

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
DISCIPLINA: SEMINÁRIOS APLICADOS

***Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Diptera: Calliphoridae):  
CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA NA MEDICINA VETERINÁRIA**

Denise Gonçalves Teixeira  
Orientador: Guido Fontgalland Coelho Linhares

GOIÂNIA  
2013



DENISE GONÇALVES TEIXEIRA

***Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Diptera: Calliphoridae):  
CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA NA MEDICINA VETERINÁRIA**

Seminário apresentado junto à disciplina Seminários Aplicados, do programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás.

Nível: Mestrado

**Área de Concentração:**

Sanidade Animal, Higiene e Tecnologia de Alimentos

**Linha de Pesquisa:**

Parasitas e doenças parasitárias dos animais

**Orientador:**

Prof. Dr. Guido Fontgalland Coelho Linhares-EV/UFG

**Comitê de Orientação:**

Prof. Dr. Cirano José Ulhoa-ICB/UFG

Prof. Dr. Gonzalo Efrain Moya Borja-IV/UFRRJ

Prof<sup>a</sup>. Dra. Valéria Magalhães Aguiar-DMP/UNIRIO

GOIÂNIA

2013

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 IDENTIFICAÇÃO MORFOLÓGICA .....	3
2.2 CICLO BIOLÓGICO .....	5
2.3 HABITAT E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA .....	6
2.4 VARIABILIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA .....	7
2.5 IMPORTÂNCIA MÉDICA E ECONÔMICA .....	9
2.6 CONTROLE .....	12
2.6.1 <i>Manejo Integrado de Pragas</i> .....	13
2.6.2 <i>Técnica do Inseto Estéril</i> .....	15
2.7 PROGRAMAS DE ERRADICAÇÃO CONTRA <i>C. HOMINIVORAX</i> .....	19
2.8 PROJETOS CONTRA <i>C. HOMINIVORAX</i> NA AMÉRICA DO SUL .....	21
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A espécie *Cochliomyia hominivorax* faz parte da família Calliphoridae, Ordem Diptera e é classificada como agente causador de miíase primária obrigatória em animais de sangue quente. É biontófaga, ou seja, se desenvolve exclusivamente nos tecidos vivos de animais vertebrados, e é conhecida vulgarmente como “mosca da bicheira”.

As moscas de *C. hominivorax*, antes de atingirem a fase adulta, passam pelos estágios de ovo, larva, pupa e adulto. Fêmeas grávidas fazem suas posturas ao redor de feridas ou lesões existentes nos animais e, após eclosão, as larvas de primeiro estágio adentram o interior destas feridas, de modo a se alimentar de líquidos provenientes de exudato inflamatório, no caso das larvas de primeiro estágio, e do próprio tecido vivo, no caso de larvas de segundo e terceiro estágios. Após completarem seu desenvolvimento, larvas maduras abandonam o hospedeiro e caem no solo para pupar. Aproximadamente após oito dias há a emergência dos adultos. Sob condições ideais de temperatura e umidade, todo o ciclo de vida pode ser completado em apenas 14 dias, podendo levar a epidemias (MASTRANGELO, 2011).

O parasitismo por *C. hominivorax* é de caráter obrigatório no período larval, sendo este o principal díptero Calliphoridae causador de miíase em animais no Novo Mundo, infestando principalmente bovinos, caprinos, ovinos, suínos e outros animais, inclusive silvestres. Eventualmente, os seres humanos também podem ser infestados com larvas desta mosca.

No Brasil, a pecuária possui expressiva importância econômica; é caracterizada como extensiva e ocupa grandes áreas. Nestas condições, a miíase causada pela mosca *C. hominivorax* destaca-se por acarretar prejuízos à bovinocultura, principalmente como agente nas miíases umbilicais dos bezerros recém-nascidos, bem como diminuindo a produção leiteira e os índices de fertilidade, reduzindo a taxa de conversão alimentar e o ganho de peso, podendo, eventualmente, levar os animais infestados à morte. Estima-se em muitos milhões de dólares as perdas ocorridas pela queda de produtividade, pelos custos dos medicamentos para o tratamento como também pela mão-de-obra para o manejo dos animais susceptíveis e/ou doentes (YARZON, 2005).

Os prejuízos causados pelos principais ectoparasitas de bovinos

excedem a dois bilhões de dólares por ano e as míases responderiam por 150 milhões de dólares anuais (GRISI et al., 2002).

Em 1957, um programa de manejo integrado em área-ampla contra *C. hominivorax* foi iniciado na Flórida, Estados Unidos. Após o sucesso deste programa, com a união entre produtores, pesquisadores e o governo federal, foram lançados programas de erradicação da espécie em outros estados do sudeste e sudoeste dos Estados Unidos. A mosca da bicheira foi dada como erradicada do país em 1982, depois no México em 2001 e, finalmente, da América Central em 2004 (MASTRANGELO, 2011).

A mosca da bicheira continua sendo um sério problema de saúde animal e humana em Cuba, algumas ilhas do Caribe e na América do Sul. (VREYSEN et al., 2007).

Por se tratar de uma espécie que causa grandes prejuízos econômicos no Brasil devido ao parasitismo em animais de produção, e por ser até mesmo um problema de saúde pública, as características que envolvem esta mosca e a sua importância no âmbito da Medicina Veterinária serão abordadas neste trabalho.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Identificação morfológica

A mosca adulta de *C. hominivorax* possui coloração azul ou verde metálico, três listras longitudinais no mesonoto (Figura 1) e mede aproximadamente nove milímetros de comprimento. A faixa escura central do tórax não se estende até o final da sutura mesonotal e o quinto segmento do tergito abdominal geralmente possui poucas cerdas lateralmente (SPRADBERY, 2002). A cabeça é de um amarelo brilhante com os olhos amarelo-avermelhados, aparelho bucal do tipo lambedor e com palpos curtos e filiformes. A basicosta (visível em vista frontal) é preta e a parte inferior da parafrontália apresenta pêlos escuros (BRITO et al., 2008).



FIGURA 1 – Mosca adulta de *C. hominivorax*

Fonte: <http://www.icb.ufmg.br/biq/prodap/2000/diptera>

Características morfológicas da espécie estão descritas em chaves taxonômicas para identificação das formas adultas da família Calliphoridae, propostas por alguns autores, dentre eles MELLO (2003) e GRELLA (2011). Dentro das características inerentes à *C. hominivorax*, se destacam a base da nervura radial nua dorsalmente (Figura 2), a asa com nervura média fortemente angulosa e com remígio piloso, palpos curtos e muito delgados (Figura 3) e tergito cinco com pilosidade enegrecida ventralmente.

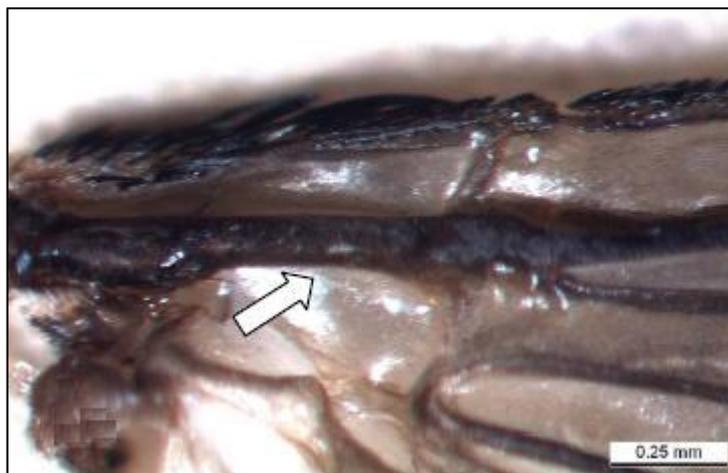


FIGURA 2 – Asa: base da nervura radial nua (seta)  
Fonte: GRELLA (2011)

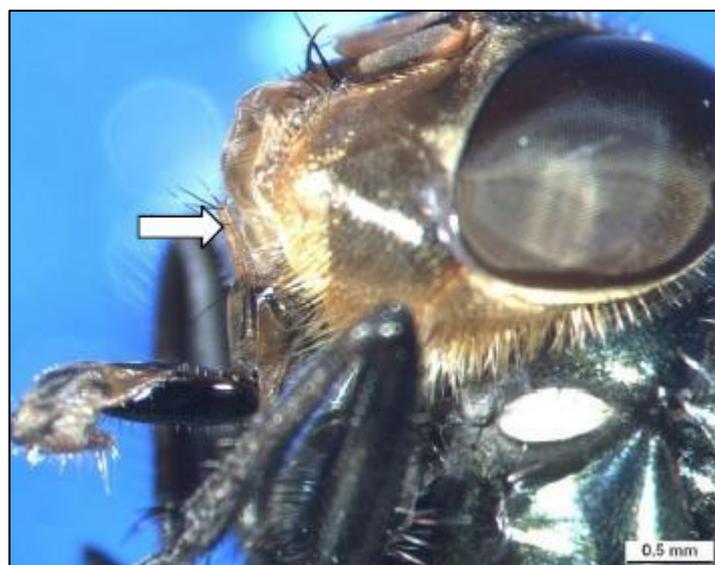


FIGURA 3 – Palpos curtos e delgados (seta)  
Fonte: GRELLA (2011)

Larvas e adultos de *C. hominivorax* podem ser diferenciados morfológicamente das outras espécies. Como os dois primeiros instares larvais são relativamente imperceptíveis e duram apenas dois dos quatro a sete dias de período larval, eles raramente são utilizados para a identificação e posterior diagnóstico e as chaves taxonômicas geralmente são usadas apenas para larvas de terceiro estágio. Na larva de terceiro estágio de *C. hominivorax*, os troncos traqueais dos espiráculos posteriores até o nono ou 10º segmentos são fortemente pigmentados e o espiráculo anterior tem de sete a 12 papilas (SPRADBERY, 2002).

