores considerados bons para atividade primária no Brasil (SAMPAIO & COUTO, 2003). Os dados de geração de emprego direto apresentam valores bem inferiores, variando de 0,2 a 0,7 emprego por hectare (BATISTA & TUPINAMBÁ, 2003). De qualquer forma, considerando que a maioria das fazendas brasileiras de camarão são pequenas- com até 10 hectares (MADRID, 2005)- e que há sazonalidade na demanda de mão-de-obra nessa atividade, cujo pico de empregos gerados ocorre nos períodos de despesca, e que propriedades acometidas por doenças tendem a buscar soluções alternativas de espécies de cultivo, diminuindo a densidade de produção e adotando outras medidas para evitar interrupção de cultivo de animais (LAWRANCE et al., 2005), é improvável que a ocorrência de TS cause conseqüências sociais muito significativas.

Especula-se inclusive que a ausência da atividade poderia ser mais benéfica que sua presença para as populações costeiras e ribeirinhas e todos aqueles que exercem a coleta ou pesca de marisco. Credita-se à carcinicultura ecologicamente não sustentável a responsabilidade pela degradação de manguezais e impactos negativos sob as atividades de extrativismo de animais aquáticos exercidos pela população local, que, argumenta-se, é numericamente maior que aquela empregada pela carcinicultura (BATISTA & TUPINAMBÁ, 2003). Essa discussão é embasada por questões como as conseqüências ecológicas da conversão de ecossistemas naturais, tal qual os manguezais para a construção de viveiros de camarão, os efeitos da salinização de lençóis freáticos e terras agricultáveis, a poluição de águas costeiras devido aos efluentes dos viveiros, conflitos sociais em algumas regiões costeiras, além de aspectos de biodiversidade relacionados à coleta de reprodutores e de pós-larvas no ambiente. A sustentabilidade da carcinicultura é questionada pelo seu potencial de auto-poluição em áreas de cultivo de camarão, associada à introdução de patógenos, resultando em grandes surtos de doenças, e por perdas econômicas significativas nos países produtores. (FAO et al., 2006). A cadeia produtiva de camarão rebate qualquer conclusão perniciosa ao meio-ambiente e ao desenvolvimento sustentável das regiões produtoras e publica códigos de conduta e

boas práticas de manejo para carcinicultura ambientalmente sustentável, além de manuais de gestão de qualidade, rastreabilidade e biossegurança na fazenda (ABCC, 2005a; ABCC, 2005b; ABCC, 2006).

Além disso, a tilapicultura e o policultivo de camarão com outras espécies se mostraram como alternativa economicamente viável para aqueles produtores de camarão no Brasil e Equador que são obrigados a realizarem a despesca como forma de combater doenças, desistem da atividade carcinicultora ou têm que continuar produzindo camarões com a presença de patógenos (MELLO & FARIAS, 2007; PETERSON, 2007).

Portanto, o impacto sob a forma de destituição de empregos formais ou impactos com o fim da criação de camarões de cultivo marinho por ocorrência de doença pode ser considerado baixo.

Em relação ao turismo, o efeito adverso ocasionado pela ocorrência de doenças de animais aquáticos de cultivo não é expressivo, dado que o turismo técnico, científico, de negócios ou de lazer relacionado à aqüicultura ainda é muito incipiente no Brasil (ANDRADE, 2007).

Com base nos argumentos expostos, estima-se que os efeitos adversos do grupo 4 de impactos sejam classificados como de “baixa importância” para todos os pólos de produção de *P. vannamei*.

Em suma, foram estimados os seguintes valores para os cinco pólos de produção de camarão marinho de cultivo ao se analisar cada um dos quatros grupos de impactos:

	<b>Pólo 1</b>	<b>Pólo 2</b>	<b>Pólo 3</b>	<b>Pólo 4</b>	<b>Pólo 5</b>
<b>Grupo 1 de Impactos</b>	Baixa Importância	Significativo	Significativo	Significativo	Significativo
<b>Grupo 2 de Impactos</b>	Baixa Importância	Significativo	Significativo	Significativo	Significativo
<b>Grupo 3 de Impactos</b>	Improvável Detecção				
<b>Grupo 4 de Impactos</b>	Baixa Importância				

## 6.2.5 Obtenção de impacto geral da ocorrência de TSV

Para obtenção de um resultado único de impacto em escala nacional para cada grupo de impacto, os resultados estimados para cada pólo de produção foram combinados conforme previsto no diagrama da figura 20.

Observou-se que as seguintes opções atenderam à combinação das 4 variáveis estimadas para cada um dos 4 grupos de impactos:

- Grupo 1 de impactos: opção n° 3 do diagrama da figura 20 (“significativo”);
- Grupo 2 de impactos: opção n° 3 do diagrama da figura 20 (“significativo”);
- Grupo 3 de impactos: opção n° 7 do diagrama da figura 20 (“improvável detecção”);
- Grupo 4 de impactos: opção n° 6 do diagrama da figura 20 (“baixa importância”).

Desta forma, os resultados obtidos são os seguintes:

<b>Grupo 1 de Impactos</b>	<b>Grupo 2 de Impactos</b>	<b>Grupo 3 de Impactos</b>	<b>Grupo 4 de Impactos</b>
<i>Significativo</i>	<i>Significativo</i>	<i>Improvável Detecção</i>	<i>Baixa Importância</i>

Para obtenção de um único impacto, denominado impacto geral, os quatro resultados acima obtidos foram analisados, segundo regras estabelecidas na matriz de regras para obtenção de valor único da etapa 5 (figura 21). A combinação dos resultados obtidos (significativo, significativo, improvável detecção e baixa importância) por grupos de impactos resultou em valor de impacto geral estimado como “alto”. No caso, foi aplicada a segunda opção da matriz de regras da figura 21.

O resultados da etapa 5 é resumido na tabela seguinte:

Avaliação de risco de introdução do TSV pela importação de PL de camarão dos EUA	
Etapa	Valor Estimado
5	Impacto Geral = ALTO

### 6.3 Etapa 6: TSV

Conforme previsto na metodologia desta etapa, foram combinados os valores obtidos de probabilidade parcial de propagação e estabelecimento (PPPE) para os três grupos de exposição com o valor estimado do impacto geral (alto) com o auxílio da matriz da tabela 5, e foram obtidos os seguintes valores para provável consequência de cada grupo (Rep/Larv, Eng, Silv):

		Combinado com:		Resulta em Provável Conseqüência:
<b>Impacto Geral Alto</b>	PPPE <sub>Rep/Larv</sub>	Baixa		<i>MODERADA</i>
	PPPE <sub>Eng</sub>	Moderada		<i>MODERADA</i>
	PPPE <sub>Silv</sub>	Baixa		<i>MODERADA</i>

Para obtenção de uma única provável consequência, denominada provável consequência geral, os 3 resultados acima obtidos foram analisados em conformidade com a matriz de regras para obtenção de valor único da etapa 6 (figura 22). A combinação dos resultados obtidos (moderada, moderada, moderada) de provável consequência de cada grupo de exposição (Rep/Larv, Eng, Silv) resultou em valor de provável consequência geral estimado como “alta”. No caso, foi aplicada a quinta opção da matriz de regras da figura 22.

O resultado da etapa 6 é resumido na tabela seguinte:

Avaliação de Risco de introdução do TSV pela importação de PL de camarão dos EUA	
Etapa	Valor Estimado
6	Provável Conseqüência Geral = ALTA

## 7. Estimativa de Risco aplicada ao TSV

### 7.1 Etapa 7: TSV

Conforme previsto na metodologia desta etapa, foram combinados os valores obtidos de probabilidade parcial anual de entrada e exposição (PPAEE) para os três grupos de exposição, obtidos na etapa 3 da avaliação de difusão, com o valor estimado da provável conseqüência geral (alta) com o auxílio da matriz da tabela 5, e foram obtidos os seguintes valores para risco anual parcial (RAP) de cada grupo (Rep/Larv, Eng, Silv):

	Combinada com:	Resulta em Risco Anual Parcial:	
<b>Provável Conseqüência Geral Alta</b>	PPAEE <sub>Rep/Larv</sub>	Insignificante	<i>INSIGNIFICANTE</i>
	PPAEE <sub>Eng</sub>	Moderada	<i>MODERADO</i>
	PPAEE <sub>Silv</sub>	Moderada	<i>MODERADO</i>

Os resultados da etapa 7 são resumidos na tabela abaixo:

Avaliação de risco de introdução do TSV pela importação de PL de camarão dos EUA	
Etapa	Valor Estimado
7	RAP <sub>Rep/Larv</sub> = INSIGNIFICANTE RAP <sub>Eng</sub> = MODERADO RAP <sub>Silv</sub> = MODERADO

## 7.2 Etapa 8: TSV e resultado final da avaliação de risco

Para obtenção de um único risco, denominado risco anual geral, os 3 resultados obtidos na etapa 7 foram analisados em conformidade com a matriz de regras para obtenção de valor único da etapa 8 (figura 23). A combinação dos resultados obtidos (insignificante, moderada, moderada) de risco anual parcial de cada grupo de exposição (Rep/Larv, Eng, Silv) resultou em valor de risco anual geral estimado como “moderado”. No caso, foi aplicada a sexta opção da matriz de regras da figura 23.

