



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE BIOTECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR**

**ANA PAULA VIEIRA POSSIDONIO**

**AVALIAÇÃO DA LONGEVIDADE DE MOSQUITOS *Aedes*  
*Aegypti* ALIMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE  
CARBOIDRATOS**

**João Pessoa**

**2018**

ANA PAULA VIEIRA POSSIDONIO

**AVALIAÇÃO DA LONGEVIDADE DE MOSQUITOS *Aedes Aegypti* ALIMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE CARBOIDRATOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado á disciplina de conclusão de curso do Centro de Biotecnologia na Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Biotecnologia.

Orientadora: Prof. Dra. Fabíola da Cruz Nunes

João Pessoa

2018

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

P856a Possidonio, Ana Paula Vieira.

Avaliação da longevidade de mosquitos aedes aegypti alimentados com diferentes fontes de carboidratos / Ana Paula Vieira Possidonio. - João Pessoa, 2018.

44 f. : il.

Orientação: Fabiola da Cruz Nunes.

Monografia (Graduação) - UFPB/Biotecnologia.

1. Mosquito. 2. Alimentação. 3. Carboidratos. 4. Longevidade. I. Nunes, Fabiola da Cruz. II. Título.

UFPB/BC



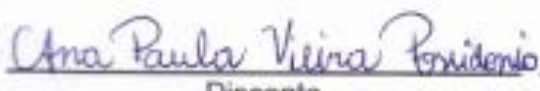



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA (UFPB)  
CENTRO DE BIOTECNOLOGIA (CBiotec)  
CAMPUS I – JOÃO PESSOA/PB  
Coordenação do Curso de Bacharelado em  
Biotecnologia



#### ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos trinta dias do mês de outubro de 2018, às 09:00h, em sessão pública na sala 10 do bloco administrativo do Centro de Biotecnologia deste Campus Universitário, na presença da Banca Examinadora presidida pela Professora Dra. Fabiola da Cruz Nunes e composta pelos avaliadores: 1. Profa. Dra. Sandra Rodrigues Mascarenhas (CBIOTEC/UFPB); 2. M.<sup>a</sup> Diégina Araújo Fernandes (PPgPNSB/CCS/UPB), a discente Ana Paula Vieira Possidônio, matrícula 11325128, apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **Avaliação da longevidade e desenvolvimento de mosquitos *Aedes aegypti* alimentados com diferentes fontes de carboidratos**, como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Graduação em Biotecnologia. Após reunião em sessão reservada, a Banca Examinadora deliberou e decidiu pela aprovado do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente a discente e demais presentes e eu, Fabiola da Cruz Nunes, na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais avaliadores e pela discente.

 _____ Presidente da Banca Examinadora	 _____ Avaliador 1
 _____ Discente	 _____ Avaliador 2

João Pessoa/PB, 30 de outubro de 2018.

*Aos meus pais e irmãos, por  
estarem sempre ao meu lado, me  
incentivando a nunca desistir.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ser a razão da minha existência. Obrigada por ter concedido força e saúde para realização deste trabalho e por sempre indicar os caminhos a trilhar. A ele devo a minha vida, tudo que tenho e tudo que sou, sem ele não teria chegado até aqui. Ele é o alimento diário que me fortalece.

Aos meus queridos pais, Ivanete e José, por todo amor, paciência e ensinamentos. Vocês são as pessoas mais importantes na minha vida, me ensinaram a ter honestidade, humildade, amor e temor à Deus. Obrigada por todo investimento e por sempre acreditarem em mim. Agradeço também aos avôs e avós Júlio Possidonio, Laura Vicente, Francisco Vieira e Maria do Carmo, vocês foram a base da minha personalidade. Esta vitória também é de vocês.

Aos irmãos, Patrícia e Pedro, por todo amor, amizade e por sempre estarem ao meu lado. Aos meus sobrinhos Mary Yasmin, Honório Neto, Pedro Henrique e Yasmin Araújo, minhas fontes diárias de amor. Obrigada por tornarem meus dias mais alegres, vocês são presentes de Deus na minha vida.

Agradeço ao meu namorado Tiago Neto por todo amor, amizade e companheirismo. Por sempre se fazer presente em minha vida, me ensinando todos os dias, que tudo têm um tempo certo para acontecer. Obrigada por sempre acreditar no meu potencial e que tudo daria certo. Sem você, esta jornada teria sido mais difícil.

Ao cunhado Zico e as cunhadas Patrícia, Maria do socorro e Leandra por todo suporte, carinho e amizade. Vocês tem um valor imensurável em minha vida.

Aos estimados Carlos Antônio e Maria Lúcia que me acolheram como um membro de sua família e me deram todo suporte para que eu conseguisse chegar até aqui. Sou muito grata por tudo que fizeram por mim, por me considerarem como filha. Também agradeço a Maria Helena e Samara pela ótima convivência, eu as amo como irmãs. A vocês, meu muito obrigado.

Aos amigos, Josileide Justino, João Juvito e Samara Kaline, por todo carinho, atenção e amizade. Jó, grande amiga que mesmo distante alegra meus dias com suas brincadeiras, conselhos e amor. Em especial gostaria de agradecer aos maiores presentes que a graduação me deu, mais que amigos verdadeiros, presentes de Deus. À Isabela Lopes e Cosmo Isaías que além de primo, se tornou um grande amigo. Isa, obrigada pela parceria de sempre e por aguentar minhas lamentações durante esses anos. Nunca vou esquecer os estudos em grupo, era cansativo, mas rendiam ótimos resultados. Aprendi muito com cada um de vocês, sempre terão um lugar reservado em meu coração.

À Marilene Kuhnen Meurer e família, mulher que tenho enorme carinho e admiração. Sou grata por toda ajuda e suporte durante esse período. Obrigada de coração !

À minha admirada orientadora Fabíola da Cruz Nunes, por compartilhar seus conhecimentos, pela dedicação, paciência e por sempre transmitir confiança. Serei sempre grata pela oportunidade concedida e acolhimento em seu laboratório. Você é minha referência de profissional.

A todos que fazem parte da equipe do laboratório de biotecnologia aplicada à parasitas e vetores (Lapavet), por terem me ajudado a concluir este trabalho e pela troca de experiências.

Aos membros da banca examinadora, Sandra Mascarenhas, Diégina Fernandes e Denise Leite (suplente), por aceitarem o convite e por me presentarem com seus conhecimentos. Muito obrigada !

Agradeço a UFPB e a todos os professores ligados ao curso de biotecnologia, em especial a Sildivane Valcácia por toda ajuda e por doar um pouco de si pela construção do conhecimento. Obrigada pela troca de experiências.