Na identificação dos diferentes ínstares larvais (L1, L2 e L3) são observadas as aberturas nos espiráculos respiratórios, presentes na extremidade posterior da larva. Após a eclosão, a larva de primeiro estágio apresenta um único espiráculo respiratório que não é facilmente observado devido à ausência de pigmentação. A larva de primeiro estágio (L1) apresenta troncos traqueais já bem desenvolvidos. Após cerca de 24 horas esta larva sofre muda para larva de segundo estágio (L2), apresentando dois espiráculos respiratórios, que, por sua vez e aproximadamente mais 24 horas sofre uma segunda muda, alcançando o terceiro estágio (L3), no qual apresenta três espiráculos respiratórios (BRITO et al., 2008).

## 2.2 Ciclo biológico

*C. hominivorax* é um inseto holometábolo, ou seja, tem metamorfose completa. Em temperaturas médias de 22 °C, o ciclo de vida ocorre em aproximadamente 24 dias, porém, dependendo das condições ambientais, este pode se estender até por 50 dias (GUIMARÃES et al., 1983). As fêmeas dessa espécie depositam seus ovos em bordas de fermentos ou nas mucosas de animais; após 24 horas, as larvas eclodem e começam a se alimentar dos fluidos corporais e tecidos vivos do hospedeiro (GUIMARÃES & PAPAVERO, 1999). Cada fêmea coloca em média 200 ovos (variando de 10 a 500) e, quando atraída pelo odor característico de feridas já infestadas, pode levar a infestações com centenas ou milhares de larvas, sendo capaz de ocasionar a morte do hospedeiro (THOMAS & MANGAN, 1989).

A deposição da massa de ovos é precedida pela movimentação do abdômen, exposição do ovipositor e busca de local adequado para a oviposição. A fêmea experimenta a superfície da região utilizando o aparelho bucal e também a ponta do ovipositor, até que possa selecionar o melhor local. Os ovos são depositados em uma massa plana irregular, com os ovos orientados para uma mesma direção, de forma imbricada e não em camadas. Se a ferida já possuía uma massa de ovos, a fêmea que está para ovipositar deposita a nova massa no topo ou em contato direto com a massa anterior em 67% dos casos. Terminada a oviposição, as moscas geralmente abandonam o animal imediatamente (THOMAS & MANGAN, 1989).

A mosca da bicheira é iteropara, ou seja, reproduz-se durante toda a vida, com a oviposição ocorrendo em ciclos que duram em média três dias. As fêmeas de *C. hominivorax*, de certa forma, combinaram longevidade e iteroparidade, com autogenia e grandes massas de ovos. Este comportamento reprodutivo é bem adaptado para a exploração de recursos transitórios, tais como feridas de animais (THOMAS & MANGAN, 1989; MASTRANGELO, 2011).

As larvas completam seu desenvolvimento em um período que varia entre quatro a oito dias, dependendo das condições ambientais. Abandonam a ferida e em seguida se enterram para transformarem-se em pupas (HALL, 1991). Os adultos emergem em aproximadamente oito dias, estando prontos para copular após os primeiros três dias. As fêmeas são monógamas (CRYSTAL, 1967) e autógenas, pelo menos para o primeiro ciclo gonadotrófico, estando prontas para oviposição quatro dias após o acasalamento (HALL, 1991).

### **2.3 Habitat e distribuição geográfica**

A distribuição geográfica histórica de *C. hominivorax* se estendia desde o sul dos Estados Unidos até a região central da Argentina, incluindo as ilhas do Caribe (HALL & WALL, 1995). A espécie foi erradicada entre 1957 a 2000 da América do Norte e América Central continental através de uma abordagem de “Manejo Integrado de Pragas” em áreas extensas, baseada na “Técnica do Inseto Estéril” (KLASSEN & CURTIS, 2005; CORONEL, 2011). Deste modo, a atual distribuição compreende a região do Caribe (Cuba, República Dominicana, Haiti, Jamaica, Trinidad e Tobago) e os países da América do Sul, exceto Chile. Desde 2001, moscas estéreis estão sendo liberadas na região do estreito de Darien, Panamá, num esforço de proteger as áreas livres da possível re-infestação vinda da América do Sul (ROBINSON et al., 2009).

A espécie não sobrevive em regiões com temperatura média inferior a 9°C durante três meses seguidos, ou inferior a 12 °C durante cinco meses seguidos (FAO, 1993).

Climas quentes e úmidos têm sido associados com a abundância populacional da mosca da bicheira, enquanto que climas secos, tanto frios como quentes, com uma baixa atividade das populações (CORONADO & KOWALSKI,

2009). Esta noção de que o clima influencia na abundância da espécie está implícita na natureza sazonal das miíases nos animais domésticos (HIGHTOWER et al., 1966).

O ecótono entre florestas e pastagens tem sido identificado como o habitat de maior atividade das populações da mosca da bicheira (PHILLIPS et al., 2004; GARCIA et al., 2007). A espécie *C. hominivorax* tem locais distintos de alimentação, acasalamento e oviposição. Observações de campo e experimentos em que o habitat foi reproduzido artificialmente indicam que as moscas recém emergidas procuram a floresta para se alimentar e descansar (THOMAS, 1991), preferindo árvores floridas. Dados de marcação, liberação e recaptura mostraram que as fêmeas preferem o habitat de floresta, mas procuram por hospedeiros onde ovipor nas áreas abertas de pastagem próximas (THOMAS & MANGAN, 1989). PHILLIPS et al. (2004), em um estudo da distribuição nas regiões de floresta tropical no Panamá, concluíram que *C. hominivorax* é mais abundante nas florestas semi-abertas e bordas de florestas, assim como em transições entre as estações úmida e seca. Estes autores também encontraram diferenças significativas de abundância entre sítios dentro de um mesmo habitat, mostrando a sensibilidade desta mosca às variações micro-ambientais.

## 2.4 Variabilidade e estrutura genética

O estudo da estrutura genética de espécies que são consideradas pragas tem sido apontado como um componente importante na delimitação de regiões e escalas geográficas adequadas para programas de controle (TABACHNICK & BLACK 1995; KAFSUR, 2005).

Para *C. hominivorax*, a variabilidade genética e a estrutura das populações naturais têm sido caracterizadas através de marcadores citogenéticos (AZEREDO-ESPIN, 1987), isozimas (INFANTE-MALACHIAS, 1999), RAPDs (INFANTE-MALACHIAS, et al. 1999), RFLP e PCR-RFLP do DNAm (LYRA et al., 2009) e microssatélites (TORRES & AZEREDO-ESPIN, 2009). De maneira geral, tem-se observado que a mosca da bicheira é uma espécie com alto grau de polimorfismo, mas que as divergências populacionais estimadas estão de acordo com os valores observados e aceitos para o nível intra-específico (CORONEL, 2011).

Os trabalhos mais conclusivos feitos por LYRA et al. (2009) mostraram que as populações de *C. hominivorax* estão mais diferenciadas na região do Caribe, e apresentam baixos níveis de diferenciação na América do Sul. LYRA et al. (2009) é um dos únicos trabalhos que inclui amostras de toda a distribuição atual de *C. hominivorax*, observando um padrão de diferenciação populacional moderado nessa escala geográfica. No trabalho em questão, os maiores níveis de diferenciação foram observados entre as populações da região do Caribe, contrastando com os baixos níveis de diferenciação das populações continentais. Os autores concluíram que as populações das ilhas do Caribe encontram-se isoladas geograficamente pelo Mar do Caribe e que na América do Sul a baixa diferenciação na ampla região considerada poderia ser devida a fatores históricos, como a expansão demográfica e espacial (CORONEL, 2011).

Os marcadores microssatélites, em concordância com os resultados encontrados com PCR-RFLP mitocondrial, revelaram baixos níveis de diferenciação populacional na América do Sul e estruturação na região do Caribe (TORRES & AZEREDO-ESPIN, 2009). Nenhum dos trabalhos detectou uma correlação significativa entre as distâncias genéticas e geográficas na América do Sul, mostrando que o modelo populacional de isolamento por distância (IBD, em inglês *Isolation By Distance*) não explica a distribuição da diversidade genética encontrada.