Desta forma, o resultado final da avaliação de risco de introdução de TS pela importação de pós-larva de camarão dos EUA foi estimado como “moderado”. Ou seja, a possibilidade de ocorrência de efeitos adversos causados pelo TSV introduzido no Brasil pela importação de pós-larvas de *Penaeus vannamei* dos EUA e a magnitude de suas conseqüências foram estimados em “moderado”.

Os resultados de todas as etapas podem ser resumidos na tabela seguinte:

<b>Avaliação de risco de introdução do TSV pela importação de PL de camarão dos EUA</b>	
<b>Etapa</b>	<b>Valor Estimado</b>
1	PD = MODERADA
2	PPE <sub>Rep/Larv</sub> = INSIGNIFICANTE PPE <sub>Eng</sub> = MODERADA PPE <sub>Silv</sub> = MODERADA
3	PPAEE <sub>Rep/Larv</sub> = INSIGNIFICANTE PPAEE <sub>Eng</sub> = MODERADA PPAEE <sub>Silv</sub> = MODERADA
4	PPPE <sub>Rep/Larv</sub> = BAIXA PPPE <sub>Eng</sub> = MODERADA PPPE <sub>Silv</sub> = BAIXA
5	Impacto Geral = ALTO
6	Provável Conseqüência Geral = ALTA
7	RAP <sub>Rep/Larv</sub> = INSIGNIFICANTE RAP <sub>Eng</sub> = MODERADO RAP <sub>Silv</sub> = MODERADO
8	Risco Anual Geral: <b>MODERADO</b>

## **CAPÍTULO IV: DISCUSSÕES**

### **1. Considerações iniciais**

O presente trabalho apresentou metodologia qualitativa flexível de avaliação de risco de introdução, difusão e estabelecimento de doenças de animais aquáticos no Brasil por meio de animais vivos importados. Além disso, apresentou a aplicação da metodologia proposta para estimar o risco de introdução da síndrome de Taura no Brasil veiculada por pós-larvas de camarões peneídeos importados dos Estados Unidos para uso em aquicultura.

De forma estruturada, objetiva, direta, transparente e relativamente simples, foi realizada abordagem dos riscos envolvidos na importação de mercadorias de origem animal, baseada em metodologia científica e conhecimento epidemiológico aplicado à dinâmica de doenças. Sua aplicação às doenças de crustáceos, a partir da importação de animais vivos, é direta e imediata e poderá fornecer subsídios técnicos suficientes para o MAPA estimar riscos e revogar a IN 39, de 4 de novembro de 1999, que restringe a importação de crustáceos vivos. Por se tratar de ferramenta analítica flexível, a metodologia proposta permite adaptações pontuais para sua aplicação às demais espécies de animais aquáticos, seus produtos, subprodutos e material de multiplicação animal, em geral. Entretanto, como análises e avaliações de risco são estudos dinâmicos, que necessitam de revisões e atualizações periódicas, a alteração da legislação zoossanitária brasileira para a importação de animais aquáticos poderá exigir adequação dessa metodologia.

### **2. Resultados obtidos nas etapas 1 a 8**

Se os valores de prevalência real ou esperada de TSV nos EUA e sensibilidade e especificidade dos testes diagnósticos utilizados nos quarentenários de origem e destino fossem conhecidos, a metodologia quantitativa prevista na avaliação de difusão poderia ter sido utilizada e, portanto, as medidas de gestão de risco de quarentena e teste por RT-PCR nos EUA e no Brasil seriam incorporadas à estimativa do risco anual geral. Nesse caso, o resultado final já possibilitaria avaliar se as medidas de mitigação adotadas foram suficientes para reduzir o risco de

introdução de TS no Brasil pela importação de pós-larva de peneídeos dos EUA ao ALOP brasileiro. Com a disponibilidade desses dados, possivelmente o resultado de PD- que foi considerada moderada porque a metodologia estabelece postura mais conservadora na ausência das informações quantitativas- seria menor. Se a metodologia fosse toda qualitativa para essa etapa, é provável que o valor fosse inferior a moderado também. Entretanto, mesmo se os valores de sensibilidade e especificidade dos testes aplicados fossem conhecidos, dificilmente seria possível modelar valores para PD, porque haveria ainda muita variabilidade e incerteza nas variáveis que envolvem a certificação dos lotes. Valores como número de lotes testados (variável n) e os dados necessários para cálculo da prevalência aparente do TSV (número de estabelecimentos testados na região exportadora e número de estabelecimentos testados positivos) possivelmente permaneceriam desconhecidos. O motivo disso é o fato de que, nos EUA, não existe programa federal de certificação da carcinicultura e tampouco há padronização desses processos entre os estados produtores nos EUA.

Ainda assim, é provável que o valor inferido na avaliação de difusão seja superior ao real. Se o TSV estiver presente nos estabelecimentos de aquíicultura certificados como SPF nos EUA, a prevalência deve ser baixa. O caso detectado no Havaí em 2007 comprova isso. As falhas de detecção devem ocorrer pelas limitações no delineamento amostral, que não deve considerar como prevalência esperada valores muito baixos, e não pela baixa sensibilidade do PCR-RT. Apesar de não definido, há suposições de que esse valor esteja bem próximo de 100% (ANDRADE et al., 2006).

Em um modelo quantitativo, a análise de sensibilidade permite determinar qual parâmetro considerado interfere em maior grau nos resultados obtidos (MURRAY, 2002), ou em outras palavras, o quanto de mudanças ocorre no “output” do modelo em decorrência das alterações nos parâmetros do “input” (BRUNEAU, 2000). A metodologia definida neste trabalho não considerou a análise de sensibilidade, porque somente a avaliação de difusão foi estruturada de forma a possibilitar um cálculo quantitativo, e a informação obtida dessa análise teria pouco impacto no modelo como um todo, que é baseado em outras três etapas puramente qualitativas: avaliação de exposição, avaliação de consequência e estimativa de risco. Apesar disso, pode-se considerar que a PD é o parâmetro que mais interfere

no resultado final obtido. Isso ocorre porque a estimativa de risco (resultado final) é definida por três resultados: aquele obtido na avaliação de difusão, na avaliação de exposição e na avaliação de consequência. Como a avaliação de difusão é subdividida em somente uma etapa- a que determina PD- e as outras duas etapas são subdivididas em cinco outras, o peso do “input” PD é maior.

Pode-se considerar que havia conhecimento científico suficiente para a correta descrição e definição das vias de exposição do TSV. Entretanto, os resultados obtidos nas etapas 2 e 3 foram baseados em suposições e premissas realizadas acerca do cumprimento da legislação do MAPA, Ministério do Meio Ambiente e dos manuais de conduta e biossegurança da ABCC, da FAO e OIE (ABCC, 2005a. ABCC, 2005b; BRASIL, 2003; BRASIL, 2008b; FAO et al., 2006). Desta forma, somente a validação a campo do cumprimento de todas essas medidas de biossegurança e de manejo sanitário poderia ratificar se as suposições e, conseqüentemente, as estimativas realizadas nessas etapas, estão corretas.

A etapa 3, assim como outras, exige a conversão de duas variáveis qualitativas em uma única, o que é realizado por meio da tabela 5. Ao analisar a combinação das variáveis, observa-se que essa tabela adota uma postura menos conservadora para tal, ao considerar, por exemplo, que a combinação de uma probabilidade “alta” com outra “moderada” resulte em “moderada”. No entanto, essa aparente postura mais otimista é sempre compensada por outra mais conservadora nas etapas seguintes, apresentada nas matrizes de regras para obtenção de valor único (figuras 21, 22 e 23), que chegam a considerar, por exemplo, que a combinação de duas prováveis consequências de dois cenários distintos, ambas classificadas como “moderada”, resulte em uma provável consequência geral “alta”.

A avaliação de consequência é sempre uma das etapas mais difíceis em análises de risco. A ocorrência de doenças pode ter vários desdobramentos com impactos muito heterogêneos. Algumas variáveis físicas estão associadas à ocorrência de um surto de TS nos tanques do quarentenário que interferem com o meio ambiente aquático, como por exemplo, fatores relacionados à água (temperatura, salinidade, concentração de oxigênio dissolvido, existência de fitoplâncton e algas). No entanto, esses não foram sobrevalorizados na avaliação de risco porque o objeto de preocupação do trabalho não é somente a ocorrência de doença, mas também de infecção. No caso da ocorrência da TS, tende-se a retratar

um cenário mais pessimista, dada a complexidade de fatores que interferem nos efeitos adversos. Esses fatores, notadamente o tipo de cepa do TSV, a utilização de linhagens de *P. vannamei* resistentes à doença, a mortalidade esperada e as variáveis ambientais determinantes da quebra da homeostase entre hospedeiro e patógeno são de difícil previsão para o analista de risco. O resultado de tamanha incerteza e variabilidade de difícil modelagem é a possível sobre-estimação das conseqüências de uma doença. Possivelmente, por esses motivos, o impacto geral da etapa 5 e a provável conseqüência geral da etapa 6 foram ambos estimados como alto. Isso reflete diretamente no resultado final obtido da avaliação de risco, que incorpora não apenas a probabilidade de introdução, propagação e estabelecimento da TS, mas também a magnitude de suas conseqüências. Essa última, considerada alta, está apenas um patamar inferior ao pior dos cenários previstos na metodologia, que seria o extremo ou catastrófico. Observa-se, portanto, que, mesmo se a PD fosse reclassificada como baixa ou muito baixa, em virtude da magnitude das conseqüências estimada nas etapas da avaliação de conseqüência (provável conseqüência geral alta), o resultado da avaliação de risco ainda estaria acima do ALOP brasileiro, assumido como conservador para TS em virtude da Instrução Normativa n° 39 de 1999 (BRASIL, 1999), e medidas de mitigação de risco ainda seriam mandatórias para exportação de PL de *P. vannamei* dos EUA.