Em fim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

*Ainda que eu tivesse o dom da profecia,  
e conhecesse os mistérios e toda ciência,  
e ainda tivesse uma fé capaz de mover  
montanhas, e não tivesse amor, nada  
seria.*

*(Coríntios, 13:2)*



## RESUMO

O mosquito *Aedes aegypti* é o principal vetor de várias doenças virais como dengue, febre amarela, febre Chikungunya e febre Zika. A transmissão dos vírus que causam essas doenças se dá por meio da picada da fêmea hematófaga do mosquito *Aedes aegypti* que é originário da África. Esse mosquito apresenta tanto hábitos silvestres como domésticos, está presente em quase todo território nacional e vem causando sérios problemas de saúde pública. Seu ciclo de vida é compreendido em ovo, larva, pupa e adulto. Em laboratório, é possível reproduzir este ciclo afim de tornar viável medidas futuras de controle. Na natureza, esses mosquitos se alimentam de néctar de flores e suco de frutos ricos em carboidratos que são essenciais para a sua sobrevivência. Em laboratório, se alimentam com uma solução de mel a 10%, tendo a necessidade de mais estudos com outras fontes de carboidratos na alimentação desses mosquitos. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar a longevidade e o ganho de peso de mosquitos adultos alimentados com diferentes fontes de carboidratos. Para isso, foram utilizados cento e oitenta mosquitos distribuídos em nove insetários, contendo vinte em cada. Os grupos foram divididos da seguinte forma: Grupo controle, alimentado com uma solução padrão de mel a 10%, um grupo experimental alimentado com dextrose a 10% e outro grupo experimental alimentado com maltodextrina a 10%. Todos os grupos foram mantidos a 26 °C em estufa incubadora com fotoperíodo de 12 horas de claro e escuro. Para avaliar a longevidade dos insetos foi realizada a análise de sobrevivência utilizando o teste de Log Rank (Mantel-cox) e teste de chi quadrado. A análise estatística do ganho de peso dos mosquitos foi realizada através da ANOVA com pós-teste de Tukey ( $P < 0.05$ ). Todos os testes estatísticos foram realizados no programa GraphPad Prism versão 5.0. Feita as análises, foi possível observar que a alimentação com dextrose foi capaz de aumentar significativamente a sobrevivência dos mosquitos em relação demais grupos. Com relação ao ganho de peso, a alimentação com diferentes fontes de carboidratos não influenciou no peso dos mosquitos. Com isso, podemos concluir que a fonte de carboidrato utilizada pelo *Aedes aegypti* em sua alimentação está diretamente relacionada com sua longevidade.

**Palavras chaves:** Mosquito, alimentação, carboidratos, longevidade.

## ABSTRACT

The *Aedes aegypti* mosquito is the main vector of several viral diseases such as dengue fever, yellow fever, Chikungunya fever and Zika fever. The transmission of the virus occurs through the bite of the hematophagous female of the mosquito *Aedes aegypti* that comes from Africa, which causes these diseases. This mosquito has both wild and domestic habits, are present in almost all national territory and has been causing serious public health problems. Its life cycle is comprised in egg, larva, pupa and adult. In the laboratory, it is possible to reproduce this cycle in order to make future control measures feasible. In nature, these mosquitoes feed on flower nectar and fruit juice rich in carbohydrates that are essential for their survival. In the laboratory, they feed on a 10% honey solution, needing further studies with other carbohydrate sources in feeding these mosquitoes. The objective of this study was to evaluate the longevity and weight gain of adult mosquitoes fed different carbohydrate sources. For this purpose, one hundred and eighty mosquitoes were distributed in nine insects, containing twenty in each. The groups were divided as follows: Control group, fed a standard 10% honey solution, one experimental group fed 10% dextrose and another experimental group fed 10% maltodextrin. All groups were kept at 26 ° C in incubator with photoperiod of 12 hours of light and dark. To evaluate the longevity of the insects, survival analysis was performed using the Log Rank test (Mantel-cox) and chi-square test. Statistical analysis of mosquito weight gain was performed using ANOVA with Tukey post-test (P <0.05). All statistical tests were performed in the GraphPad Prism program version 5.0. After the analysis, it was possible to observe that feeding with dextrose was able to significantly increase the survival of mosquitoes in relation to other groups. Regarding weight gain, feeding with different sources of carbohydrates did not influence the weight of mosquitoes. With this, we can conclude that the carbohydrate source used by *Aedes aegypti* in its diet is directly related to its longevity.

**Keywords:** Mosquito, feeding, carbohydrates, longevity.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Mosquito <i>Ae. aegypti</i> adulto.....	16
<b>Figura 2:</b>	Ciclo de vida do mosquito <i>Ae. aegypti</i> .....	17
<b>Figura 3:</b>	Morfologia externa do ovo do mosquito <i>Ae. aegypti</i> .....	18
<b>Figura 4:</b>	Morfologia externa da larva do mosquito <i>Ae. aegypti</i> .....	19
<b>Figura 5:</b>	Morfologia da pupa do mosquito <i>Ae. aegypti</i> .....	20
<b>Figura 6:</b>	Aspecto da morfologia externa do <i>Ae. aegypti</i> adulto macho.....	21
<b>Figura 7:</b>	Sistema digestivo de mosquito adulto.....	23
<b>Figura 8:</b>	Mel.....	27
<b>Figura 9:</b>	Estrutura da dextrose.....	28
<b>Figura 10:</b>	Estrutura da maltodextrina.....	29
<b>Figura 11:</b>	Diferentes fases do mosquito <i>Ae. aegypti</i> .....	32
<b>Figura 12:</b>	Substâncias utilizadas diluídas.....	33
<b>Figura 13:</b>	Dispositivo de alimentação umedecido.....	34
<b>Figura 14:</b>	Insetários utilizados no experimento.....	34
<b>Figura 15:</b>	Avaliação da longevidade de mosquitos <i>Ae. aegypti</i> alimentados com diferentes fontes de carboidratos.....	36
<b>Figura 16:</b>	Avaliação da sobrevivência média de mosquitos <i>Ae. aegypti</i> alimentados com diferentes fontes de carboidratos.....	36
<b>Figura 17:</b>	Avaliação da Taxa de sobrevivência de mosquitos <i>Ae. aegypti</i> alimentados com diferentes fontes de carboidratos na 1 <sup>o</sup> semana.....	37
<b>Figura 18:</b>	Avaliação do peso de mosquitos <i>Ae. aegypti</i> alimentados com diferentes fontes de carboidratos.....	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b>	Informações nutricionais dos carboidratos utilizados.....	31
<b>Tabela 2:</b>	Valores das substâncias utilizadas.....	31