Em um trabalho realizado por FRESIA et al. (2011), no qual o objetivo era investigar a variabilidade e estrutura genética das populações da mosca da bicheira na sua atual distribuição geográfica, utilizando seqüências do DNA mitocondrial, os resultados mostraram que a diversidade genética está estruturada em quatro grupos regionais principais, os quais correspondem a Cuba (CG), República Dominicana (DRG) e norte e sul da região Amazônica (NAG e SAG). Estes resultados indicam que a distribuição da diversidade genética para *C. hominivorax* foi principalmente moldada por eventos históricos, colonização das ilhas do Caribe a partir do continente, vicariância (mecanismo evolutivo no qual ocorre fragmentação de uma área biótica e separação de populações por barreiras devido a mudanças geológicas e climáticas) na região amazônica e expansão populacional. Nesse estudo, os autores mostram que a diversidade genética de *C. hominivorax* na América do Sul está estruturada nos dois grupos de populações que se distribuem ao norte (NAG) e ao sul (SAG) da região Amazônica e sugerem que os mesmos se separaram recentemente. Além disso, sugeriram que a floresta

Amazônica deve atuar como barreira ao fluxo gênico nessa espécie.

A história demográfica revela que a espécie atravessou um processo de expansão populacional que começou há aproximadamente 20 a 25 mil anos atrás. O processo demográfico de expansão populacional é provavelmente responsável pela baixa divergência entre as populações dentro dos grupos da América do Sul, assim como da ausência de correlação genética e geográfica na região Sul do Amazonas. A expansão populacional em questão não apaga o padrão de estrutura geográfica na escala continental. Este padrão de distribuição da variabilidade genética sugere que a região do Caribe, o Norte e o Sul da Amazônia poderiam ser considerados unidades independentes, o que tem importância na discussão e desenho de futuros programas de controle desta praga na região (FRESIA et al., 2011).

## 2.5 Importância médica e econômica

O Brasil vem se firmando como grande produtor de proteína animal nas últimas décadas. De acordo com projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a produção de carne bovina brasileira deve chegar a 11,4 milhões de toneladas em 2021 (um acréscimo de 24% em relação à produção de 2011), com uma participação nas exportações mundiais de 30,1% (BRASIL, 2011). Apesar de possuir o maior rebanho bovino comercial do mundo (aproximadamente 200 milhões de cabeças) (IBGE, 2008), ainda existem muitas fazendas que empregam métodos de produção arcaicos, apresentando índices zootécnicos de produtividade que não condizem com a nova dinâmica da produção brasileira de carne (VIEIRA, 2005). Visando obter um rebanho mais produtivo, os produtores devem adotar um manejo sanitário adequado (vacinação, vermifugação, combate a ectoparasitas e tratamento correto das afecções presentes nos animais) aliado a uma boa nutrição e melhoramento genético (DOMINGUES, 2001).

Como consequência do parasitismo, ocorre aumento da mortalidade nos animais, dos custos com inseticidas, medicamentos, serviços veterinários, de mão de obra, com inspeção e manejo dos animais, diminuição do ganho de peso, da produção de leite e da qualidade do couro. Um animal adulto infestado com *C. hominivorax* pode morrer em até sete a dez dias se não tratado corretamente (IAEA, 2088).

Animais pequenos, como coelhos, podem sucumbir rapidamente mediante miíase contendo 50-100 larvas (BAUMHOVER et al., 1966).

Antes da erradicação de *C. hominivorax* nos Estados Unidos, BAUMHOVER (1966) estimou que a espécie ocasionava perdas no país de aproximadamente US\$ 20 milhões/ano na região sudeste e de US\$ 50 a 100 milhões/ano na região sudoeste. Foi estimado que a indústria norte-americana sofreria perdas de produção da ordem de US\$ 900 milhões caso essa mosca fosse reintroduzida (McGRAW, 2001).

No Haiti e na República Dominicana, os danos por essa praga foram estimados em US\$ 16 milhões e US\$ 10 milhões por ano, respectivamente. Na Jamaica, as taxas de infestação em bovinos e caprinos chegavam a 15,1 e 18,3%, respectivamente, sendo que as perdas por causa da mortalidade, baixa produtividade e custos de produção (vistorias, prevenção e tratamento de feridas) foram estimados entre US\$ 5,5 milhões e US\$ 7,8 milhões/ano (VO, 2000).

No Brasil, os prejuízos gerados pelo parasitismo nos rebanhos bovinos são difíceis de serem calculados e incluem perda de peso, queda na produção de carne e leite e letalidade de animais não tratados. Os prejuízos mais fáceis de calcular são devido aos custos dos tratamentos preventivos e curativos. No Brasil e Paraguai, as perdas foram estimadas em US\$ 1,8 bilhões e US\$ 103 milhões, respectivamente (IPS, 2010).

Os medicamentos utilizados no controle, além de representarem um grande prejuízo para o produtor, contribuem para a presença de resíduos indesejáveis na carne e no leite bovino. Além de todos estes aspectos indesejáveis do uso de inseticidas para os produtores e para os consumidores dos produtos de origem animal, deve-se também considerar o impacto ambiental produzido pela utilização destes medicamentos. O acúmulo de embalagens com restos de inseticidas é extremamente prejudicial ao meio ambiente, necessitando desta maneira, de uma racionalização de uso, que nem sempre é verificada nas propriedades rurais (BRITO et al., 2008).

GRISI et al. (2002) estimaram que as perdas por *C. hominivorax* no Brasil giravam em torno de US\$ 150 milhões/ano. ROCHA E VAZ (1950) observaram a necropsia de 300 bezerros e afirmaram ser de 8 a 15% a letalidade por *C. hominivorax* em São Paulo.

Segundo LELLO et al. (1982), casos de miíases foram encontrados em 56% das fazendas de Botucatu e a taxa de infestação era de 46,8% em ovelhas e 95,2% em bovinos. De acordo com MOYA-BORJA (2003), a venda de “mata bicheiras” para todas as espécies animais atinge cerca de US\$ 8 milhões por ano no país.

A importância da mosca em saúde pública também deve ser considerada, sendo o médico veterinário personagem crucial para a elucidação da epidemiologia da doença. Nos casos em que *C. hominivorax* parasita seres humanos, muitas vezes devem haver condições propícias para tal, dentre elas a debilidade física ou mental, desidratação, higiene corporal inadequada, desnutrição, elefantíase, diabetes, alcoolismo, anemia, infestação por piolhos e, fundamentalmente, feridas ou lesões causadas por traumas prévios (COUPPIE et al., 2005).

Entre 2002 e 2009, foram encontrados registros de 241 casos de miíases em crianças (0-6 anos) e idosos na Venezuela, havendo ainda dois óbitos de idosos por infestação massiva (CORONADO & KOWALSKI, 2009). Entre 1999 e 2002, foram registrados 24 casos na cidade de Recife, Pernambuco (NASCIMENTO et al., 2005). No município de São Gonçalo, Rio de Janeiro, entre julho de 2007 e maio de 2008, houve 22 casos de pessoas parasitadas por *C. hominivorax* (SILVA et al., 2008a). LOPES-COSTA et al. (2008) relataram um caso de miíase por *C. hominivorax* na cavidade uterina de uma mulher.

Na verdade, existe um consenso entre especialistas médicos e veterinários de que a incidência de *C. hominivorax* é provavelmente sub-reportada na maioria dos países, com o número real sendo freqüentemente 10 vezes maior do que o número oficial. Até mesmo em países com serviços médico veterinários bem estruturados e de boa qualidade, a incidência real é estimada como sendo cinco vezes maior do que a declarada oficialmente (IAEA, 1998).

Recentemente, o Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, por meio da Instrução Normativa de número 50, de 24 de setembro de 2013, alterou a lista de doenças passíveis de aplicação de medidas de defesa sanitária animal, listando várias doenças que antes não eram de notificação obrigatória e passaram a ser. No anexo desta Instrução Normativa, foram listadas as doenças que requerem notificação imediata de caso suspeito ou diagnóstico laboratorial, doenças que requerem notificação imediata de qualquer caso suspeito,

doenças que requerem notificação imediata de qualquer caso confirmado e, por fim, doenças que requerem notificação mensal de qualquer caso confirmado. Dentre as doenças listadas nesta última, as quais acometem múltiplas espécies, está a miíase por *C. hominivorax*. Este fato salienta a importância da enfermidade no contexto da saúde animal no Brasil e deve servir também como forma de monitoramento da frequência dos casos, auxiliando no cálculo dos prejuízos oriundos das infestações causadas pela espécie, e, em consequência destes, a avaliação de melhores métodos de minimização e controle desta praga.