Na etapa 5 da avaliação de conseqüência, para estimar impactos da ocorrência do perigo nas diferentes regiões do País, optou-se pela divisão do Brasil em pólos de produção de crustáceos de aquicultura, em detrimento à divisão geográfica tradicional em regiões. Nesse caso, trata-se de uma forma de zonificação de áreas de produção de camarão marinho cultivado, para fins de cálculo de impactos adversos em caso de ocorrência de doenças. A OIE sugere, para essa etapa, a estimativa dos efeitos adversos em quatro níveis: estabelecimento/comunidade; distrito/município; região e nacional (OIE, 2004a). Esse conceito se aplica perfeitamente aos animais terrestres; no entanto, quando se trata de animais aquáticos, poderia gerar distorções. Um exemplo é criação de animais aquáticos ao longo da costa brasileira, em propriedades contíguas que ultrapassam municípios, estados e até regiões, mas que poderiam constituir um único grupo de produtores sujeitos às mesmas conseqüências de um perigo ocorrido naquela área litorânea restrita. Isso é mais evidente naquelas propriedades com

sistemas semi-abertos de criação e semi-fechados sem tratamento de afluentes e efluentes, que por dividirem a mesma qualidade de água, estariam sujeitas aos mesmos perigos. Por isso, o País foi subdividido em pólos de produção, como solução a essa limitação metodológica sugerida pelos analistas de risco da OIE, que formularam as etapas de um processo de análise de risco amparados sob sua larga experiência em sanidade de animais terrestres.

### **3. Risco estimado e risco real**

Apesar de o fato de muitas variáveis utilizadas em análise de risco estarem repletas de incerteza, é possível ter certeza de que o “risco verdadeiro” é improvável de exceder aquele estimado a partir de uma análise cuidadosa e conservadora (MACDIARMID, 2000).

A metodologia utilizada neste trabalho não é exceção a essa afirmativa. De tal modo que, mesmo não tendo sido traçado um perfil extremamente conservador de análise, em que se assume sempre o pior cenário possível, pode-se considerar que o risco estimado tende a ser superior que o risco real. O motivo desse fato é, em geral, a falta de informações completas ou confiáveis, o que não permite estimar com mais precisão o risco em questão e a conseqüente adoção de posturas conservadoras, que consideram como ameaça alguns cenários não muito bem compreendidos ou documentados. Isso é mais claro na avaliação de conseqüência, quando o impacto econômico estimado é obtido com freqüência a partir do pior cenário possível.

A estimativa mais real de impactos econômicos depende de modelos econômicos que envolvem complexidade variável de acordo com a quantidade de informações e suposições exigidas, além da estimativa de perda de bem estar social após ocorrência de doenças- uma variável de complicada mensuração (PHARO, 2002; PEELER et al., 2007). Em realidade, toda a etapa de avaliação de conseqüência é considerada extremamente complexa, sobretudo quando se avalia uma doença exótica (MURRAY, 2008), e esse pode ser um dos motivos pelos quais foi constatada a reduzida aplicação de análise de risco em sanidade de animais aquáticos até hoje (PEELER et al., 2007).

#### 4. Aplicabilidade da metodologia a outras avaliações de risco

A metodologia desenvolvida neste projeto é flexível e pode ser aplicada a outros estudos de avaliação de risco. Sem a necessidade de adaptações, é possível aplicá-la diretamente para avaliar o risco de outros perigos já identificados no comércio internacional de pós-larvas de camarões peneídeos, como, por exemplo, doença das manchas brancas, doença da cabeça amarela, baculovirose tetraédrica (*Baculovirus penaei*), baculovirose esférica (baculovírus do tipo *Penaeus monodon*), necrose hipodérmica hematopoiética infecciosa, praga do caranguejo do rio (*Aphanomyces astaci*), mionecrose infecciosa, doença da cauda branca, infecção pelo vírus de Mourilyan hepatopancreatite necrosante e parvovirose hepatopancreática.

A utilização da metodologia para outros países de procedência dos animais aquáticos é de simples adaptação, uma vez que não se considerou diretamente a avaliação do serviço veterinário oficial do país exportador na fase de avaliação de difusão. Optou-se pela avaliação de testes diagnósticos e adoção de outras medidas de mitigação de risco durante a quarentena pré-exportação. A ausência de informações acerca do país de origem da mercadoria permite a aplicação da metodologia, porque se previu a possibilidade de adoção de uma postura conservadora que classificaria a etapa 1 como “alta” ou “moderada” para avaliação de difusão, para aqueles casos em que não há informações suficientes ou confiáveis para conduzir um estudo quantitativo.

O modelo desenvolvido não seria aplicado, *a priori*, a outros países importadores, uma vez que foi baseado na legislação ambiental e zoossanitária vigente para importação de animais aquáticos e na capacidade do serviço veterinário oficial brasileiro em executá-la.

No caso de alteração da mercadoria a ser exportada, a aplicação da metodologia às demais espécies aquáticas necessitaria de ajustes pontuais nas fases de difusão e exposição ao perigo. Essas fases dependem muito do sistema de produção de cada espécie, das ferramentas diagnósticas e de redução de risco de doenças disponíveis para cada grupo de animais, além dos procedimentos adotados no quarentenário de destino.

Para cada um dos grupos de animais, há a necessidade de identificação de novos grupos de exposição. Para crustáceos, foram definidos três grupos distintos: para as demais espécies de animais aquáticos, pode haver um número diferente.

A etapa 5, que trata da obtenção do impacto geral e é uma das fases da avaliação de consequência, definiu pólos de produção de crustáceos de aquicultura para sua aplicação. Logicamente, quando se alterar a espécie em questão, haverá a necessidade de rever tais pólos também.

A piscicultura é normalmente realizada em estabelecimentos bem delimitados dos reservatórios naturais d'água, onde algum grau de controle de patógenos é possível. Técnicas de diagnóstico molecular permitem a detecção confiável de vários microorganismos que afetam os peixes, assim como há disponibilidade de vacinas para o controle de doenças nestas espécies (HINE, 2000). Todos esses fatores diminuem o risco de introdução de doenças pela importação de peixes vivos e devem ser considerados quando da adaptação da metodologia apresentada neste trabalho a esse grupo de animais.

Se o perigo a ser avaliado para doenças de peixes for o *Amyloodinium ocellatum*, é necessária a previsão da transmissão deste perigo via ar, uma vez que essa via não foi contemplada na metodologia. O motivo para isso é o fato do *Amyloodinium ocellatum* ser o único patógeno aquático que foi associado à transmissão aérea (ROBERT-THOMSON et al., 2006).

Em relação aos moluscos, os problemas de adaptação da metodologia são maiores, uma vez que não há, até o presente momento, protocolos oficiais para importação e quarentena desse grupo de animais. Isso ocorre porque moluscos oferecem naturalmente um risco maior de propagação de doenças que as demais espécies de animais aquáticos, por várias características inerentes às espécies e sua forma de criação.

A produção de moluscos (malacocultura) e seu consumo envolvem a movimentação de animais vivos; muitos patógenos são de difícil detecção em infecções brandas; a criação destes animais é realizada normalmente na costa marinha, onde nenhum controle de propagação de doença pode ser exercido de forma adequada, e nenhuma vacina ou alimento adicionado de medicação está disponível comercialmente. Além disso, muitos poucos países possuem o conhecimento concreto da situação sanitária de seus moluscos bivalves; várias

doenças de lista da OIE que afetam os moluscos carecem de informações científicas, o que impossibilita a condução de estudos quantitativos de análise de risco para doenças desses animais e, da mesma forma, torna extremamente difícil a realização de estudos qualitativos.

As fases de avaliação de difusão e avaliação de exposição podem ser comprometidas pela falta ou incerteza exacerbada de informações importantes, como ciclo de vida de vários protozoários causadores de doenças; período pré-patente; dose infectante de patógenos e sua relação com a hidrodinâmica de diluição: correntes e marés; a existência e distribuição de *Mikrocytos spp.* na ausência de lesões; a sobrevivência de patógenos fora do hospedeiro, inclusive em fômites contaminados; protocolo consagrado de desinfecção para a maioria dos patógenos de interesse em mitilicultura (produção de mexilhões) e ostreicultura (produção de ostras) (HINE, 2000).