## ABREVIATURAS E SIGLAS

**°C:** Grau celsius

**ATP:** Adenosina trifosfato

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono

**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxigênio

**IG:** Índice glicêmico

**IIP:** Índice de infestação predial

**L1:** Larvas de primeiro estágio do *Ae. aegypti*

**L2:** Larvas de segundo estágio do *Ae. aegypti*

**L3:** Larvas de terceiro estágio do *Ae. aegypti*

**L4:** Larvas de quarto estágio do *Ae. aegypti*

**LIRAA:** Levantamento rápido de índices de infestação pelo do *Ae. aegypti*

**O.B:** Ohne Binden

**pH:** Potencial Hidrogeniônico

**RNAvírus:** Vírus que tem ácido ribonucleico como seu material genético

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
2.1. <i>Aedes aegypti</i> .....	15
2.2. Características morfológicas externas.....	18
2.2.1. Ovos.....	18
2.2.2. Larvas.....	19
2.2.3. Pupas.....	20
2.2.4. Adultos.....	21
2.3. Características morfológicas internas.....	22
2.3.1. Aparelho digestivo.....	22
2.4. Alimentação do <i>Ae. aegypti</i> na natureza e no laboratório.....	24
2.5. Carboidratos.....	24
2.5.1. Mel.....	26
2.5.2. Dextrose.....	27
2.5.3. Maltodextrina.....	28
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	30
3.1. Objetivo geral.....	30
3.2. Objetivos específicos.....	30
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	31
4.1. Obtenção dos carboidratos.....	31
4.2. Obtenção dos insetos.....	31
4.3. Bioensaios.....	32
4.4. Ensaio de avaliação da longevidade.....	33
4.5. Ensaio de avaliação do ganho de peso.....	35
4.6. Análise estatística.....	35
<b>5. RESULTADOS</b> .....	35
<b>6. DISCUSSÃO</b> .....	38
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	40
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	41

## 1. INTRODUÇÃO

O *Aedes aegypti* é um mosquito de cor escura com listras brancas pelo corpo, que vem causando sérios problemas de saúde para a população, pois este é responsável pela transmissão de várias arboviroses como dengue, zika, chikungunya e febre amarela. Segundo Brasil (2001), esse mosquito pertence ao Filo Arthropoda, classe Hexapoda, ordem Diptera, família Culicidae e ao gênero *Aedes*.

A saúde pública mundial já se encontrava no controle da dengue, um dos seus principais desafios, e a partir de 2015 esta questão tornou-se ainda mais preocupante, com a circulação simultânea dos agentes etiológicos não somente da dengue, mas também da chikungunya e zika em vários países, incluindo o Brasil. Tratam-se de doenças virais, causadas por RNAvírus, o qual ao infectar um susceptível pode desencadear sinais clínicos semelhantes entre si. É sabido que a dengue se caracteriza por dores no corpo e possíveis complicações neurológicas, cardiorrespiratórias e hepáticas, com risco de haver óbito se não for identificada em tempo hábil. A chikungunya é caracterizada por dor intensa e edema nas articulações, dificultando a retomada das atividades profissionais. Já a zika, apresenta-se clinicamente por febre baixa, erupção cutânea vermelha na pele, prurido, além de poder estar associada com microcefalia em recém-nascidos, e de apresentar complicações de ordem neurológica também em adultos (POMBO, 2016).

A febre amarela é compreendida por febre, cansaço, mal-estar, dores de cabeça e musculares. No período de monitoramento de julho de 2016 a 30 de janeiro de 2017 foram confirmados 468 casos e 147 óbitos. Já no período de 1 de julho de 2017 a 30 de janeiro de 2018, foram confirmados 213 casos de febre amarela no país, sendo que 81 vieram a óbito. Ao todo, foram notificados 1.080 casos suspeitos, sendo que 432 foram descartados e 435 permanecem em investigação, neste período (BRASIL, 2018).

O mosquito vetor dessas doenças foi primeiramente descrito no Egito por Linnaeus, em 1762, estando o mosquito presente nos trópicos e subtropicais, em praticamente todo o continente americano, no sudeste da Ásia, e em toda a Índia. Suspeita-se que a introdução dessa espécie no Brasil tenha ocorrido no período colonial, entre os séculos XVI e XIX, durante o comércio de escravos. Com a destruição dos habitats naturais, devido às pressões antrópicas, uma parte da população silvestre sofreu um processo seletivo que favoreceu a disseminação e sobrevivência da espécie em aglomerados humanos. Adaptações do *Ae. aegypti* permitiram que se tornassem abundantes nas cidades e fossem facilmente levados

para outras áreas pelos meios de transporte, o que aumentou sua competência vetorial, ou seja, a sua habilidade em tornar-se infectado por um vírus, replicá-lo e transmiti-lo (ZARA et al, 2016). Ele está presente principalmente em países de clima tropical e subtropical, onde o clima é quente e úmido, fornecendo condições ideais para sua proliferação (ROSEGHINI, 2013).

O *Ae. aegypti* é encontrado no intra e peridomicílio humano. Raramente são encontrados em ambientes semissilvestres ou onde não há presença intensa do homem. Seus criadouros preferenciais são recipientes artificiais, tanto aqueles abandonados a céu aberto, que servem como reservatório de água de chuva, como os utilizados para armazenar água para uso doméstico. A presença dos criadouros em ambiente de convívio com o homem favorece a rápida proliferação da espécie, por dois aspectos: condições ideais para reprodução e fontes de alimentação (ZARA et al, 2016).

O ciclo de vida do *Ae. Aegypti* compreende quatro fases: ovo, larva, pupa e adulto. Em laboratório, a nível de pesquisa é possível reproduzir este ciclo afim de fornecer subsídio para o manejo de pragas e tornar viável medidas futuras de controle como também para conhecer melhor a biologia do vetor, mantendo colônias em laboratório sem a necessidade da sua captura em ambiente natural.

Na natureza, os machos e as fêmeas se alimentam de néctar açucarado e somente as fêmeas são hematófagas, alimentam-se de sangue (ANJOLETTE, 2016). Em laboratório, os mosquitos são alimentados, em sua maioria, com uma solução padrão de mel a 10% (SILVA et al, 1998), tendo a necessidade de mais estudos voltados para testes com outras fontes de carboidratos na alimentação destes mosquitos de grande importância biológica. Diante disso e da necessidade de determinar o melhor tipo de dieta para manutenção do *Ae. aegypti* em ambiente laboratorial, esse trabalho tem como objetivo avaliar a longevidade e o ganho de peso de mosquitos adultos alimentados com diferentes fontes de carboidratos como dextrose e maltodextrina.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 *Aedes aegypti***

O *Aedes aegypti* (Figura 1) é encontrado em todo mundo, entre as latitudes 35°N e 35°S. Embora a espécie tenha sido identificada até a latitude 45°N, estes têm sido achados esporadicamente apenas durante a estação quente, não sobrevivendo ao inverno. A



distribuição do *Aedes aegypti* também é limitada pela altitude. Embora não seja usualmente encontrado acima dos 1.000 metros, já foi referida sua presença a 2.200 metros acima do nível do mar, na Índia e na Colômbia (BRASIL, 2001).