## 2.6 Controle

O controle da população de espécies pragas utilizando inseticidas é a estratégia convencional, tanto na pecuária quanto na agricultura (VARGAS-TERÁN et al., 2005). Este tipo de controle é aplicado de forma independente por cada produtor de acordo com as suas necessidades, sendo muitas vezes de curto prazo e sem nenhum programa coordenado. O uso de inseticidas pode vir a selecionar linhagens de insetos resistentes (HEMINGWAY & RANSON, 2000). De fato, em *C. hominivorax*, SILVA et al. (2009) identificaram mutações correlacionadas com resistência a alguns inseticidas em populações do Brasil e Uruguai. Essa forma de controle também pode trazer outros problemas como a contaminação do ambiente (PORRETTA et al., 2007) e acúmulo de resíduos químicos tais como organofosforados e piretróides na carne e no leite (NOLAN & SCHNITZERLING, 1986; CORONEL, 2011).

A sociedade moderna tem demandado tecnologias de controle de pragas que não sejam apenas eficientes, mas também sustentáveis e ambientalmente seguras (MASTRANGELO, 2011). Deste modo, com a necessidade de reduzir o uso de produtos químicos, a adoção de programas de controle com maior especificidade em uma escala geográfica apropriada tem sido destacada como uma alternativa mais adequada (PORRETTA et al., 2007).

Dentre os programas de controle aplicados à *C. hominivorax*, se destacam o “Manejo Integrado de Pragas” (MIP) e a “Técnica do Inseto Estéril”, que serão abordados a seguir.

### 2.6.1 Manejo Integrado de Pragas

Manejo Integrado de Pragas (MIP) consiste em um “sistema de decisão para uso de táticas de controle isoladas ou associadas harmoniosamente, em uma estratégia de manejo baseada em análises de custo/benefício que levam em conta o interesse ou impacto na sociedade e no ambiente”. Dentre as etapas para elaboração de um programa de MIP, pode-se citar: reconhecimento das pragas-chave (identificação taxonômica e bionomia), determinação dos níveis de dano econômico e de controle, amostragem populacional, determinação da dinâmica populacional e avaliação dos métodos de controle. Na verdade, nas últimas décadas, o MIP permaneceu como paradigma dominante do controle de pragas (KOGAN, 1998).

O manejo eficiente de uma praga requer o controle de todas as populações numa área geográfica delimitada, sendo esta área de um tamanho mínimo suficientemente grande para que a dispersão natural só ocorra dentro deste mesmo espaço geográfico (KLASSEN & CURTIS, 2005). KNIPLING (1972) mostrou que a sobrevivência de uma pequena fração da população (1% da população original) é suficiente para que em poucas gerações (aproximadamente quatro), a praga recupere a densidade capaz de causar danos econômicos. Desta forma, o conhecimento da estrutura populacional, dos padrões de fluxo gênico, bem como das taxas de dispersão, é necessário para desenvolver estratégias efetivas de controle de uma praga (TABACHNICK & BLACK, 1995).

Em áreas extensas, o manejo integrado dessas pragas representa uma estratégia alternativa focada no manejo preventivo das populações desses agentes em todos os habitats do ecossistema, evitando que potenciais migrantes sejam capazes de restabelecer infestações em áreas de interesse (KLASSEN & CURTIS, 2005).

Para os estudos de flutuação sazonal dos adultos e monitoramento populacional, podem-se empregar animais sentinelas com a finalidade de obtenção de massa de ovos e larvas (BAUMHOVER et al., 1955), iscas com fígado deteriorado ou armadilhas com atrativos artificiais para captura de adultos (HALL & WALL, 1995).

JONES et al. (1976) desenvolveram um atrativo químico com 10 componentes (álcool sec e iso-butílico, ácido acético, ácido butírico, ácido valérico,

fenol, p-cresol, ácido benzóico, indol e acetona) que atraía de cinco a sete vezes mais machos de *C. hominivorax* e 87% menos moscas de outras espécies do que fígado em decomposição, o qual foi a isca padrão por mais de 40 anos. COPPEDGE et al. (1977) adicionaram o dimetil dissulfeto, criando o Swormlure-2, o que aumentou a atratividade para moscas da bicheira. O raio de influência do Swormlure-2 era máximo até os 150 metros (BROCE et al., 1979). Mais tarde, a acetona foi retirada da mistura e o Swormlure-2 tornou-se componente essencial do monitoramento e dos sistemas de supressão populacional do programa de erradicação de *C. hominivorax* (SNOW et al., 1982).

Como componentes das estratégias de supressão ou erradicação, pode-se citar o *Screwworm Adult Suppression System* (SWASS), o manejo preventivo do rebanho, o controle químico, o controle biológico e a Técnica do Inseto Estéril (MASTRANGELO, 2011).

COPPEDGE et al. (1978a) desenvolveram um sistema de isca tóxica, o já citado *Screwworm Adult Suppression System* (SWASS). As primeiras unidades de SWASS, utilizadas na ilha de Curaçao, consistiam em cilindros de cartolina (5,1 cm de diâmetro por 7,5 cm de altura) que continham em seu interior 5 g de uma mistura de cola de Elmer (52%), açúcar granulado (32%), sangue em pó (14%) e diclorvós (2%), além de algodão odontológico impregnado com 2 mL de Swormlure-2. Entre 1954 a 1974, a ilha de Curaçao esteve livre da mosca de *C. hominivorax*, porém, em dezembro de 1975, foi detectada uma infestação. Em julho de 1976, iniciou-se uma avaliação do SWASS na ilha. As unidades de SWASS foram liberadas (10-20/km<sup>2</sup>) por 15 semanas, resultando em 65-85% de supressão de adultos e declínio da incidência de larvas entre 30-70%, sendo que as unidades mataram aproximadamente cinco fêmeas adultas para cada macho (COPPEDGE et al., 1978b).

A formulação seguinte das unidades de SWASS (COPPEDGE et al., 1980) consistia de *pellets* de 3,5 g feitos a partir de açúcar (30,5%), sangue em pó (30,5%), farelo de milho (7,5%), diclorvós (2%) e um preparado de cera (29,5%) (82% de Swormlure-2 e 18% de cera). No Texas, os *pellets* eram distribuídos por aviões na taxa de 1 kg/5,7 km<sup>2</sup>, provocando reduções das populações nativas de *C. hominivorax* de até 84% e de *C. macellaria* em até 90%.

Com melhorias do manejo sanitário do rebanho, vários tipos de casos de miíases podem ser completamente eliminados. Utilizando todos os meios de

prevenção contra as infestações, os produtores podem reduzir os custos com remédios e mão-de-obra, perdas no ganho de peso e na qualidade do couro, além de morte dos animais. Os animais devem ser manejados de modo a evitar feridas desnecessárias e castrações, marcações, descornas e o nascimento de bezerros pode ser programado para as épocas de baixo parasitismo.

O controle biológico da bicheira não constitui o fator principal na redução das populações da praga. Antes da erradicação, uma tentativa de reduzir-la nos E.U.A, liberando grandes quantidades do braconídeo *Alysia ridibunda*, criados em laboratório não obteve o êxito desejado (MOYA-BORJA, 2003).

No controle químico, os organofosforados (coumaphos, ronnel, chlorpyrifos, chlorfenvinfos, trichlorfon, diclorvós) são largamente utilizados, além dos endectocidas de ação residual, como avermectinas (doramectina e ivermectina) e, por ultimo, o Moxidectin (Cyanamid) (MOYA-BORJA, 2003).

### **2.6.2 Técnica do Inseto Estéril**

Devido às crescentes limitações quanto a presença de resíduos de agrotóxicos na carne, leite e no ambiente, além do surgimento de linhagens resistentes de insetos, como ocorreu com a espécie *Lucilia cuprina* (Diptera: Calliphoridae) na Austrália (LEVOT, 1995), vem ganhando destaque outro método de controle, a chamada Técnica do Inseto Estéril (TIE).

Em 1934, o Agricultural Research Service do Departamento da Agricultura dos Estados Unidos (USDA-ARS) inaugurou uma estação de pesquisa na Geórgia e, em 1936, no Texas. Em 1936, Melvin e Bushland desenvolveram uma dieta artificial e técnicas de colonização da mosca da bicheira. No ano de 1937, Knipling e Bushland lançaram uma teoria autocida para a supressão de populações de *C. hominivorax*. Porém, toda a pesquisa foi interrompida devido à Segunda Guerra Mundial. Após a guerra, em 1947, ressurgiu o interesse pela erradicação de *C. hominivorax* e pelo que se tornaria mais tarde a Técnica do Inseto Estéril (TIE) (WYSS, 2000).

Hermann J. Muller, em 1927, havia descrito a indução de mutações letais dominantes no sistema reprodutivo de *Drosophila sp.* por raios X. Em 1946, Arthur W. Lindquist ressaltou o fato de que Muller com essa experiência havia relatado

um meio para esterilizar insetos. BUSHLAND & HOPKINS (1951) conduziram, então, as primeiras irradiações de *C. hominivorax* no setor de terapia com raios X do Hospital Brooke Army e demonstraram que, quando pupas de seis dias de idade eram expostas a 50 gray de raios X, as moscas adultas que emergiam eram estéreis e podiam competir igualmente contra as moscas não irradiadas.