No que concerne aos animais aquáticos com finalidade exclusiva de ornamentação, o maior desafio para a aplicação da metodologia é a identificação do perigo, etapa pré-requisito da avaliação de risco. Os principais animais utilizados para ornamentação em aquariofilia são peixes ornamentais tropicais, peixes ornamentais do Pacífico sul e invertebrados marinhos, como anêmonas, corais, estrelas-do-mar e esponjas-do-mar, entre vários. Não há literatura científica suficiente para determinar quais doenças infecciosas ou parasitárias de animais aquáticos podem acometer esses animais ou serem epidemiologicamente importantes em sua transmissão, por desempenharem papéis de portadores assintomáticos, hospedeiros paratênicos ou vetores potenciais.

Ademais, para aplicação da metodologia a esses animais, há a necessidade de adaptação às etapas 2 e 5 de avaliação de exposição e consequência e consideração das alterações nas exigências no quarentenário de destino previstas em legislação recém publicada (BRASIL, 2008a).

Para as matérias-primas, produtos, subprodutos e material de multiplicação animal dos animais aquáticos, há a necessidade de revisão mais ampla da metodologia para sua aplicação. Isto ocorre porque as rotas de difusão e exposição são distintas daquelas existentes para os animais vivos. No caso, as etapas de avaliação de difusão e exposição teriam que ser todas revistas, e as etapas de

avaliação de consequência e estimativa de risco deveriam ser submetidas a adaptações. Na prática, seria obtido um modelo mais simples.

O desenvolvimento de metodologia para análise de risco de introdução de doenças de peixes por meio da importação de peixes para consumo humano é uma das mais comuns no âmbito da sanidade de animais aquáticos. Devido à importância econômica do comércio internacional de peixes e seus produtos para alimentação humana e animal, modelos epidemiológicos quantitativos de análise de risco de introdução de doenças por meio desta mercadoria, sobretudo de espécies como salmão e truta, têm demonstrado que esse risco é insignificante (PHARO & MACDIARMID, 2000). No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento não faz restrições de caráter zoossanitário para a importação destas mercadorias (Gabriel Torres, MAPA, comunicação pessoal).

Um fator que corrobora com essa prática é a falta de evidência que a importação de peixes eviscerados para consumo humano tenha introduzido qualquer doença em algum país ao longo dos anos de registro do comércio desta mercadoria (PHARO & MACDIARMID, 2000). Por isso, não se recomenda a utilização desta metodologia para aplicação em avaliação de risco de introdução de qualquer doença de peixes por meio da importação de peixes para consumo humano: ou seja, na forma de matéria-prima, produto ou subproduto.

A tabela 11 resume a aplicação da metodologia desenvolvida no trabalho para outras avaliações de risco e relaciona quais etapas da figura 4 necessitariam de adaptações mais expressivas para sua aplicação, além de classificar o grau de aplicabilidade prática da metodologia de avaliação de risco ao elemento alterado.

Tabela 11: Aplicabilidade do modelo epidemiológico desenvolvido a outras avaliações de risco

<b>Elemento Alterado</b>	<b>Aplicação Direta da Metodologia</b>	<b>Etapas da Figura 4 com Necessidade de Alteração Significativa</b>	<b>Grau de Aplicabilidade Prática</b>
País Exportador	Sim	Nenhuma	Muito Alta
País Importador	Não	Praticamente Todas	Baixa
<b>Mercadoria:</b>			
Demais Crustáceos	Sim	Nenhuma	Muito Alta
Peixes de Criação	Não	2 e 5	Alta
Animais de Ornamentação	Não	2 e 5	Alta
Moluscos	Não	Não definido	Muito Baixa
Matéria-Prima	Não	1, 2, 3 e 5	Moderada
Produtos	Não	1, 2, 3 e 5	Moderada
Subprodutos	Não	1, 2, 3 e 5	Moderada
Material de Multiplicação Animal	Não	1, 2, 3 e 5	Moderada

## 5. Limitações da metodologia desenvolvida

Um dos problemas de qualquer metodologia de avaliação de risco, seja ela qualitativa ou quantitativa, é a comunicação do risco. Se um resultado numérico de probabilidade é um desafio para sua compreensão e interpretação real, resultados como probabilidade “moderada”, “extremamente baixa”, “alta” e demais possibilidades podem ter significados diferentes para pessoas distintas. Essa premissa se aplica inclusive àqueles que têm que tomar decisões baseadas em risco.

A etapa 1 da metodologia, que apresenta uma proposta quantitativa, apresenta a limitação já citada de não considerar o tamanho das amostras utilizadas para testar os lotes positivos ou negativos ao perigo em questão. Considera-se que

o delineamento amostral utilizado para a certificação dos lotes no quarentenário de origem e destino está correto e é confiável. No entanto, se os valores de sensibilidade e especificidade do teste diagnóstico forem conhecidos, fato que possibilita o cálculo da probabilidade de difusão, e ainda assim se optar pela utilização das recomendações do Manual da OIE para delineamento amostral quando esses valores do teste diagnóstico forem ignorados, poderá haver um número grande de lotes falso negativos para doenças de baixa prevalência (inferior a 2%).

Em estabelecimentos considerados SPF para TSV, espera-se que a prevalência do vírus seja baixa. Nesse caso, o delineamento amostral correto se torna ainda mais importante como fator a ser considerado no cálculo da probabilidade de difusão.

Um ponto igualmente limitador e anteriormente discutido é a suposição de testes diagnósticos independentes para o cálculo de P1 e P2, que podem mascarar alterações no valor final de sensibilidade e especificidade dos testes em paralelo utilizados para considerar um lote como negativo ao perigo em questão, caso haja uma correlação grande entre eles.

Outro fator limitante na etapa 1 é a falta de informação ou excesso de incertezas sobre os valores de prevalência real e aparente do perigo na área geográfica do estabelecimento exportador e sensibilidade e especificidade dos testes diagnósticos aplicados no país exportador e no Brasil. Tal incerteza pode causar uma superestimação do risco ao se assumir que sua probabilidade de difusão é “alta” ou “moderada”.

No entanto, essa limitação é relativa porque a suposição de um pior cenário possível em qualquer etapa de uma análise de risco é prevista e internacionalmente aceita quando não há evidências contrárias suficientes. Além disso, é presumida a avaliação dos serviços veterinário oficial em metodologias de análise de risco, algo controverso e complicado de ser feito. Contudo, isso é realizado de forma indireta na metodologia proposta, apesar de limitada, ao incluir a necessidade de comprovação de programas de vigilância que possam fornecer dados de prevalência de doenças em regiões exportadoras de animais. Aqueles serviços veterinários oficiais incapazes de apresentar dados tecnicamente fundamentados de prevalência real ou aparente para o perigo em questão em seus territórios acabam indiretamente sendo

mal avaliados quando se assume “alta” ou “moderada” a probabilidade de difusão desse

A legislação que instituiu o Regulamento Técnico do Programa Nacional de Animais Aquáticos foi revista por técnicos do MAPA e do comitê científico do programa e esteve em consulta pública (BRASIL, 2008b). A publicação dessa legislação implicará na revogação da IN 53 de 02/07/2003, uma das bases legais vigentes para o desenvolvimento da metodologia empregada. Contudo, não há previsão de mudanças consideráveis, sobretudo no procedimento de importação e quarentena das espécies aquáticas. Desta forma, não se prevê alterações imediatas da metodologia desenvolvida após a publicação dessa nova legislação. São previstas publicações posteriores específicas por grupos de animais: crustáceos, moluscos, peixes de produção e animais de ornamentação. Para peixes de produção, possivelmente será permitida a liberação do quarentenário somente da geração F2 dos animais importados, conforme consenso internacional de especialistas em doenças de peixes e previsão do Código da OIE (OIE, 2008a).

Todas essas potenciais mudanças, ainda sem previsão de publicação, podem exigir adaptação da metodologia apresentada para aplicação da metodologia proposta. Outro ponto limitador é a dificuldade de quantificação dos impactos econômicos de doenças de aquicultura e dos danos ecológicos sobre os animais silvestres nativos, assuntos recorrentes em análises de risco publicadas até o momento. De 17 análises de riscos com temática de doenças de animais aquáticos avaliadas, nenhuma quantificou os impactos econômicos e ecológicos da ocorrência de doenças de aquicultura, e somente 5 avançaram na avaliação de consequência. Isto ocorre porque, quando o risco estimado nas fases anteriores da avaliação de risco são compatíveis com o nível adequado de proteção do país responsável pelo estudo, a avaliação de risco é encerrada sem a necessidade de considerar possíveis consequências e medidas de gestão de risco (PEELER et al., 2007).