**Figura 1:** Mosquito *Ae. aegypti* adulto.



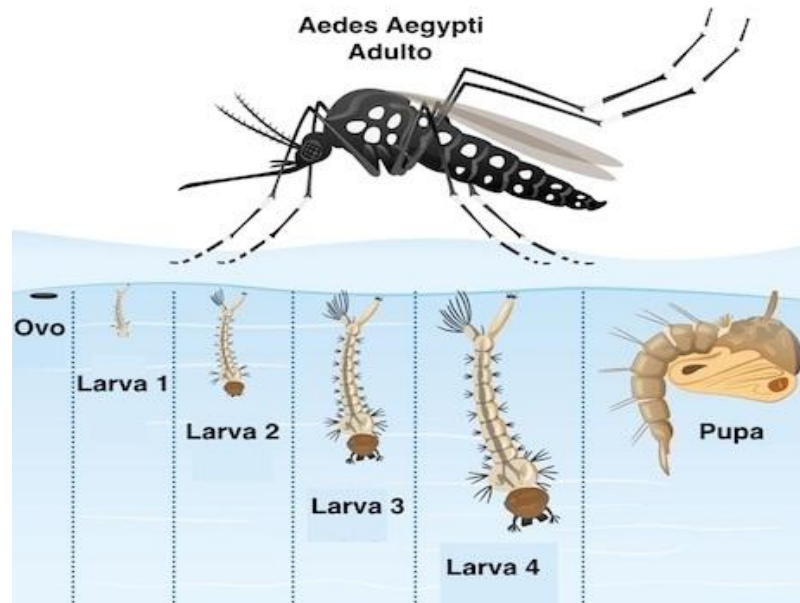
Fonte: Lapavet, UFPB

O mosquito mede menos de um centímetro, costuma picar nas primeiras horas da manhã e nas últimas da tarde, evitando o sol forte, mas mesmo nas horas quentes, ele pode atacar à sombra, dentro ou fora de casa. Há suspeitas de que alguns ataquem também durante a noite (MARINHO, 2015).

Seu ciclo de vida (Figura 2) é compreendido pela oviposição da fêmea em recipiente com água parada, como aqueles vasos de plantas e lixo em geral. A eclosão dos ovos ocorre após um período chuvoso, quando eles entram em contato com a água, dando origem à larva do mosquito. A larva, por sua vez, é aquática e se alimenta da matéria orgânica. Após isso, no último estágio larval, a larva se transforma em uma pupa, fase a partir da qual ocorrerá a metamorfose em um mosquito adulto (OLIVEIRA, 2017).

Apenas a fase adulta se dá em ambiente terrestre, todas as outras ocorrem em ambiente aquático. Esses ambientes aquáticos onde as fases imaturas se desenvolvem são chamados de criadouros (FORATTINI, 1962). Para completar este ciclo e passar por todas essas fases, o *Ae. aegypti* leva em média dez dias (BRASIL, 2017).

**Figura 2:** Ciclo de vida do mosquito *Ae. aegypti*.



Fonte: <https://www.tuasaude.com/ciclo-de-vida-do-aedes-aegypti/>

O *Aedes aegypti* está presente praticamente em todo território brasileiro. O novo levantamento rápido de índices de infestação pelo *Aedes aegypti* (LIRAA) indica que 1.153 municípios brasileiros (22%) apresentaram um alto índice de infestação, com risco de surto para dengue, zika e chikungunya. Além das cidades em situação de risco, o levantamento identificou 2.069 municípios em alerta, com o índice de infestação predial (IIP) entre 1% a 3,9% e 1.711 municípios com índices satisfatórios, inferiores a 1%. No total, vinte capitais realizaram o LIRAA, duas capitais fizeram por armadilha e cinco não enviaram informações. Apenas três capitais estão com índice satisfatório: São Paulo (SP), João Pessoa (PB) e Aracaju (SE). Duas capitais estão em risco: Cuiabá (MT) e Rio Branco (AC). Quinze capitais estão em alerta: Rio de Janeiro (RJ), Fortaleza (CE), Porto Velho (RO), Palmas (TO), Maceió (AL), Salvador (BA), Teresina (PI), Recife (PE), Brasília (DF), Vitória (ES), São Luís (MA), Belém (PA), Macapá (AP), Manaus (AM) e Goiânia (GO). As capitais Boa Vista (RR), Belo Horizonte (MG), Curitiba (PR), Florianópolis (SC) e Campo Grande (MS) não enviaram informações (BRASIL, 2018).

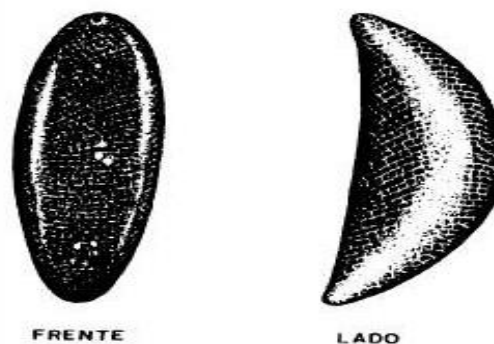
## 2.2 Características morfológicas externas

### 2.2.1 Ovos

Os ovos do *Ae. aegypti* possuem contorno alongado e fusiforme e medem, aproximadamente, um milímetro de comprimento (Figura 3) (SILVA, 2012). A "casca" é conhecida como cório e na extremidade anterior dos ovos há um orifício no cório, a micrópila, pelo qual o espermatozoide penetra para fecundar o óvulo (CONSOLI & OLIVEIRA, 1998).

Os ovos são depositados pela fêmea, individualmente, nas paredes dos depósitos que servem como criadouros, próximos à superfície da água. No momento da postura os ovos são brancos, mas rapidamente adquirem a cor negra brilhante e a fecundação se dá durante a postura, sendo que o desenvolvimento do embrião se completa em 48 horas, em condições favoráveis de umidade e temperatura (20°C a 46°C). Os embriões, no interior dos ovos, necessitam de dois a três dias de alta umidade próximo à linha d'água para atingirem o seu desenvolvimento. A eclosão só se verifica após esse período. Se durante este período os ovos secarem, ocorre enfraquecimento e morte dos embriões. Porém, se durante este tempo foi assegurado um perfeito desenvolvimento, os ovos se tornam resistentes à dessecação e podem sobreviver por períodos que vão de vários meses até mais de um ano (COSTA, 2001).