O primeiro projeto-piloto de campo foi realizado entre 1951 e 1953 na ilha Sanibel (47 km<sup>2</sup>), a quatro quilômetros da costa da Flórida, utilizando inicialmente moscas marcadas para um experimento de liberação e recaptura. A porcentagem de massas de ovos radioativas também foi avaliada. As moscas foram produzidas no laboratório do ARS no Texas. Os resultados corroboraram com os estudos de laboratório e, depois de apenas oito semanas de liberações (aproximadamente 39 machos estéreis/km<sup>2</sup>/semana), 100% das massas de ovos coletadas dos animais sentinela eram estéreis. Mesmo assim, a erradicação não foi alcançada por causa de reinfestações contínuas provocadas por moscas férteis vindas de terra firme (BAUMHOVER et al., 1955; MASTRANGELO, 2011).

Para provar a viabilidade da TIE de uma forma mais conclusiva, um teste de erradicação foi iniciado em 1954 na ilha de Curaçao (área de 435 km<sup>2</sup>), situada a 6,5 km da costa da Venezuela. As moscas foram produzidas em uma biofábrica da Flórida e as pupas irradiadas foram acondicionadas em sacos de papel, enviadas por avião para Curaçao e liberadas duas vezes por semana. Os machos estéreis começaram a ser liberados (aproximadamente 155 machos estéreis/km<sup>2</sup>/semana) em agosto de 1954 e a erradicação foi alcançada em apenas 43 semanas (BAUMHOVER et al., 1955).

De acordo com a *International Plant Protection Convention* (FAO, 2005), a TIE é hoje definida como um “método de controle de pragas usando liberações inundativas de insetos estéreis em área-ampla visando reduzir a fertilidade de uma população selvagem da mesma espécie”. Ao transferir esperma com mutações letais dominantes (induzidas tradicionalmente por radiações ionizantes) para as fêmeas selvagens, a geração seguinte é inviabilizada (MASTRANGELO, 2011).

Basicamente, pode-se dizer que a TIE é composta por três etapas: produção massal da espécie-alvo, esterilização dos insetos e liberação no campo.

Antes da expansão de qualquer programa que integre a TIE, são indispensáveis pesquisas preliminares relacionadas a essas etapas, como determinação dos tipos de dieta, da dose ótima de esterilização (que não

comprometa a competitividade dos adultos no campo), distribuição e densidade da praga no ambiente, estudos de ecologia, etologia, de compatibilidade sexual de linhagens, dentre outros (DYCK et al., 2005). Implantar uma tecnologia sem a devida preparação, adaptação e dados precisos da situação local pode implicar na perda da eficiência do projeto e aumento dos custos em curto prazo (VREYSEN et al., 2007).

As pesquisas com dietas são de extrema importância, uma vez que dietas mal elaboradas podem afetar o desempenho dos estágios imaturos e do adulto (CANGUSSU & ZUCOLOTO, 1997). Estudos sobre a nutrição de *C. hominivorax* são conduzidos desde a década de 1930 (CHAUDHURY et al., 2002).

Encontrar dietas mais baratas para a criação massal pode refletir no custo total do programa. Com relação à dieta para adultos, a substituição da carne de cavalo por ovo *spray dried* e do mel por melaço, gerou uma economia de US\$ 100 mil anuais para a biofábrica do México (CHAUDHURY et al., 2002).

Para obtenção das informações básicas sobre a esterilização de *C. hominivorax*, somente depois de 1950 os bioensaios com radiações ionizantes foram iniciados. BUSHLAND & HOPKINS (1951) relataram que pupas dois dias antes da emergência do adulto expostas a doses de 2.500 e 5.000 R (24,3 e 48,7 Gy) de raios X originavam machos e fêmeas estéreis, respectivamente, e que os machos estéreis competiam satisfatoriamente contra os não-irradiados nas gaiolas de laboratório. Com o desenvolvimento de fontes de raios gama pela *Atomic Energy Commission* (E.U.A.), BUSHLAND & HOPKINS (1953) puderam realizar experimentos comparando raios X e gama, e concluíram que nenhuma dose menor que 5.000 R (48,7 Gy) era capaz de produzir 100% de esterilidade (lotes com machos e fêmeas) e que era melhor esterilizar pupas com mais de cinco dias de idade. Duas décadas depois, CRYSTAL (1979) reexaminou as doses de esterilização procurando encontrar uma combinação ótima entre dose e idade do inseto. Quando as pupas eram irradiadas 72 horas antes da emergência do adulto, a esterilidade dos machos irradiados com dois ou mais krad (20 Gy) era maior que 95%, e a esterilidade das fêmeas era 100% na dose de quatro krad (40 Gy) (MASTRANGELO, 2011).

A TIE não funciona quando as linhagens do inseto estéril e do selvagem são incompatíveis sexualmente (DYCK et al., 2005). Visando explorar esta

potencial limitação, iniciaram-se diversos estudos buscando verificar o grau de variabilidade inter e intra-populacional de *C. hominivorax* de diferentes localizações geográficas. Pesquisas preliminares com “*isozyme loci*” evidenciaram que *C. hominivorax* deve formar uma única população panmítica nas Américas (LESSINGER & AZEREDO-ESPIN, 2000). INFANTE-MALAQUIAS et al. (1999) sugeriram que a América do Sul, pode ser na verdade, o centro de origem da espécie. Através de marcadores moleculares como mtDNA e microsátélites, foram encontradas pequenas diferenças entre populações no Uruguai e no Brasil (TORRES et al., 2007). Todavia, ainda existe a necessidade de trabalhos que investiguem os resultados dos cruzamentos entre essas populações em laboratório e no campo. A incompatibilidade entre a linhagem estéril e a selvagem de *C. hominivorax* foi constatada, com os machos selvagens rejeitando as fêmeas estéreis (IAEA, 2006).

A TIE não é uma técnica que pode ser transferida diretamente para qualquer condição de campo. Ela deve ser adaptada à ecologia e às condições sócio econômicas de cada situação (MASTRANGELO, 2011).

Alguns países da América do Sul, como Uruguai e Venezuela, já manifestaram interesse pela TIE (IAEA, 2000). Contudo, ainda não há estudos completos sobre a viabilidade econômica de um programa de erradicação de *C. hominivorax* para todo o continente sul-americano, apesar de ter sido estimado que os benefícios alcançados seriam da ordem de US\$ 2,8 bilhões/ano para o continente (VARGAS-TERÁN et al., 2005; IAEA, 2008).

O Brasil também pensou na possibilidade de erradicar a *C. hominivorax*, entretanto muitos fatores ainda precisam ser conhecidos para que um programa de controle seja eficiente. Além dos aspectos como distribuição e abundância da bicheira na América do Sul, pesquisas sobre genética, ecologia e etologia serem fundamentais para a aplicação da TIE no Brasil, os estudos sobre a distribuição e a abundância da bicheira e dos hospedeiros selvagens na região amazônica precisam ser enfatizados, pois *C. hominivorax* pode ser um parasito regulador das populações de animais selvagens (MOYA-BORJA, 2003).

De forma geral, foram contínuos os esforços para melhorar as técnicas de produção de moscas estéreis, por meio de pesquisas aplicadas que garantissem a qualidade dos insetos, melhores substratos para manutenção de colônias viáveis em laboratório, desenvolvimento de novas técnicas para diminuir os custos, para

que, esses fatores aliados pudessem garantir o sucesso das campanhas de erradicação de *C. hominivorax* ao longo das décadas (MASTRANGELO, 2011).

## **2.7 Programas de erradicação contra *C. hominivorax***

Entre a primavera e verão de 1957, os pecuaristas sofreram grandes perdas por causa da bicheira no sudeste dos Estados Unidos. Naquele mesmo verão, Bushland e seu grupo de pesquisa conduziram um projeto-piloto com moscas estéreis em uma área de 5.180 km<sup>2</sup> próxima de Bithlo, Flórida. Neste teste, houve redução de 70% do número de casos no centro da área de teste (BAUMHOVER et al., 1959). Estes resultados encorajaram a implementação de um programa de erradicação no sudeste dos Estados Unidos no período de 1957 a 1959 (MASTRANGELO, 2011).

A campanha iniciou-se em 1957 e foi favorecida pelo inverno de 1957-1958, que foi um dos mais frios e úmidos da história da Flórida. Para maximizar tais condições, a produção de moscas estéreis na biofábrica de Bithlo aumentou de dois milhões/semana para 14 milhões/semana. Em 10 de julho de 1958, foi inaugurada outra biofábrica em Sebring, Flórida, a qual, depois de três meses, passou a produzir mais de 50 milhões de moscas estéreis por semana. Os últimos dois casos relatados de miíase por *C. hominivorax* no sudeste dos E.U.A. ocorreram em 19 de fevereiro de 1959 e 17 de junho de 1959 e a espécie foi dada como erradicada oficialmente do país em 1982 (WYSS, 2000). Essa campanha custou US\$ 10 milhões (ou metade do valor das perdas que os produtores sofriam com as epidemias de bicheira) (BAUMHOVER et al., 1966).