É importante citar ainda que o desenvolvimento de metodologia epidemiológica para avaliação de risco de doenças de interesse veterinário requer interação de várias ciências envolvidas na sanidade de animais e em seu ambiente de criação ou ocorrência natural. Para animais aquáticos, essas interações se tornam ainda mais importantes pela maior influência do ambiente na determinação da ocorrência de doenças, quando comparado a animais terrestres. Portanto, um

modelo extremamente completo para estimativa de riscos em sanidade aquática exigiria, em tese, a participação de especialistas em várias áreas e subáreas como epidemiologia veterinária, microbiologia, parasitologia, patologia, matemática, estatística, economia, biologia marinha, ecologia, entomologia, ornitologia, oceanografia, engenharia de pesca, engenharia aqüícola e engenharia ambiental. Certamente, a participação de todos esses especialistas em processos ou etapas de análise de risco pode tornar o desenvolvimento de modelos epidemiológicos extremamente laborioso, complexo, demorado e oneroso. Por isso, o analista de risco responsável pela elaboração de um modelo nesses padrões deve estar atento às variáveis envolvidas para a entrada, ocorrência, difusão e estabelecimento de doenças, e saber o momento de buscar consultoria das áreas e subáreas afins envolvidas no processo.

## **6. Utilização futura do modelo desenvolvido**

O modelo epidemiológico desenvolvido não faz simplesmente uma avaliação de risco da introdução de perigos no Brasil, apresentando-os à autoridade veterinária para continuidade do processo de análise de risco por meio de prosseguimento das etapas de gestão de risco. Mais do que isso, ele já incorporou na etapa 1 as medidas de mitigação de risco que comumente são definidas na gestão de risco. Ou seja, o modelo proposto permite não exclusivamente avaliar risco, mas sim estimá-los já com a aplicação de medidas de redução de risco aplicadas na quarentena pré e pós-exportação. Portanto, esta metodologia propicia ainda avaliar se as medidas adotadas pelo Brasil na gestão de risco são suficientes para reduzir o risco estimado ao nível aceitável e, portanto, atende na integralidade às exigências da IN 39 de 04 de novembro de 1999.

A avaliação de risco a todos os perigos identificados para crustáceos, por meio da metodologia aqui apresentada ou outra ferramenta epidemiológica desenvolvida e balizada, deveria ser suficiente para possibilitar a revogação da IN 39 de 04 de novembro de 1999 (BRASIL, 1999). Uma vez estimados os riscos, a IN se torna extremamente restritiva porque assume risco zero ao proibir importações de crustáceos vivos primeiramente para depois possibilitar sua liberação mediante análise de risco.

De acordo com o estabelecido no Acordo SPS, a IN 39 de 04 de novembro de 1999 pode ser considerada como uma barreira sanitária, e o Brasil pode ser acionado pela OMC sob a acusação de reserva de mercado. A legislação foi publicada como instrumento de proteção da carcinicultura e crustáceos nativos brasileiros em um período de surtos de graves doenças de camarão peneídeos, quando não havia instrumentos diagnósticos eficazes e o risco representado por animais importados era desconhecido, e o MAPA não havia institucionalizado um programa sanitário para os animais aquáticos.

Apesar de evitar a entrada de doenças, a política do risco zero leva a medidas sem base científica, que configuram, na verdade, barreiras ao comércio internacional (ZEPEDA et al., 2001). Não há hoje sustentação técnica suficiente para se proibir o ingresso de crustáceos no País. Em longo prazo, o prolongamento dessa proibição pode aumentar o risco de biopirataria e introdução de vírus devastadores com o contrabando de camarões infectados. Exatamente por compreender dessa forma, o MAPA prevê a revogação da IN 39 de 04 de novembro de 1999 após publicação de IN que atualizará o Regulamento Técnico do Programa de Sanidade de Animais Aquáticos (BRASIL, 2008b), pois a adoção de risco zero nunca é uma opção realística ou alcançável quando se implementam medidas de controle de risco.

Em vez disso, adotar medidas satisfatórias que reduzam os principais elementos que contribuem para esse risco é uma opção mais correta, possível de ser realizada após uma análise de risco (MC VICAR, 2000).

## CAPÍTULO V: CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia desenvolvida permitiu estimar que o risco associado à importação de pós-larvas de camarão *Penaeus vannamei* dos Estados Unidos para o Brasil é moderado. É provável que o valor estimado para a probabilidade de difusão de TSV por meio de pós-larva procedentes dos EUA-moderada-, seja inferior à determinada por meio da adoção de uma postura mais conservadora, face à impossibilidade de obtenção de dados quantitativos.

A provável consequência geral foi estimada como alta possivelmente pela dificuldade de predição dos impactos da TS no Brasil, em virtude da existência de muitas variáveis envolvidas nessa estimação, como por exemplo, o tipo de cepa do TSV, a utilização de linhagens de camarões resistentes à doença e todas as variáveis ambientais determinantes da ruptura do fino equilíbrio entre hospedeiro e patógeno.

As suposições realizadas na aplicação da metodologia para avaliar o risco da TS, baseadas na legislação sanitária e ambiental vigentes e nas práticas de biossegurança e manejo sanitário recomendados para o desenvolvimento de uma carcinicultura sustentável e responsável necessitam de validação por meio de inquéritos a campo para averiguação do seu cumprimento.

Como recomendações e sugestões para pesquisas futuras, indica-se o aprofundamento nos estudos de doenças de animais aquáticos, carentes em todas as áreas. Além disso, recomenda-se a realização de pesquisas em epidemiologia veterinária capazes de integrar resultados de estudos em saúde de animais aquáticos e metodologia de análise de risco, a fim de possibilitar mensurar riscos associados ao trânsito desses animais e avaliar a eficácia das medidas de gestão de risco adotadas por todos os agentes envolvidos em sanidade aqüícola.

A metodologia desenvolvida poderá ser utilizada para a gestão dos riscos associados ao comércio de organismos aquáticos e poderá ser ajustada a diversas mercadorias e situações epidemiológicas.

## CAPÍTULO VI: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCC – Associação Brasileira dos Criadores de Camarão. **Censo da Carcinicultura Brasileira – 2004**. Relatório Final, 2004. Disponível em: <<http://www.abccam.com.br/TABELAS%20CENSO%20SITE.pdf>> Acesso em: 20 jan. 2008.

ABCC – Associação Brasileira dos Criadores de Camarão. **Programa de Biossegurança para Fazendas de Camarão Marinho**. 1.ed. Recife, 2005a.

ABCC – Associação Brasileira dos Criadores de Camarão. **Códigos de conduta e de boas práticas de manejo e de fabricação para uma carcinicultura ambientalmente sustentável e socialmente justa**. 1 ed., Recife, 2005b.

ABCC – Associação Brasileira dos Criadores de Camarão. A eterna briga entre ambientalistas e carcinicultores. **Panorama da Aqüicultura**, v. 96, p. 12-13, 2006.

ABCC – Associação Brasileira dos Criadores de Camarão. Disponível em: <<http://www.abccam.com.br>>. Acesso em: 10 abr. 2008.

ANDRADE, T. P.; LIGHTNER, D. V.; ROCHA, I. P. Enfermidades da carcinicultura brasileira: métodos de diagnóstico e prevenção. **Panorama da Aqüicultura**, v. 16, p. 25-33, 2006

ANDRADE, H. K. Impactos da Aqüicultura sobre o turismo no Espírito Santo. **Biblioteca on line SEBRAE**, 2007. Disponível em:<<http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/subarea2?OpenForm&AutoFramed&jmm=AQ%C3%9CICULTURA>>. Acesso em: 23 jul. 2008.

ARGUE, B.J. et al. Selective breeding of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for growth and resistance to Taura Syndrome Virus. **Aquaculture**, v. 204, p. 447–460, 2002.

AUSTRALIA. Australian Quarantine and Inspection Service. **Import Risk Analysis in Live Ornamental Finfish**. Biossecurity Australia, Canberra, Australia, 1999.

AUSTRALIA. Biossecurity Australia. **Import Risk Analysis (IRA) of Non-Viable Bivalve Molluscs**: Technical Issues Paper. Biossecurity Australia, Canberra, Australia, 2002.

AUSTRALIA. Biossecurity Australia. **Draft Generic Import Risk Analysis Report for Chicken Meat**. Biossecurity Australia, Canberra, Australia, 2006a.

AUSTRALIA. Biossecurity Australia. **Revised Draft Generic Import Risk Analysis Report for Prawns and Prawn Products: Part B**. Biossecurity Australia, Canberra, Australia, 2006b.

BACHERE, E. et al. Knowledge and research prospects in marine mollusc and crustacean immunology. **Aquaculture**, v. 132, n. 1–2, p. 17–32, 1995.

BARTLEY, D. M.; BONDAD-REANTASO, M. G.; SUBASINGHE, R. P. A risk analysis framework for aquatic animal health management in marine stock enhancement programmes. **Fisheries Research**, v. 80, p. 28-36, 2006.

BATISTA, P. I. S.; TUPINAMBÁ, S. V. A carcinicultura no Brasil e na América Latina: o agronegócio do camarão. **Rede Brasileira pela Integração dos povos**, 2003. Disponível em: <[http://www.rebrip.org.br/\\_rebrip/pagina.php?id=1967](http://www.rebrip.org.br/_rebrip/pagina.php?id=1967)>. Acesso em: 17 jul. 2008.