**Figura 3:** Morfologia externa do ovo do mosquito *Ae. aegypti*.



*Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus)

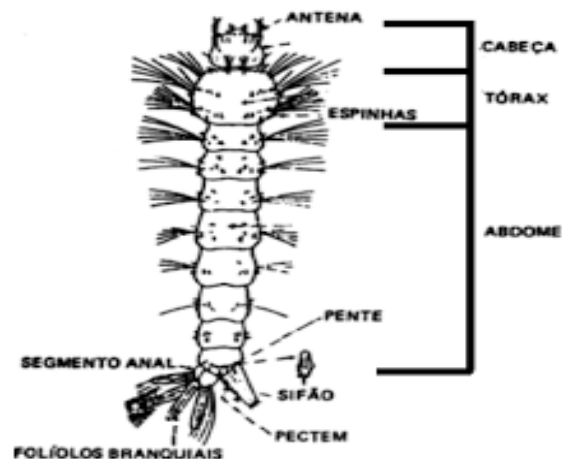
Fonte: Adaptado de Brasil, 2001

### 2.2.2 Larvas

Esta é a fase de alimentação e crescimento e depende da temperatura, densidade das larvas no criatório e disponibilidade de alimentos. Quando em baixa temperatura e na falta de alimentos, esta fase pode se prolongar por semanas (COSTA, 2001). Em condições naturais as larvas do *Aedes aegypti* se desenvolvem em água não poluída, com temperatura ao redor de  $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  e pH neutro. A larva possui quatro estádios, chamados de L1, L2, L3, L4 com duração de aproximadamente cinco a sete dias (ANJOLETTE, 2016). Segundo Taveira et al, (2001) a passagem de um estágio para outro se dá por meio de troca de tegumento (muda ou ecdise), com aumento de tamanho. As larvas de 3° a 4° estágio são maiores e facilmente visíveis, nadam ativamente, alimentam-se de resíduos de material orgânico e de microrganismos presentes no meio líquido, respiram colocando o sifão respiratório, localizado posteriormente no corpo, na superfície da lâmina d' água.

As larvas dos mosquitos (Figura 4), sempre aquáticas, ficam perpendiculares ao nível da água, possuem fotofobia e são sensíveis a movimentos bruscos na água, deslocando-se rapidamente em forma de serpente em direção ao fundo do recipiente. Elas têm aspecto vermiforme e seu corpo é nitidamente dividido em cabeça, tórax e abdome, sendo que os dois primeiros tagmas são mais globosos, enquanto o abdome tem aparência semicilíndrica e está dividido em nove segmentos (segmentos I-VIII, similares entre si, e X, diferenciado em lobo anal). O corpo da larva apresenta cerca de 222 pares de cerdas, dispostas de maneira simétrica, que variam em aspecto (tamanho e número de ramificações) (CONSOLI & OLIVEIRA, 1998).

**Figura 4:** Morfologia externa da larva do mosquito *Ae. aegypti*.



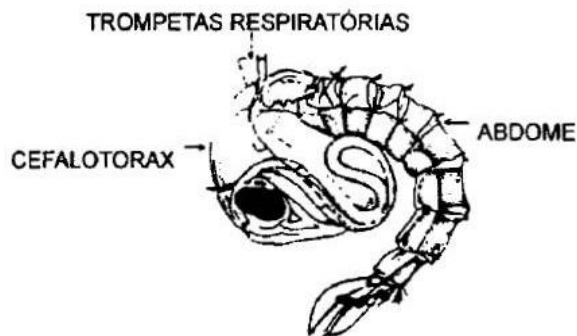
Fonte: Adaptado de BRASIL, 2001

### 2.2.3 Pupas

A fase de pupa se inicia após a fase larvar e é a última fase aquática. Diferente das larvas, as pupas (Figura 5) não se alimentam. É nesta fase que ocorre a metamorfose do estágio larval para o adulto. Quando inativas se mantêm na superfície da água, flutuando, o que facilita a emergência do inseto adulto. O estado pupal dura, geralmente, de dois a três dias. O corpo da pupa é dividido em cefalotórax e abdômen. Essa junção da cabeça e do tórax dá à pupa, vista de lado, a aparência de uma vírgula. A pupa tem um par de tubos respiratórios ou “trompetas”, que atravessam a água e permitem a respiração (OUVERNEY, 2017).

Elas se locomovem com muita facilidade, porém passam a maior parte do tempo imóveis. A temperatura ideal para essa fase é de  $27^{\circ}\text{C}$  a  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Nesta fase, machos e fêmeas já podem ser diferenciados pelo tamanho, sendo a fêmea significativamente maior que o macho. Em ambos, na parte posterior possui uma curvatura, no entanto, nas fêmeas essa curvatura é maior e o comprimento do nono segmento é igual ao do oitavo (ANJOLETTE, 2016).

**Figura 5:** Morfologia da pupa do mosquito *Ae. aegypti*.



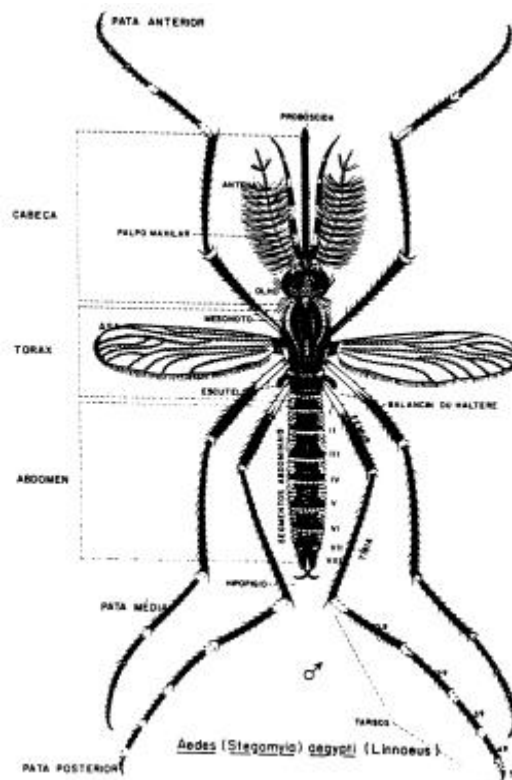
*Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus)

Fonte: Adaptado de Brasil 2001

### 2.2.4 Adultos

O corpo dos adultos é dividido em três regiões distintas: cabeça, tórax e abdômen. Possuem um par de antenas e três pares de pernas (Figura 6). A cabeça possui órgãos sensoriais (olhos, antenas e palpos). O tórax, graças às pernas e asas, tem a seu cargo a função locomotora. O abdômen destina-se principalmente a reprodução, através dos órgãos e apêndices sexuais, e é sede de grande parte dos fenômenos da nutrição (FORATTINI, 1962).