Pelo fato de ocorrerem contínuos surtos nos Estados Unidos entre 1972 e 1982, e o interesse dos produtores mexicanos, foi criada em 28 de agosto de 1972 a Comisión México-Americana para la Erradicación del Gusano Barrenador del Ganado (COMEXA), cujos objetivos eram contruir e operar uma biofábrica e erradicar *C. hominivorax* até o istmo de Tehuantepec (190 km em comparação com os 2.400 km de fronteira entre os E.U.A. e o México) (WYSS, 2000).

Em 1976, foi inaugurada em Tuxtla Gutierrez, Chiapas, México, a biofábrica com capacidade de produzir 500 milhões de moscas estéreis/semana. A campanha no México continuou utilizando moscas estéreis das biofábricas de

Mission e de Tuxtla Gutierrez até quando a do Texas foi fechada em 1982. O objetivo do COMEXA de erradicar a mosca da bicheira até o istmo de Tehuantepec foi alcançado em 1984 (WYSS, 2000).

Estudos subsequentes mostraram que era mais viável manter a barreira biológica permanente entre o canal do Panamá e a Colômbia (onde seriam necessários 40 milhões de insetos estéreis/semana, comparados com os 150 milhões para Tehuantepec), e, em 1985, o plano para erradicação para a América Central foi traçado (WYSS, 2000).

O México foi declarado oficialmente livre de *C. hominivorax* em 25 de fevereiro de 1991. Entre 1988 e 1994, foi executada a erradicação na Guatemala e Belize. El Salvador e Honduras foram declarados livres em 1995 e 1996, respectivamente. A campanha de erradicação durou de 1992 a 1998 na Nicarágua, e a Costa Rica está livre desde o ano 2000. Somente nos picos de liberação nesses países, foram liberados entre 24 e 120 milhões de moscas estéreis/semana. Para cobrir todo o Panamá até 2004, foram necessários quase 80 milhões de moscas estéreis/semana (taxa de 3.000 moscas estéreis/km<sup>2</sup>) (WYSS, 2000).

Até poucos anos atrás, a biofábrica de Tuxtla produzia cerca de 100 milhões de insetos estéreis/semana (CHAUDHURY & SKODA, 2007) e a Comisión Panamá- Estados Unidos para la Erradicación y Prevención del Gusano Barredor del Ganado (COPEG) mantém atualmente liberações preventivas no istmo de Darién, fronteira com a Colômbia (área de 300.000 km<sup>2</sup>), com orçamento em torno de US\$ 10 milhões por ano (MASTRANGELO, 2011).

Os esforços existem também para a erradicação na Jamaica e ilhas do Caribe, sendo que a primeira iniciou uma campanha em 1999, porém não obteve o sucesso pretendido devido a diversos fatores, tais como a falta de conhecimento acerca da variabilidade genética de *C. hominivorax* de uma região para outra, má qualidade dos insetos, falta de comprometimento dos integrantes do programa com a campanha, além de outros problemas que surgiram no decorrer da mesma.

Porto Rico e Aruba estão livres desde 1976 e 2005, respectivamente. Em 1996, os benefícios anuais estimados somente para os pecuaristas dos E.U.A., México e América Central foram, respectivamente, de US\$ 796, 292 e 77,9 milhões (IAEA, 2008; MASTRANGELO, 2011).

## 2.8 Projetos contra *C. hominivorax* na América do Sul

Em 2006, a Comisión México-Americana para la Erradicación del Gusano Barrenador del Ganado (COMEXA) apresentou um projeto regional à Superintendência Federal do Ministério da Agricultura do Rio Grande do Sul (SFA/RS/MAPA), e foi definida uma área-piloto na fronteira entre Uruguai e Brasil, que incluía os municípios de Quaraí, Barra do Quaraí e Santana do Livramento, nos quais os prejuízos somavam US\$ 150 mil/ano ou US\$ 0,51 por animal/ano. A área total delimitada foi de aproximadamente 4.662 km<sup>2</sup>, envolvendo uma população total de 134.204 ovinos e 126.724 bovinos, sendo que todos os estabelecimentos rurais da área já havia sido detectada a presença de míases nos animais.

O projeto foi executado entre janeiro e maio de 2009, com importação de moscas estéreis da biofábrica de Tuxtla Gutierrez e liberadas pela Força Aérea uruguaia, sendo o COMEXA a agência executora e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) o financiador (US\$ 1 milhão a fundo perdido foi liberado para o começo das atividades). Depois de 13 semanas de liberação (21,6 milhões de moscas liberadas por semana, quatro dias por semana, sendo 1.545 moscas estéreis/km<sup>2</sup>, 20 armadilhas de adultos na área), foi observado que 21,5% das massas de ovos coletadas dos animais sentinela eram estéreis (209 massas do total de 1.472 massas coletadas) (PONTES et al., 2009). Com os resultados positivos desse projeto-piloto, programas de supressão ou erradicação no MERCOSUL poderão se estruturar (MASTRANGELO, 2011).

Por causa da ausência de barreiras naturais para *C. hominivorax* na América do Sul, um empreendimento tão abrangente de supressão/erradicação para o MERCOSUL exigirá coordenação internacional, cooperação entre os países vizinhos e os organismos internacionais de saúde animal e um comprometimento político-financeiro de longo prazo por parte de todos os agentes (WYSS, 2000; IAEA, 2008). Será necessário um complexo bioindustrial que consuma grandes quantidades de materiais diariamente para o preparo de dietas dos insetos, manutenção das colônias e produção dos milhões de insetos estéreis necessários semanalmente (SILVA et al., 2008b). O Brasil já conta com dois centros que podem liderar esta última ação.

O Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), instituto especializado de pesquisa da Universidade de São Paulo (USP), possui uma

“fábrica piloto”, construída com recursos do MAPA e com apoio da FAO/IAEA, que oferece suporte estratégico e treinamento aos programas de TIE a serem adotados pelo governo. A Biofábrica MOSCAMED Brasil (BMB), inaugurada em 2005 na Bahia, é uma organização social ligada ao MAPA e visa, no primeiro momento, a supressão populacional das moscas das frutas nos agropólos de todo o Vale do rio São Francisco. Sua capacidade inicial de produção semanal é de 200 milhões de machos estéreis de *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) e de cinco milhões do parasitóide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae). Como sua planta dispõe de sete módulos de produção, pelo menos um poderia facilmente ser convertido para a produção de moscas estéreis de *C. hominivorax* (MASTRANGELO, 2011).

Ressalta-se que o centro de produção de moscas estéreis esteja baseado na própria América do Sul. Isso porque o custo dos insetos estéreis aumenta com a distância até o local de liberação, além do fato de que a qualidade dos insetos pode ser comprometida durante viagens muito longas (MASTRANGELO, 2011).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

*Cochliomyia hominivorax* é a espécie de mosca causadora de miíase mais comum no Brasil e ainda está presente em vários países da América do Sul. A espécie causa miíase primária, de caráter obrigatório, tendo os animais vertebrados como seus principais hospedeiros. Dentre estes hospedeiros, estão os animais domésticos, de produção, silvestres e até mesmo o homem.

Os prejuízos causados pelo parasitismo da mosca da bicheira são grandes, porém geralmente difíceis de serem contabilizados. Vários aspectos contribuíram para a dificuldade de mensurar os gastos com o manejo e tratamento dos animais infestados, dentre eles o fato da enfermidade muitas vezes ser negligenciada, não sendo, até pouco tempo, de notificação compulsória ao Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

O conhecimento acerca da identificação, distribuição geográfica e demais aspectos relacionados à mosca são de fundamental importância quando se objetiva controlar e/ou minimizar os prejuízos causados pela infestação das larvas em feridas de animais e até dos seres humanos.

Para que novas técnicas de controle e até mesmo de erradicação de uma praga sejam desenvolvidas adequadamente e aplicadas em uma determinada região, o estudo das diversas características inerentes ao parasita é crucial para que as metas previamente estipuladas sejam alcançadas.

As perspectivas para erradicação no Brasil são positivas, visto que o projeto-piloto contra *C. hominivorax* executado no Brasil em 2009 atingiu bons resultados. Entretanto, os dados quantitativos sobre a doença são de difícil acesso e muitas variáveis relacionadas com ela ainda são desconhecidas. Um programa de erradicação só é bem sucedido se um forte e contínuo sistema de monitoramento for implantado, se houver comprometimento dos produtores com o programa, além de ser importante o conhecimento de diversas outras questões relacionadas ao inseto. Muitos desses pré-requisitos ainda não estão firmados no Brasil.