BONDAD-REANTASO, M.G. et al. **Pathogen and Ecological Risk Analysis for the Introduction of Blue Shrimp, *Litopenaeus stylirostris*, from Brunei Darussalam to Fiji**: A consultancy report prepared for the Secretariat of the Pacific Community, Noumea Cedex, New Caledonia, under Contract Pro 7/54/8. Nournea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community (SPC), 2005.

BRANCO, J. O. et al. Aspectos sócio-econômicos da pesca artesanal do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), na região de Penha, SC. In: BRANCO, J.; MARENZI, A. W.C. (Org.). **Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável**: estudos de caso em Penha, SC. Itajaí, Santa Catarina: Editora da UNIVALI, 2006. p. 253-268.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº. 39 de 4 de novembro de 1999. **Suspende, temporariamente, a entrada no território nacional de todas as espécies de crustáceos, quer de água doce ou salgada, em qualquer etapa do seu ciclo biológico, inclusive seus produtos frescos e congelados, assim como os cozidos, quando inteiro em suas carapaças ou partes delas, de qualquer procedência.** [Diário Oficial da União], Brasília, DF, 1999.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 312, de 10 de outubro de 2002. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental dos empreendimentos de carcinicultura na zona costeira.** [Diário Oficial da União], Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº. 53 de 2 de julho de 2003. **Aprova o Regulamento Técnico do Programa Nacional de Sanidade de Animais Aquáticos.** [Diário Oficial da União], Brasília, DF, 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº. 5 de 21 de maio de 2004. **Reconhece como espécies ameaçadas de extinção e espécies sobreexploradas ou ameaçadas de sobreexploração, os invertebrados e peixes, constantes dos Anexos.** [Diário Oficial da União], Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** [Diário Oficial da União], Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº. 18 de 13 de maio de 2008. **Estabelece os procedimentos para importação de animais aquáticos para fins ornamentais e destinados à comercialização.** [Diário Oficial da União], Brasília, DF, 2008a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº. 86 de 6 de junho de 2008. **Submete à consulta pública pelo prazo de 60 (sessenta) dias, a contar da data da publicação desta Portaria, o Projeto de Instrução Normativa e seu Anexo, que aprova o Regulamento Técnico do Programa Nacional de Sanidade dos Animais Aquáticos.** 2008b.

BRDE. BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO EXTREMO SUL. **Cultivo do camarão em Santa Catarina:** panorama geral, reprodução e larvicultura. Florianópolis: BRDE, 2004. 101 p.

BRIDGES, V.E. et al. A qualitative assessment tool for the potential of infectious disease emergence and spread. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 81, p. 80-91, 2007.

BRIGGS, M. et al. **Introducciones y movimiento de dos especies de camarones peneídeos en Asia y el Pacífico**. FAO Documento Técnico de Pesca nº 476. Roma: FAO, 2005. 85 p.

BROCK, J. A. et al. An overview on Taura syndrome, an important disease of farmed *Penaeus vannamei*. In: BROWDY, C. L.; HOPKINS, J.S. (Orgs.) **Swimming Through Troubled Water: Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming, Aquaculture '95**. Baton Rouge, L.A.: World Aquaculture Society, Baton Rouge, 1995. p. 84–94.

BROCK, J. A. et al. Recent developments and an overview of Taura Syndrome of farmed shrimp in the Americas. In: FLEGEL, T. W.; MACRAE, I. H. (Orgs.) **Diseases in Asian Aquaculture III**. Manila: Fish Health Section, Asian Fisheries Society, 1997. p. 275-283.

BROCK, J. A. Special topic review: Taura syndrome, a disease important to shrimp farms in the Americas. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 13, n. 4, p. 415–418, 1997.

BROCK, J. A.; BULLIS, R. Disease prevention and control for gametes and embryos of fish and marine shrimp. **Aquaculture**, v.197, p. 137-159, 2001.

BRUNEAU, N. A quantitative risk assessment for the introduction of *Myxobolus cerebralis* to Alberta, Canada, through the importation of live farmed salmonids. In: RODGERS, C. J. (Org.) **Risk analysis in aquatic animal health**. OIE: World Organization for Animal Health, 2000. p. 41-50.

CHANG Y. S. et al. Genetic and phenotypic variations of isolates of shrimp Taura syndrome virus found in *Penaeus monodon* and *Metapenaeus ensis* in Taiwan. **Journal of General Virology**, v. 85, p. 2963-2968, 2004.

CAMERON, A. **Survey Toolbox for Aquatic Animal Diseases: A Practical Manual and Software Package**. Australian Centre for International Agricultural Research, Monograph n. 94, p. 375, 2002.

COELHO, P. A.; SANTOS, M. C. F.; PORTO, M. R. Ocorrência de *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798) no litoral dos estados de Pernambuco e Alagoas (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, v. 9, n. 1, p. 149-153, 2001.

CÔTE, I. et al. Taura Syndrome virus from Venezuela is a new genetic variant. **Aquaculture**. Article in Press, doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.07.059, 2008.

COUNCIL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Commission Decision 2004/453/EC of 29 April 2004 implementing Council Directive 91/67/EEC as regards measures against certain fish diseases in aquaculture animals (notified under document number C(2004) 1679) (Text with EAA relevance). **The Official Journal of the European Union**, v. 156, p. 5-32, 2004.

DE LA PEÑA, L. D. **Transboundary shrimp viral diseases with emphasis on WSSV and TSV**: Invited papers – 04, 9 p. Paper prepared for SEAFDEC Meeting on Current Status of Transboundary Fish Diseases in Southeast Asia: Surveillance, Research and Training. Manila, Philippines, p. 23-24, Jun. 2004.

DIEGUES, A. C. **Para uma aqüicultura sustentável do Brasil**. NUPAUB – Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas Brasileiras - Universidade de São Paulo. Banco Mundial/FAO. Artigos n° 3, 2006.

DO, J. W. et al. Taura syndrome virus from *Penaeus vannamei* shrimp cultured in Korea. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 70, p. 171-174, 2006.

ERICKSON, H.S. et al. Taura syndrome virus from Belize represents a unique variant. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 64, p. 91-98, 2005.

FAO, NACA, UNEP, WB, WWF. **International principles for Responsible Shrimp Farming**. Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA). Bangkok, Thailand, 20 p., 2006.

FLEGEL, T. W.; FEAGAN, D. Preventing the spread part one. **Asian Aquaculture Magazine**, p. 17-19, 2002.

FLEGEL, T. W. Detection of major penaeid shrimp viruses in Asia, a historical perspective with emphasis on Thailand. **Aquaculture**, v. 258, n. 1-4, p. 1-33, 2006.

GARDNER, I. A. et al. Conditional dependence between tests affects the diagnosis and surveillance of animal diseases. **Preventive Veterinary Medicine**, v.45, p. 107-122, 2000.

GARZA, J. R. et al. Demonstration of infectious Taura Syndrome Virus in the feces of seagulls collected during an epizootic in Texas. **Journal of Aquatic Animal Health**, v. 9, p. 156–159, 1997.

GONÇALVES, J. S.; PEREZ, L. H. **Informações Econômicas**. São Paulo, v. 37, n. 4, abr. 2007.

HASSON, K. W. et al. Taura Syndrome in *Penaeus vannamei*: demonstration of a viral etiology. **Disease of Aquatic Organisms**, v. 23, p. 115–126, 1995.

HASSON, K. W. et al. The geographic distribution of Taura Syndrome Virus TSV in the Americas: determination by histopathology and *in situ* hybridization using TSV-specific cDNA probes. **Aquaculture**, v. 171, p.13–26, 1999a.

HASSON, K. W. et al. Taura syndrome virus: TSV lesion development and the disease cycle in the Pacific white shrimp *Penaeus vannamei*. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 36, p. 81–93, 1999b.

HDOA - Hawaii Department of Agriculture. **News Release – NR07-03**. 2 Apr. 2007. Disponível em: <[http://hawaii.gov/hdoa/copy\\_of\\_news-releases/2007-news-releases/news-release-april-2-2007/?searchterm=taura](http://hawaii.gov/hdoa/copy_of_news-releases/2007-news-releases/news-release-april-2-2007/?searchterm=taura)>. Acesso em: 22 abr. 2008.

HINE, P. M. Problems of applying risk analysis to aquatic organisms. In: RODGERS C. J. (Org.) **Risk analysis in aquatic animal health**. OIE: World Organization for Animal Health, 2000. p. 71-82.

KAUTSKY, N. et al. Ecosystem perspectives on management of disease in shrimp pond farming. **Aquaculture**, v. 191, p.145–161, 2000.

KHAWSAK, P. et al. Multiplex RT-PCR assay for simultaneous detection of six viruses of penaeid shrimp. **Molecular and Cellular Probes**, v. 22, p.177–183, 2008.

KROL, R. et al. Ultrastructural studies on the lymphoid organ of the Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* exposed to Taura syndrome virus (TSV). In: **World Aquaculture 1997**: book of abstracts, v. 264, 1997.

LAWRENCE, A. L.; BRAY, W. A.; MORE, W. R. Cultivo de Camarões na Presença de Doenças. **Panorama da Aqüicultura**, v. 90, p. 14-21, 2005.