**Figura 6:** Aspecto da morfologia externa do *Ae. aegypti* adulto macho.



Fonte: Brasil, 2001

Os adultos do *Aedes aegypti* representam a fase reprodutora do inseto. O macho se distingue essencialmente da fêmea por possuir antenas plumosas e palpos mais longos (COSTA, 2001). Logo após emergir do estágio pupal, o inseto procura pousar sobre as paredes do recipiente, assim permanecendo durante várias horas, o que permite o endurecimento do exoesqueleto, das asas e, no caso dos machos, a rotação da genitália em 180°. Vivem em média de 30 a 35 dias (BRASIL, 2001).

Segundo Silva et al (2008), eles acasalam no primeiro ou no segundo dia após se tornarem adultos. O sistema reprodutor tem como órgãos essenciais os testículos e ovários. A eles segue um sistema de tubos condutores que se reúnem na sua terminação, abrindo-se num só orifício genital. Ao redor deste, pode existir estruturas e apêndices que em conjunto, formam a chamada genitália externa (FORATTINI, 1962).

A cópula entre o macho e a fêmea se dá durante o voo, sendo o macho atraído pela fêmea devido às batidas das asas e em média uma fêmea produz 120 ovos por postura (ANJOLETTE, 2016). No momento da cópula, o macho precisa segurar firmemente a porção final do abdome da fêmea para poder nela introduzir seu órgão copulador, o edeago (CONSOLI & OLIVEIRA, 1998).

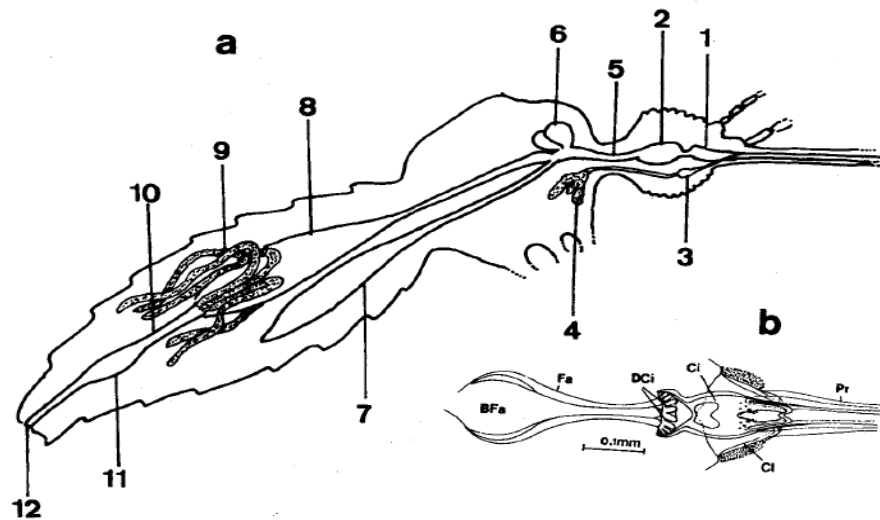
## **2.3 Características morfológicas internas**

### **2.3.1 Aparelho digestivo**

O aparelho digestivo é formado essencialmente por um tubo digestivo ou canal alimentar. É completo, isto é, possui orifício anterior ou bucal e posterior ou anal. De modo geral, o comprimento do tubo digestivo está relacionado com os hábitos alimentares do Inseto. O canal alimentar divide-se em três partes: intestino anterior ou estomodeu, médio ou mesêntero e posterior ou proctodeu (FORATTINI, 1962).

A região anterior do canal alimentar contém dois êmbolos de sucção que servem para a ingestão do alimento: bomba cíbarial, situada sob o clipeo e provida em sua porção final de uma crista formada por espículos esclerotizados, os dentes do cibário, bem como a bomba faríngea, musculosa, responsável pela pressão negativa gerada para a ingestão de alimentos (Figura 7). O esôfago consiste em um tubo estreito que termina no esfíncter "cardíaco". Logo após o esfíncter existem dois pequenos divertículos dorsais e um grande divertículo ventral (papo), todos revestidos por uma fina cutícula que os torna impermeáveis. Anexas ao intestino anterior encontram-se as glândulas salivares, que estão organizadas em dois grupos de três ácinos com aspecto de sacos digitiformes, sendo o ácino mediano menor do que os laterais. A saliva de cada ácino é drenada por seu ducto próprio; estes, por sua vez, se unem em um ducto salivar comum que conduz a saliva até a bomba salivar, em forma de bulbo, a qual se abre na base da hipofaringe (CONSOLI & OLIVEIRA, 1998).

**Figura 7:** Sistema digestivo de mosquito adulto



Fonte: Consoli & Oliveira, 1998

1: bomba cibarial (Ci); 2: bomba faríngea (BFa); 3: bomba salivar; 4: glândula salivar; 5: esôfago; 6: divertículos dorsais; 7: divertículo ventral; 8: estômago ou intestino médio; 9: tubos de Malpighi; 10: íleo/cólon; 11: reto; 12: ânus. b: cibário e faringe – vista dorsal. Cl: clipeo; DCi: dentes do cibário; Fa: faringe; Pr: probóscide.

O intestino médio é reconhecido como sendo o órgão onde se efetuam os principais fenômenos de digestão e absorção de alimentos. Sob o ponto de vista funcional, em alguns casos, pode apresentar-se dividido em várias regiões, algumas secretando enzimas e outras não. Além dessas funções digestivas, esta parte do canal alimentar pode desempenhar papel apreciável na excreção (FORATTINI, 1962).

Na parte posterior do estômago existe um esfíncter, a válvula pilórica, após a qual ligam-se os tubos de Malpighi, cuja estrutura e tamanho se mantêm praticamente intactos desde o último estágio larval, envolvidos na excreção e reabsorção de água (CONSOLI & OLIVEIRA, 1998). Frequentemente reconhecem-se, no intestino posterior, três regiões, a saber: íleo, colon e reto. A primeira é tubular e a segunda é dilatada. O reto é globular ou piriforme e nele pode ser encontrado número variável de papilas que recebem o nome de papilas retais. Finalmente, o orifício de abertura no meio exterior é representado pelo ânus. O conteúdo intestinal que era fluido do estômago torna-se pastoso e perde rapidamente água nesta porção do canal alimentar. Isso devido principalmente a absorção desse líquido ao nível do reto (FORATTINI, 1962).



## 2.4 Alimentação do *Ae. aegypti* na natureza e no laboratório

Os culicídeos na natureza se alimentam de néctar de flores e suco de frutos ricos em carboidratos que são essenciais para a sua sobrevivência (LEANDRO, 2012). Quando ingerem gotículas de carboidratos, os mosquitos mergulham a ponta da labela no líquido, sugando-o sem retrair o lábio. Os açúcares assim ingeridos são armazenados no divertículo ventral de onde passam lentamente para o estômago, sendo aí gradualmente digeridos. Numerosos carboidratos naturais podem participar da nutrição de mosquitos, estando aparentemente a glicose, sacarose, maltose e frutose entre os mais eficientes (CONSOLLI, 1982).