## REFERÊNCIAS

1. AZEREDO-ESPIN, A. M. L. **Análise Cariotípica, Morfométrica e de Compatibilidade Sexual em Linhagens Brasileiras de *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae)**. 1987. 147 f. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
2. BAUMHOVER, A. H. Eradication of the Screwworm Fly, an agent of Myiasis. **Journal of the American Medical Association**, Chicago, v. 196, n. 3, p. 240-248, 1966.
3. BAUMHOVER, A. H.; GRAHAM, A. J.; BITTER, B. A.; HOPKINS, D. E.; NEW, W. D.; DUDLEY, F. H.; BUSHLAND, R. C. Screw-worm control through release of sterilized flies. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 48, n.1 p. 462-466, 1955.
4. BAUMHOVER, A. H.; HUSMAN, C. N.; SKIPPER, C. C.; NEW, W. D. Field observations on the effects of releasing sterile screwworms in Florida. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 52, n. 6, p. 1202-1206, 1959.
5. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Projeções do Agronegócio: Brasil 2010/2011 a 2020/2021**. Brasília, DF: Assessoria de Gestão Estratégica, 2011. 59 p.
6. BRASIL. Instrução Normativa nº 50 de 24 de setembro de 2013. Dispõe sobre a alteração da lista de doenças passíveis da aplicação de medidas de defesa sanitária animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 set. 2013. Seção 1, p. 47.
7. BRITO, G. L.; OLIVEIRA, S. C. M.; GIGLIOTTI, R.; BARBIERI, S. F.; NETTO, S. G. F., CHAGAS, S. C. A.; CELESTINO, O. O. **Manual de identificação, importância e manutenção de colônias estoque de dípteras de interesse veterinário em laboratório**. Comunicado Técnico 125 – Embrapa. Porto Velho, 2008. 25 p.

8. BROCE, A. B.; COODENOUGH, J. L.; SNOW, J. W. Recovery of screwworm flies released at various distances and directions of the attractant Swormlure-2. **Environmental Entomology**, College Park, v. 8, n. 1, p. 824-828, 1979.
9. BUSHLAND, R. C.; HOPKINS, D. E. Experience with screwworm flies sterilized by X-rays. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 44, n. 1, p. 725-731, 1951.
10. BUSHLAND, R. C.; HOPKINS, D. E. Sterilization of screwworm flies with X-rays and gamma rays. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 46, n. 1, p. 648-656, 1953.
11. CANGUSSU, J. A.; ZUCOLOTO, F. S. Effect of protein sources on fecundity, food acceptance, and sexual choice by *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 4, p. 611-618, 1997.
12. CHAUDHURY, M. F.; ALVAREZ, L. A.; VELAZQUEZ, L. L. Recycled paper products as substitutes for gelling agent in screwworm (Diptera: Calliphoridae) larval diet. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 95, n. 6, p. 1337-1341, 2002.
13. CHAUDHURY, M. F.; SKODA, S. R. A cellulose fiber-based diet for screwworm (Diptera: Calliphoridae) larvae. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 100, n. 1, p. 241-245, 2007.
14. COPPEDGE, J. R.; AHRENS, E.; GOODENOUGH, J. L.; GUILLOT, F. S.; SNOW, J. W. Field comparisons of liver and a new chemical mixture as attractants for the screwworm fly. **Environmental Entomology**, College Park, v. 6, n. 1, p. 66-88, 1977.
15. COPPEDGE, J. R.; BROCE, A. B.; TANNAHILL, F. H.; GOODENOUGH, J. L.; SNOW, J. W.; CRYSTAL, M. M. Development of a Bait System for Suppression of Adult Screwworms. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 71, n. 3, p. 483-486, 1978a.
16. COPPEDGE, J. R.; BROWN, H. E.; GOODENOUGH, J. L.; TANNAHILL, F. H.; SNOW, J. W.; PETERSEN, H. D.; HOFMANN, H. C. Field Performance of a

- New Formulation of the Screwworm Adult Suppression System. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.73, n. 3, p.411-414, 1980.
17. COPPEDGE, J. R.; GOODENOUGH, J. L.; BROCE, A. B.; TANNAHILL, F. H.; SNOW, J. W.; CRYSTAL, M. M.; PETERSEN, H. D. Evaluation of the Screwworm Adult Suppression System (SWASS) on the Island of Curaçao. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 71, n. 4, p.579-584, 1978b.
  18. CORONADO, A.; KOWALSKI, A. Current status of the New World Screwworm *Cochliomyia hominivorax* in Venezuela. **Medical and Veterinary Entomology**, Oxford, v. 23, n. 1, p. 106-110, 2009.
  19. CORONEL, P. F. **Análise filogeográfica da mosca da bicheira, *Cochliomyia hominivorax***. 2011. 113 f. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
  20. COUPPIE, P.; ROUSSEL, M.; RABARISON, P.; SOCKEEL, M. J.; SAINTE-MARIE, D.; MARTY, C.; CARME, B. Nosocomial nasal myiasis owing to *Cochliomyia hominivorax* : a case in French Guiana. **International Journal of Dermatology**, Oxford, v. 44, n. 1, p. 302-303, 2005.
  21. CRYSTAL, M. M. Reproductive behavior of laboratory-reared screw-worm flies (Diptera:Calliphoridae). **Journal of Medical Entomology**, Lanham, v. 4, n. 4, p. 443-450, 1967.
  22. CRYSTAL, M. M. Sterilization of screwworm flies (Diptera: Calliphoridae) with gamma rays: restudy after two decades. **Journal of Medical Entomology**, Lanham, v. 15, n. 2, p. 103-108, 1979.
  23. DOMINGUES, P. F.; LANGONI, H. **Manejo sanitário animal**. Rio de Janeiro: EPUB, 2001. 210 p.
  24. DYCK, V. A.; HENDRICHS, J.; ROBINSON, A. S. **Sterile insect technique: principles and practice in area-wide integrated pest management**. Berlin: Springer, 2005. 787 p.

25. FAO – Food and Agriculture United Nations Association. **Manual para el control de la mosca del gusano barrenador del ganado *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel)**. Rome, Italy, 1993.
26. FAO. **Glossary of phytosanitary terms**. Provisional additions. Rome: FAO/IPPC, 2005.
27. FRESIA, P.; LYRA, M. L.; CORONADO, A.; AZEREDO-ESPIN, A. M. L. Genetic Structure and Demographic History of New World. **Entomological Society of America**, Washington, v. 11, n. 1, p. 280-290, 2011.
28. GRELLA, M. D. **Chave taxonômica interativa para espécies de dípteros califorídeos (Infraordem: muscomorpha) do Brasil**. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Parasitologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
29. GRISI, L.; MASSARD, C. L.; MOYA BORJA, G. E.; PEREIRA, J. B. Impacto econômico das principais ectoparasitoses em bovinos no Brasil. **Hora Veterinária**, Porto Alegre, v. 21, n. 125, p. 8-10, 2002.
30. GUIMARÃES, J. H.; PAPAVERO, N. **Myiasis in man animals in the neotropical region**, São Paulo, Pleiade/FAPESP cap. 1, p. 15-18, 97-117, cap. 6, p. 97- 117, 1999.
31. GUIMARÃES, J. H.; PAPAVERO, N.; PRADO, A. P. As miíases na região neotropical (identificação, biologia, bibliografia). **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 1, n. 4, p. 239-416, 1983.
32. HALL, M.; WALL, R. Myiasis of human and domestic animals. **Advances in Parasitology**, London, v. 35, p. 257-334, 1995.
33. HALL, M. J. R. Screwworm flies as agents of wound myiasis. **Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, FAO**. Número especial de la revista mundial de zootecnia. El gusano barrenador del ganado respuesta a una emergencia. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/Aga/AGAP/FRG/FEEDback/War/u4220b/u4220b00.htm#Contents>

34. HEMINGWAY, J.; H. RANSON. Insecticide resistance in insect vectors of human disease. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 45, n. 1, p. 371-391, 2000.
35. HIGHTOWER, B. G.; DAVIS, R. B.; BAUMHOVER, A. H.; GRAHAM, O. H. Seasonal Abundance of the Screw-worm in Northern Mexico. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 59, n. 2, p. 416-420, 1966.
36. IAEA. **Thematic plan for the sterile insect technique for old and new world screwworm**. Vienna, Austria, 1998.
37. IAEA. **Model business plan for a sterile insect production facility**. Vienna, Austria, 2008. 396 p. (Project INT/5/145 Insect Pest Control Using the Sterile Insect Technique).
38. IAEA. **Reporting on on-going and planned co-ordinate research projects (CRPs) and RCMs FAO/IAEA**, Insect and Pest Control Newsletter, Vienna, v. 66, p. 15-16, 2006.
39. IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. v. 1, 62 p.
40. INFANTE-MALACHIAS, M. E. **Estrutura genética de populações de *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae) da região sudeste do Brasil: análise através de três tipos de marcadores genéticos**. 1999. 139 f. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
41. INFANTE-MALACHIAS, M. E., YOTOKO, K. S. C.; AZEREDO-ESPIN, A. M. L. Random amplified polymorphic DNA of screwworm fly populations (Diptera: Calliphoridae) from southeastern Brazil and northern Argentina. **Genome**, Ottawa, v. 42, n. 1, p. 772-779, 1999.
42. IPS - INTER PRESS SERVICE. **Radioactive attack on flesh-eatingscrewworm**. Rome, 2010. Disponível em: <http://domino.ips.org/ips/eng.NSF/vwWEBMainView?SearchView&Query=%28radioactive+attack+on+flesh%2Deating+screw%2Dworm%29++and+Y%2E2010>

x+and+M%2E10x+and+D%2E18x&SearchMax=100&SearchOrder=3. Acesso em: 18 out. 2010.