LE MOULLAC, G. et al. Recent improvements in broodstock management and larviculture in marine species in Polynesia and New Caledonia: genetic and health approaches. **Aquaculture**, v. 227, n. 1-4, p. 89-106, 2003.

LE MOULLAC, G.; HAFFNER, P. Environmental factors affecting immune responses in Crustacea. **Aquaculture**, v. 191, p. 121-131, 2000.

LENOCH, R. **Avaliação do risco epidemiológico da carcinicultura catarinense usando como modelo a Síndrome de Taura e a Doença da Mancha Branca**. 2004. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade do Vale do Itajaí.

LEUNG, P.; TRAN, L. T. Predicting shrimp disease occurrence: artificial neural networks vs. logistic regression. **Aquaculture**, v. 187, p. 35-49, 2000.

LIGHTNER, D.V. Taura syndrome: an economically important viral disease impacting the shrimp farming industries of the Americas including the United States. In: **Proceedings of the ninety-ninth annual meeting USAHA**, Reno, Nevada, p. 36-52, 1995.

LIGHTNER, D. V. et al. Taura syndrome in *Penaeus vannamei* (Crustacea: Decapoda): gross signs, histopathology and ultrastructure. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 21, p. 53-59, 1995.

LIGHTNER, D. V. Epizootiology, distribution and the impact on international trade of two penaeid shrimp viruses in the Americas. **Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties**, v. 15, p. 579-601, 1996.

LIGHTNER, D. V.; REDMAN, R. M. Strategies for the control of viral diseases of shrimp in the Americas. **Fish Pathology**, v. 33, p. 165-180, 1998.

LIGHTNER, D. V. The Penaeid Shrimp Viruses TSV, IHNV, WSSV, and YHV Current Status in the Americas, Available Diagnostic Methods, and Management Strategies. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 9, n. 2, p. 27 – 52, 1999.

LIGHTNER, D.V.; VANPATTEN, K. **Laboratory Procedures and Services**. Global Shrimp OP. Department of Veterinary Science & Microbiology. University of Arizona, Tucson, 2001.

LIGHTNER, D. V. The penaeid shrimp viral pandemics due to IHHNV, WSSV, TSV and YHV: History in the Americas and current status. In: **AQUACULTURE AND PATHOBIOLOGY OF CRUSTACEAN AND OTHER SPECIES**: Proceedings of the thirty-second UJNR Aquaculture Panel Symposium, 2003. Davis and Santa Barbara, California, U.S.A. **Anais...Califórnia: UJNR Aquaculture, 2003.** Disponível em:<[http://www.lib.noaa.gov/japan/aquaculture/proceedings/report32/lightner\\_corrected.pdf](http://www.lib.noaa.gov/japan/aquaculture/proceedings/report32/lightner_corrected.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2008.

LIGHTNER, D. V. et al. Infectious myonecrosis (IMN): a new virus disease of *Litopenaeus vannamei*. In: **WORLD AQUACULTURE, 2004.** Honolulu. **Anais...** Baton Rouge, LA, USA: World Aquaculture Society, 2004.

LIGHTNER, D. V. et al. Taura syndrome virus in specific pathogen-free *Penaeus vannamei* originating from Hawaii and in *P. vannamei* stocks farmed in France? **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 74, p. 77-79, 2007.

LOTZ, J. M.; FLOWERS, A. M.; BRELAND, V. A model of Taura syndrome virus (TSV) epidemics in *Litopenaeus vannamei*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 83, p. 168-176, 2003.

LOTZ, J. M.; ANTON, L. S.; SOTO, M. A. Effect of chronic Taura syndrome virus infection on salinity tolerance of *Litopenaeus vannamei*. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 65, p. 75-78, 2005.

MACDIARMID, S. C. Risk analysis in aquatic animal health. In: RODGERS, C. J. (Org.) **Risk analysis in aquatic animal health.** OIE: World Organization for Animal Health, 2000. p. 1-6.

MACIEL, M. L. T. **Aspectos do melhoramento genético na resistência as enfermidades em camarões marinhos cultivados.** Revisão bibliográfica apresentada ao curso de Pós Graduação Doutorado em Aqüicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para aprovação na disciplina de Melhoramento Genético para Animais Aquáticos em Cultivo, 2005.

MADRID, R. M. A crise econômica da carcinicultura. **Panorama da Aqüicultura**, v. 90, 2005.

MARINS, R.V.; FILHO, F.J.P.; MAIA, S.R.R. distribuição de mercúrio total como indicador de poluição urbana e industrial na costa brasileira. **Química Nova**, v. 27, n. 5, p. 763-770, 2004.

MAGALHÃES, M.; MARTINEZ, R. A.; GAIOTTO, F. A. Diversidade genética de *Litopenaeus vannamei* cultivado na Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (Online), v. 42, n. 8, p. 1131-1136, 2007.

MC VICAR, A. H. Standardisation of monitoring programmes and competent authorities: a fish health perspective. In: RODGERS, C. J. (Org.) **Risk analysis in aquatic animal health**. OIE: World Organization for Animal Health, 2000. p. 246-250.

MEDRONHO, R. A. et al. **Epidemiologia**. São Paulo: Atheneu, p. 259-270, 2006.

MELLO, G. L., FARIAS, A. P. Policultivo de tilápias e camarões marinhos: os resultados das primeiras experiências em Laguna – SC. **Panorama da Aqüicultura**, v. 17, n. 102, p. 42-47, 2007.

MMA, IBAMA, Difap, CGREP. **Estatística da Pesca - 2005 - Brasil**: Grandes Regiões e Unidades de Federação. 147p., Brasília, 2007.

MOLES, P.; BUNGE, J. **Shrimp Farming in Brazil**: An Industry Overview. Relatório. [SI]: World Bank, NACA, WWF and FAO, p. 26, 2002.

MUNIZ, I.. Negócios: Schering lança vacina de camarão no Ceará. **Diário do Nordeste**, Ceará, 07 fev. 2007. Negócios. Disponível em: <<http://diariodo-nordeste.globo.com/materia.asp?codigo=404898>>. Acesso em: 22 set. 2007.

MONTGOMERY-BROCK, D. R., SHIMOJO, R. Y., BULLIS, R. A. The reduced impact of Taura syndrome on *Litopenaeus vannamei* held under hyperthermic conditions. **Center for Tropical and Subtropical Aquaculture** (CTSA) Aqua Tips, v. 13, p. 4–7, 2002.

MONTGOMERY-BROCK, D. et al. Reduced replication of infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus (IHHNV) in *Litopenaeus vannamei* held in warm water. **Aquaculture**, v. 265, n. 1-4, p. 41-48, 2007.

MORGAN, K. L. Epizootic ulcerative syndrome: an epidemiological approach. In: RODGERS, C. J. (Org.) **Risk analysis in aquatic animal health**. OIE: World Organization for Animal Health, 2000. p. 209-214.

MURRAY, N. **Import Risk Analysis: Animals and Animal Products**. New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry. Wellington, New Zealand, 2002.

MURRAY, A. G. Existing and potential use of models in the control and prevention of disease emergencies affecting aquatic animals. **Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties**, v. 27, n. 1, p. 211-228, 2008.

NASH, C. E.; IWAMOTO, R. N.; MAHNKEN, C. V. W. Aquaculture risk management and marine mammal interaction in the Pacific Northwest. **Aquaculture**, v. 183, p. 307-323, 2000.

NEW ZEALAND. Biosecurity New Zealand. **Import Risk Analysis: Freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) from Hawaii**. Ministry of Agriculture and Forestry, 2006.

NIELSEN, L. et al. Taura syndrome virus (TSV) in Thailand and its relationship to TSV in China and the Americas. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 63, p.101-106, 2005.

NUNAN, L. M.; POULOS, B. T.; LIGHTNER, D. V. The detection of white spot syndrome virus, WSSV, and yellow head virus, YHV in imported commodity shrimp. **Aquaculture**, v. 160, p. 19-30, 1998a.

NUNAN, L. M.; POULOS, B. T.; LIGHTNER, D. V. Reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) used for the detection of Taura Syndrome Virus (TSV) in experimentally infected shrimp. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 34, p. 87-91, 1998b.

NUNAN, L. M.; TANG-NELSON, K.; LIGHTNER, D. V. Real-time RT-PCR determination of viral copy number in *Penaeus vannamei* experimentally infected with Taura syndrome virus. **Aquaculture**, v. 229, p. 1-10, 2004.

NUNES, A. J. P.; MARTINS, P. C. C.; GESTEIRA, T. C. V. Produtores sofrem com as mortalidades decorrentes do vírus da mionecrose infecciosa (IMNV). **Panorama da Aqüicultura**, p. 37-51, 2004.

OIE. World Organization for Animal Health. **Handbook on import risk analysis for animals and animal products: introduction and qualitative risk analysis**, v. 1, 2004a.

OIE. World Organization for Animal Health. **Handbook on import risk analysis for animals and animal products: quantitative risk assessment**, v. 2, 2004b.

OIE. World Organization for Animal Health. **Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals**. 5<sup>th</sup>.ed., 2006.