Porém, as fêmeas do *Ae. aegypti* são hematófagas, ou seja, alimenta-se também de sangue (SILVA, et al, 2008). A fêmea consegue fazer ingestões múltiplas de sangue durante um único ciclo gonadotrófico, o que amplia a sua capacidade de se infectar e transmitir vírus. Este comportamento torna o *Ae. aegypti* um vetor eficiente (ZARA et al, 2016).

O sangue se faz necessário como fonte proteica na maturação dos ovos. (ANJOLETTE, 2016). Em geral, picam os pés, os tornozelos e as pernas das vítimas, porque voam baixo. Sua saliva possui uma substância anestésica, que torna quase indolor a picada (BRUNA, 2016).

Em laboratório, os mosquitos são criados em insetários fechados e alimentados com O.B. (absorvente interno) da marca íntimus embebido em uma solução de mel a 10% diluída em água destilada. O dispositivo de alimentação é imerso nesta solução, até ficar completamente embebido. Em seguida é retirado, introduzido no insetário e preso pelo próprio cordão. É usado esse tipo de algodão por sua resistência ao desenvolvimento de fungos, possibilitando a sua utilização por um período maior do que outros tipos de algodão. O dispositivo é trocado semanalmente, e, neste intervalo, umedecido, em dias alternados (SILVA et al, 1998). O repasto sanguíneo das fêmeas é feito de acordo com a metodologia de Lima et al (2009), três vezes por semana, utilizando camundongos anestesiados, expostos durante uma hora.

## 2.5 Carboidratos

Carboidratos, também conhecidos como hidratos de carbono, glicídios, sacarídeos ou açúcares, perfazem a mais abundante classe de biomoléculas na natureza. São moléculas

orgânicas formadas basicamente por carbono, hidrogênio e oxigênio, e estão muito presentes na nossa dieta diária, na forma de açúcares, fibras e amidos. São obtidos a partir de estruturas vegetais e quando metabolizados são transformados em água e CO<sub>2</sub>, com liberação de energia. Possuem fórmula empírica  $C_n(H_2O)_n$  (BOLDO et al, 2016). Os carboidratos são armazenados como amido nas plantas e como glicogênio nos animais. Quando esses polímeros são hidrolisados resultam em monossacarídeos que servirão de combustível no processo chamado de respiração celular, no qual o produto mais importante é o ATP, ou seja, energia para as células (COSTA, 2006).

Os carboidratos são encontrados isolados na forma de monossacarídeos (glicose, frutose e galactose), em pares na forma de dissacarídeos (lactose, sacarose e maltose) ou em grandes quantidades como oligossacarídeos ou polissacarídeos (FONTAN & AMADIO, 2015). Podem ser classificados em simples e complexos, onde os carboidratos simples são facilmente absorvidos pelo organismo, tem sua estrutura molecular mais simples (monossacarídeos e oligossacarídeos), liberando energia quase que imediata. Após sua ingestão há um grande aumento nos níveis de glicose na corrente sanguínea. Já os complexos, são absorvidos mais lentamente pelo organismo, tem sua estrutura molecular mais complexa (polissacarídeos), liberando energia aos poucos. Após sua ingestão há um prolongado e leve aumento nos níveis de glicose na corrente sanguínea. Isso significa que possui mais fibras em sua composição (SANTIAGO, 2018).

Os monossacarídeos são as unidades mais simples de carboidratos. Podem ser divididos quanto à função orgânica presente, cetose (função orgânica cetona) e aldose (função orgânica aldeído), e quanto ao número de átomos de carbono na cadeia, triose (3 átomos de carbonos), tetrose (4 átomos de carbono), pentose (5 átomos de carbono), hexose (6 átomos de carbonos). Essa classificação pode ainda ser mesclada, como: Aldohexose: carboidrato com função orgânica de aldeído e com 6 átomos de carbono e Ceto-hexose: carboidrato com função orgânica de cetona e com 6 átomos de carbono (PINHEIRO et al, 2005).

Dissacarídeos formam-se quando dois monossacarídeos se juntam via reação de desidratação, também conhecida como reação de condensação ou síntese por desidratação. Nesse processo, o grupo hidroxila de um monossacarídeo combina-se com o hidrogênio de outro, liberando uma molécula de água e formando uma ligação covalente conhecida como ligação glicosídica (LIACHOVITZKY, 2015). Os oligossacarídeos são formados por cadeias curtas de monossacarídeos. Os polissacarídeos contêm várias unidades, podendo possuir milhares de monossacarídeos e são a forma predominante dos carboidratos na natureza. A diferenciação é dada pela unidade monomérica, comprimento e ramificação das cadeias

(FRANCISCO JÚNIOR, 2008). Segundo Gourineni et al (2017), ainda podem ser classificados em carboidratos de baixo índice glicêmico  $IG \leq 55$ ; médio  $IG = 56-69$  e alto  $IG \geq 70$ .

Os carboidratos não têm apenas função energética. Estão presentes também na superfície externa da membrana das células. Nesse caso, podem ser glicoproteínas (quando ligados a uma proteína), glicolipídios (se unidos a um lipídio) ou proteoglicanos (quando estão na forma de cadeias de glicosaminoglicanos, um tipo de polissacarídeo unido a uma proteína). Essas formas conjugadas presentes nas membranas atuam como receptores e sinalizadores, interagindo com moléculas e outras células. São matérias-primas para indústrias importantes, como as de madeira, papel, fibras têxteis, produtos farmacêuticos e alimentícios. A celulose é o principal carboidrato industrial, com um consumo mundial estimado em quase um bilhão de toneladas por ano. Alguns polissacarídeos, como ágar, pectinas e carragenanas, extraídos de algas marinhas, são utilizados graças a suas propriedades gelatinosas, em cosméticos, remédios e alimentos (POMIN & MOURÃO, 2006).

### 2.5.1 Mel

Conforme o Decreto-Lei nº 214/2003 de 18 de Setembro, o mel é uma “substância açucarada natural produzida pelas abelhas da espécie *Apis mellifera* (sp. Ibérica) (Figura 8) a partir do néctar de plantas ou das secreções provenientes de partes vivas das plantas ou de excreções doces de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas das plantas, as abelhas recolhem e transformam estes produtos e por combinação com substâncias específicas próprias, depositam, desidratam, armazenam e deixam amadurecer nos favos da colmeia”.

É um produto natural utilizado desde os primórdios da humanidade na medicina tradicional, tendo adquirido popularidade entre os Egípcios, Árabes, Gregos e outras civilizações. Este produto é consumido em larga escala no mundo inteiro e desempenha um papel importante na dieta humana, sendo também utilizado nas indústrias alimentar, farmacêutica, e de cosméticos (PEREIRA, 2008).