43. JONES, C. M.; OEHLER, D. D.; SNOW, J. W.; GRABBE, R. R. A chemical attractant for screwworm flies. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 69, n. 3, p. 389-391. 1976.
44. KLASSEN, W.; CURTIS, C. F. History of the sterile insect technique, p. 3-36. In V. A. DYCK, J. HENDRICHS, AND A. S. ROBINSON (eds.), **Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated pest management**. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2005.
45. KNIPLING, E. F. Entomology and the management of man's environment. **Journal of the Australian Entomological Society**, Brisbane, v. 11, n. 1, p. 153-167, 1972.
46. KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary development. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 43, n. 1, p. 243-270, 1998.
47. LELLO, E.; PINHEIRO, F. A.; NOCE, O. F. Epidemiologia de míases no município de Botucatu, SP, Brasil. **Arquivos da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, v. 34, p. 93-108, 1982.
48. LESSINGER, A. C.; AZEREDO-ESPIN, A. M. L. Evolution and structural organization of mitochondrial DNA control region of myiasis-causing flies. **Medical and Veterinary Entomology**, London, v. 14, p. 71-80, 2000.
49. LEVOT, G. W. Resistance and the control of sheep ectoparasites. **International Journal for Parasitology**, Oxford, v. 25, n. 11, p. 1355-1362, 1995.
50. LOPES-COSTA, P. V.; SANTOS, A. R.; PEREIRA-FILHO, J. D.; SILVA, B. B. Myiasis in the uterine cavity of an elderly woman with a complete uterine prolapsed. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, London, v. 102, p. 1058-1060, 2008.

51. LYRA, M. L., KLACZKO, L. B.; AZEREDO-ESPIN, A. M. L. Complex pattern of genetic distribution in populations of the New World screwworm fly revealed by mitochondrial DNA markers. **Medical and Veterinary Entomology**, London, v. 23, p. 32-42, 2009.
52. MASTRANGELO, T. A. **Metodologia de produção de moscas estéreis de *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Diptera: Calliphoridae) no Brasil**. 2011. 114f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
53. MCGRAW, L. **Squeezing out screwworm**. Agricultural Research, Hyattsville, MD, p. 18-21, April 2001.
54. MELLO, R. P. Chave para a identificação das formas adultas das espécies da família Calliphoridae (Diptera, Brachycera, Cyclorhapha) encontradas no Brasil. **Entomología Y Vectores**, Salta, v. 10, n. 1, p. 255-268, 2003.
55. MOYA-BORJA, G. E. M. Erradicação ou manejo integrado das miíases neotropicais das Américas? **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 131-138, 2003.
56. NASCIMENTO, E. M. F.; OLIVEIRA, J. B.; PAES, M. J.; LOBO, A. P.; SILVA, A. L. A.; SANTOS JUNIOR, E. R.; LEAL; J. L. F.; MOYA-BORJA, G. E. Miíases humanas por *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Diptera, Calliphoridae) em hospitais públicos na cidade do Recife, Pernambuco, Brasil. **Entomologia y Vectores**, Salta, v. 12, p. 37-51, 2005.
57. NOLAN, J.; SCHNITZERLING, H. J. **Drug resistance in arthropod parasites**. In W.C. CAMPBELL & REW, eds. *Chemotherapy of Parasitic Diseases*, pp. 603–620. New York, Plenum Press, 1986.
58. PHILLIPS, P. L., WELCH, J. B.; KRAMER, M. Seasonal and Spatial and Distributions of Adult Screwworms (Diptera: Calliphoridae) in the Panama Canal Area, Republic of Panama. **Journal of Medical Entomology**, Lanham, v. 41, p. 121-129, 2004.

59. PONTES, J. B.; SEVERO, J. E. V.; GARCIA, E. F. C.; COLARES, R.; KOHEK JUNIOR, I.; REVERBEL, M. S. Projeto demonstrativo de controle e possível erradicação da mosca da bicheira. **Hora Veterinária**, Porto Alegre, n. 171, p. 27-30, 2009.
60. PORRETTA, D.; CANESTRELLI, D.; BELLINI, R.; CELLI, G.; URBANELLI, S. Improving insect pest management through population genetic data: a case study of the mosquito *Ochlerotatus caspius* (Pallas). **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 44, p. 682-691, 2007.
61. ROBINSON, A. S.; VREYSEN, M. J. B.; HENDRICHS J.; FELDMANN, U. Enabling technologies to improve area-wide integrated pest management programmes for the control of screwworms. **Medical and Veterinary Entomology**, Oxford, v. 23, p. 1-7, 2009.
62. ROCHA, U. F.; VAZ, Z. Miíase e perfuração de rúmen de bezerros por larvas de *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858). Significação econômica. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária da USP**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 281-286, 1950.
63. SILVA, C. E.; BORJA, G. E. M.; AZAMBUJA, P. Use of polyester pad as a new physical substrate for rearing *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) (Diptera: Calliphoridae) larvae. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, p. 349-351. 2008b.
64. SILVA, J. A. B.; QUEIROZ, M. M. C.; MOYA-BORJA, G. E. Ocorrência e epidemiologia de miíases humanas por *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Diptera, Calliphoridae) em hospital público na cidade de São Gonçalo, Rio de Janeiro, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22., 2008a, Uberlândia. **Resumos...**Uberlândia: SBE, 2008a. 1 CD-ROM.
65. SILVA, N. M.; AZEREDO-ESPIN, A. M. L. Investigation of mutations associated with pyrethroid resistance in populations of the New World screwworm by *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae). **Genetics and molecular research**, Ribeirão Preto, v. 8, p. 1067-1078, 2009.

66. SNOW, J. W.; COPPEDGE, J. R.; BROCE, A. B.; GOODENOUGH, J. L.; BROWN, H. E. Swormlure: development and use in detection and suppression systems for adult screwworm (Diptera: Calliphoridae). **Bulletin of the Entomological Society of America**, Washington, v. 28, p. 277-284, 1982.
67. SPRADBERRY, J. P. A **Manual for the diagnosis of screw-worm fly**. Canberra: Australian Government Publishing Service, 2002.
68. TABACHNICK, W. J.; BLACK, W. C. Making a case for molecular population genetic-studies of arthropod vectors. **Parasitology Today**, Amsterdam, v. 11, p. 27-30, 1995.
69. THOMAS, D. B. Time-activity budget of screwworm behavior (Diptera: Calliphoridae). **Journal of Medical Entomology**, Lanham, v. 28, p. 372-377, 1991.
70. THOMAS, D. B.; MANGAN, R. L. Oviposition and wound-visiting behaviour of the screwworm fly, *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae). **Annals of the Entomological Society of America**, Columbus, v. 82, p. 526-534, 1989.
71. TORRES, T. T.; AZEREDO-ESPIN, A. M. L. Population structuring in new world screw-worm populations from the Caribbean: insights from microsatellite data. **Medical and Veterinary Entomology**, London, v. 23, p. 23-31, 2009.
72. TORRES, T. T.; LYRA, M. L.; FRESIA, P.; AZEREDO-ESPIN, A. M. L. **Assessing genetic variation in the New World screwworm *Cochliomyia hominivorax* populations from Uruguay**. In: VREYSEN, M.J.B.; ROBINSON, A.S.; HENDRICH, J. (Org.). Area-wide control of insect pests: from research to field implementation. Dordrecht: Springer, 2007. p. 183-191.
73. VARGAS-TERÁN, M.; HOFMANN, H. C.; TWEDDLE, N. E. **Impact of screwworm eradication programmes using the sterile insect technique**. In: DYCK, V.A.; HENDRICH, J.; ROBINSON, A.S. Sterile insect technique: principles and practice in area-wide integrated pest management. Berlin: Springer, 2005. p. 629-650, 2005.

74. VIEIRA, G. A. Produção intensiva de bovinos de corte: análises e perspectivas. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 342, p. 131-134, 2005.
75. VO, T. T. **Economic impact of eradication of New World screwworm (*Cochliomyia hominivorax*) from Jamaica**. In: TAN, K.-H. (Ed.). Area-wide control of fruit flies and other insect pests. Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia, 2000. p. 113-116.
76. VREYSEN, M. J. B.; GERARDO-ABAYA, J.; CAYOL, J. P. **Lessons from area-wide integrated pest management (AW-IPM) programmes with an SIT component: an FAO/IAEA perspective**. In: VREYSEN, M.J.B.; ROBINSON, A.S.; HENDRICH, J. (Org.). Area-wide control of insect pests: from research to field implementation. Dordrecht: Springer, 2007. p. 723-744.
77. WYSS, J. H. **Screw-worm eradication in the Americas – overview**. In: TAN, K.-H. (Ed.). Area-wide control of fruit flies and other insect pests. Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia, 2000. p. 79-86.
78. YARZON, R. M. G. B. ***Cochliomyia hominivorax* (COQUEREL, 1858): Meio Alternativo para produção de larvas e testes prospectivos**. 2005. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.