OIE. World Organization for Animal Health. **Aquatic Animal Health Code**. 11<sup>th</sup>ed., 2008a.

OIE. World Organization for Animal Health. **World Animal Health Information Database (WAHID) Interface**, 2008b. Disponível em: <<http://www.oie.int/wahid-prod/public.php?page=home>> Acesso em: 28 jun. 2008.

OSSIANDER, F. J.; WEDEMEYER, G. Computer Program for sample size required to determine disease incidence in fish population. **Journal of The Fisheries Research Board of Canada**, v. 30, p. 1383-1384, 1973.

OVERSTREET, R. M. et al. Susceptibility to Taura syndrome virus of some penaeid shrimp species native to the Gulf of Mexico and the southeastern United States. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 69, p. 65–176, 1997.

PANTOJA, C. R. et al. Nonsusceptibility of Primate Cells to Taura Syndrome Virus. **Emerging Infectious Diseases**, v. 10, n. 12, p. 2106-2112, 2004.

PEELER, E. et al. An assessment of the risk of spreading the fish parasite *Gyrodactylus salaris* to uninfected territories in the European Union with the movement of live Atlantic salmon (*Salmo salar*) from coastal waters. **Aquaculture**, v. 258, n. 1-4, p. 187-197, 2006.

PEELER, E. et al. The application of risk analysis in aquatic animal health management. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 81, p. 3-20, 2007.

PETERSON, R. L. Policultivo de tilápias + camarão marinho: uma realidade equatoriana em 2007. **Panorama da Aqüicultura**, v. 17, n. 102, p. 49-53, 2007.

PFEIFFER, D. U. **Veterinary Epidemiology – an introduction**. The Royal Veterinary College, University of London: United Kingdom, 2002.

PHALITAKUL, S. et al. The molecular detection of Taura syndrome virus emerging with white spot syndrome virus in penaeid shrimps of Thailand. **Aquaculture**, v. 260, p. 77–85, 2006.

PHARO, H. J.; MACDIARMID, S. C. Quantitative analysis of the risk of disease introduction through the importation of salmon for human consumption. In: RODGERS, C. J. (Org.) **Risk analysis in aquatic animal health**. OIE: World Organization for Animal Health, 2000. p. 51-60.

PHARO, H.J. **Determination of the acceptable risk of introduction of FMD virus in passenger luggage following the UK outbreak in 2001**. Biossecurity Authority. Ministry of Agriculture and Forestry. Wellington, New Zealand. Conference Paper, 2002. Disponível em: <<http://www.biosecurity.govt.nz/pest-and-disease-response/surveillance-risk-response-and-management/risk-analysis>>. Acesso em: 06 mai. 2008.

PHARO, H.J. The limits to quantification in import risk analysis. In: 10<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM FOR VETERINARY EPIDEMIOLOGY AND ECONOMICS. **Anais...** Viña del Mar, Chile, p. 64, 2003.

PINHEIRO, A. C. A. S. et al. Epidemiological status of Taura syndrome and Infectious myonecrosis viruses in *Penaeus vannamei* reared in Pernambuco (Brazil). **Aquaculture**, v. 262, p. 17–22, 2007.

PRIOR, S.; BROWDY, C. L. Postmortem persistence of white spot and Taura syndrome viruses in water and tissue. In: WORLD AQUACULTURE 2000. **Anais...** L.A. USA: World Aquaculture Society, p. 397, 2002.

ROBERT-THOMSON, A. et al. Aerosol dispersal of the fish pathogen *Amyloodinium ocellatum*. **Aquaculture**, v.257, p. 118-123, 2006.

ROCHA, I. P.; J. RODRIGUES. A Carcinicultura Brasileira em 2002. **Revista da ABCC**, ano 5, n. 1, p. 30-45, 2003.

ROCHA, I. P.; RODRIGUES, J.; AMORIM, L. A carcinicultura Brasileira em 2003. **Revista da ABCC**, ano 6, n. 2, 2004.

ROCHA, I. P. Carcinicultura Brasileira: Desenvolvimento Tecnológico, Sustentabilidade Ambiental e Compromisso Social. **Revista da ABCC**, ano 9, n. 1, p. 16-22, 2007a.

ROCHA, I. P. Panorama da Carcinicultura Brasileira em 2007: Desempenho, Desafios e Oportunidades. **Panorama da Aqüicultura**, v.17, n. 104, p. 26-31, 2007b.

SAMPAIO, Y; COUTO, E. **Geração de empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva do camarão marinho de cultivado**. Departamento de Economia. Universidade Federal do Pernambuco, fevereiro de 2003. Disponível em: <<http://www.abccam.com.br/download/GERA%C7%C3O%20DE%20EMPREGOS.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2008.

SANTOS, M. C. F.; COELHO, P. A. Espécies exóticas de camarões peneídeos (*Penaeus monodon* Fabricius, 1798 e *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) nos ambientes estuarino e marinho do Nordeste do Brasil. **Boletim Técnico Científico CEPENE**, v. 10, n. 1, p. 209-222, 2002.

SANTOS, M. C. F.; PEREIRA, J. A.; IVO, C. T. C. A pesca do camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) no Nordeste do Brasil. **Boletim Técnico Científico CEPENE**, v. 14, n.1, p. 33-58, 2006.

SEAP/PR. Secretaria Especial da Aqüicultura e Pesca, Presidência da República. **Análise da Balança Comercial Brasileira - Ano 2006**. Disponível em: <[http://www.presidencia.gov.br/estrutura\\_presidencia/seap/estatistica/](http://www.presidencia.gov.br/estrutura_presidencia/seap/estatistica/)> . Acesso em: 12 out. 2007.

SEIFFERT, W.Q. et al. Enfermidades: uma oportunidade para repensar o cultivo de camarões marinhos. **Panorama da Aqüicultura**, v. 97, p. 32-33, 2006.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 912p, 1997.

SOUZA, M. A. A. *Farfantepenaeus paulensis* como gerador de renda. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, fev. 2007.

SRISUVAN, T.; TANG, K. F. J.; LIGHTNER, D. V. Experimental infection on *Penaeus monodon* with Taura syndrome vírus (TSV). **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 67, p. 1-8, 2005.

TANG, K. F. J.; LIGHTNER, D. V. Phylogenetic analysis of Taura syndrome virus isolates collected between 1993 and 2004 and virulence comparison between two isolates representing different genetics variants. **Virus Research**, v. 112, p. 69-76, 2005.

TLUSTY, M. The benefits and risks of aquacultural production for the aquarium trade. **Aquaculture**, v. 205, p. 203–219, 2002.

UNIÃO EUROPÉIA. European Food Safety Authority. **Final Opinion of the Scientific Steering Committee on the Geographical Risk of Bovine Spongiform Encephalopathy (GBR)**. Disponível em: <[http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/ssc/out113\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/ssc/out113_en.pdf)> Acesso em: 10 jan. 2008.

UNIÃO EUROPÉIA. Directiva 2006/88/CE do Conselho de 24 de outubro de 2006 relativa aos requisitos zoossanitários aplicáveis aos animais de aquicultura e produtos derivados, assim como à prevenção e à luta contra certas doenças dos animais aquáticos. **Jornal Oficial da União Européia**, Luxemburgo, 24 nov. 2006.

VANPATTEN, K. R.; NUNAN, L. M.; LIGHTNER, D. V. Seabirds as potential vectors of penaeid shrimp viruses and the development of a surrogate laboratory model utilizing domestic chickens. **Aquaculture**, v. 241, p. 31-46, 2004.

VOSE, D. J. Risk Analysis in relation to the importation and exportation of animal products. **Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties**, v. 16, n. 1, p. 17-29, 1997.

VOSE, D. J. Qualitative versus quantitative risk analysis and modelling. In: RODGERS, C. J. (Org.) **Risk analysis in aquatic animal health**. OIE: World Organization for Animal Health, 2000. p. 19-26.

XU, Z. K. et al. Genetic analyses for TSV-susceptible and TSV-resistant pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using M1 microsatellite. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 34, n. 3. p. 332-343, 2003.

WOOLDRIDGE, M. Risk analysis methodology: principles, concepts and how to use the results. In: RODGERS, C. J. (Org.) **Risk analysis in aquatic animal health**. OIE: World Organization for Animal Health, 2000. p. 11-18.

WTO. World Trade Organization. **Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures**. Geneva, 1995.

WTO. World Trade Organization. **About the WTO – Understanding the WTO**. Disponível em <<http://www.wto.org>> Acesso em: 12 out. 2007.

ZEPEDA, C., SALMAN, M., RUPPANNER, R. International trade, animal health and veterinary epidemiology: challenges and opportunities. **Preventive Veterinary Medicine**, v.48, p. 261-271, 2001.

ZEPEDA, C. et al. The role of veterinary epidemiology and veterinary services in complying with the World Trade Organization SPS agreement. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 67, p. 125-140, 2005.

ZEPEDA, C., JONES, J. B., ZAGMUTT, F. J. Compartmentalisation in aquaculture production systems. **Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties**, v. 27, n. 1, p. 229-241, 2008.