Segundo Ayres (2016), o mel possui índice glicêmico (IG) em torno de 61. Os carboidratos são os principais constituintes do mel, compreendendo cerca de 95% do peso seco. Além dos carboidratos, o mel contém inúmeros compostos, como ácidos orgânicos, proteínas, aminoácidos, minerais, polifenóis, vitaminas e compostos aromáticos. Os principais açúcares encontrados são os monossacarídeos frutose e glicose. Os principais oligossacarídeos

são os dissacarídeos sacarose, maltose, trealose e turanose. No processo de digestão após a ingestão de mel, os principais carboidratos da frutose e glicose são rapidamente transportados para o sangue e podem ser utilizados para as necessidades energéticas do corpo (BOGDANOV et al, 2008).

**Figura 8:** Mel.

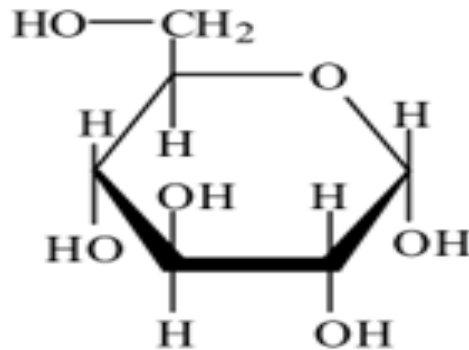


Fonte: <http://lagartense.com.br/10401/mel-500x334-500x334>

### 2.5.2 Dextrose

A dextrose é um monossacarídeo e quimicamente considerado um carboidrato simples por possuir uma estrutura molecular de tamanho reduzido (Figura 9), o que facilita sua digestão e rápida absorção, acarretando em poucos minutos um aumento na taxa de glicose no sangue, por esse motivo é usada como uma das principais fontes de energia pelo corpo. É fabricada a partir do amido de milho e possui um elevado índice glicêmico (IG), cujo valor é 110. Por isso a dextrose é utilizada quando se precisa de alguma fonte de energia imediata e não a longo prazo (GALVÃO, 2015).

A dextrose possui um aldeído no seu grupo carbonila, baixo peso molecular e é composta por seis átomos de carbono, doze de hidrogênio e seis de oxigênio ( $C_6H_{12}O_6$ ). Dessa forma, pode-se classificá-la como uma Aldo-hexose D-glicose (FONTAN; AMADIO, 2015 apud CARDOSO et al, 2017).

**Figura 9:** Estrutura da dextrose

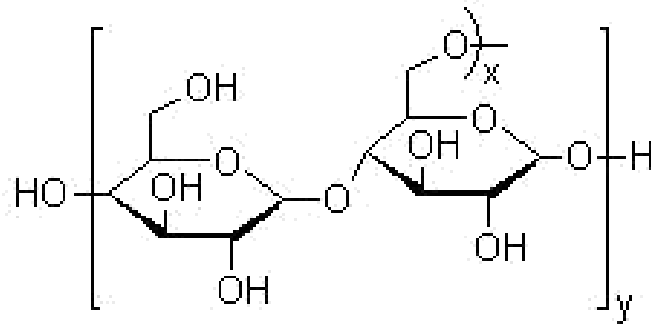
Fonte: <https://boaformaesaude.com.br/dextrose-como-tomar-e-pra-que-serve/glucose-formula/>

### 2.5.3 Maltodextrina

A maltodextrina (Figura10) é um carboidrato complexo de alto índice glicêmico, obtido a partir do amido de milho ou de outras fontes como a mandioca e o arroz. Enquanto um carboidrato simples é composto de apenas uma ou duas moléculas de glicose, a maltodextrina é um polissacarídeo formado por uma série de moléculas de glicose unidas de maneira semelhante a uma corrente. Mas embora seja um polissacarídeo, a maltodextrina possui uma cadeia mais curta e menos compacta que os demais carboidratos complexos (STUPPIELLO, 2014).

Segundo Gourineni et al (2017), a maltodextrina possui índice glicêmico (IG) em torno de  $93 \pm 8.1$  e é formada pela junção de moléculas de dextrina e maltose. Possui fórmula química normalmente apresentada como  $C_{18}H_{32}O_{16}$  e sua absorção pelo organismo é gradativa e lenta, pois contém polímeros de dextrose. Estes polímeros acabam sendo metabolizados lentamente, pois ela vai liberando a glicose gradualmente no sangue. É um tipo de carboidrato que se desenvolve a partir da quebra das moléculas do amido com a adição de água (LEITE, 2018).

**Figura 10:** Estrutura da maltodextrina.



Fonte: <https://sites.google.com/site/scientiaestpotentiaplus/maltodextrina>

Poucos estudos falam a respeito da longevidade do *Ae. aegypti*. Justificando a necessidade de aprofundar estudos nesse sentido para investigar se o tempo de vida desse mosquito varia de acordo com a fonte de carboidrato utilizada, para melhor conhecer a biologia do vetor e definir o melhor tipo de dieta para manutenção em ambiente laboratorial.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Determinar a longevidade e o ganho de peso de mosquitos *Aedes aegypti* adultos alimentados com dextrose e maltodextrina.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Avaliar a longevidade de mosquitos alimentados com 10% de mel, dextrose e maltodextrina;
- Avaliar o ganho de peso de mosquitos alimentados com 10% de mel, dextrose e maltodextrina.
- Avaliar a sobrevida média de mosquitos alimentados com 10% de mel, dextrose e maltodextrina.
- Avaliar a taxa de sobrevivência de mosquitos alimentados com 10% de mel, dextrose e maltodextrina na 1<sup>o</sup> semana de experimento.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Obtenção dos carboidratos

Foram utilizados Mel de abelhas orgânico Apisvida®, Dextrose Max Titanium® e Maltodextrina Neonutri®, onde a composição nutricional dos produtos pode ser observada na tabela 1. Os carboidratos utilizados foram obtidos comercialmente, diluídos em água destilada na proporção de 10% e armazenados em geladeira durante o experimento (Figura 12).

**Tabela 1:** Informações nutricionais dos carboidratos utilizados

INFORMAÇÕES NUTRICIONAIS			
CARBOIDRATOS	QUANTIDADE POR PORÇÃO	VALOR CALÓRICO	QUANTIDADE DE CARBOIDRATOS
Mel orgânico	20,0 g	70 Kcal	17,0 g
Dextrose	25,0 g	92 Kcal	23,0 g
Maltodextrina	30,0 g	112 Kcal	28,0 g

**Tabela 2:** Valores das substâncias utilizadas

SUBSTÂNCIAS	VALOR (R\$)
Mel Apisvida (1kg)	39,80 R\$
Dextrose Max Titanium (1kg)	24,00 R\$
Maltodextrina Neonutri (1kg)	14,00 R\$

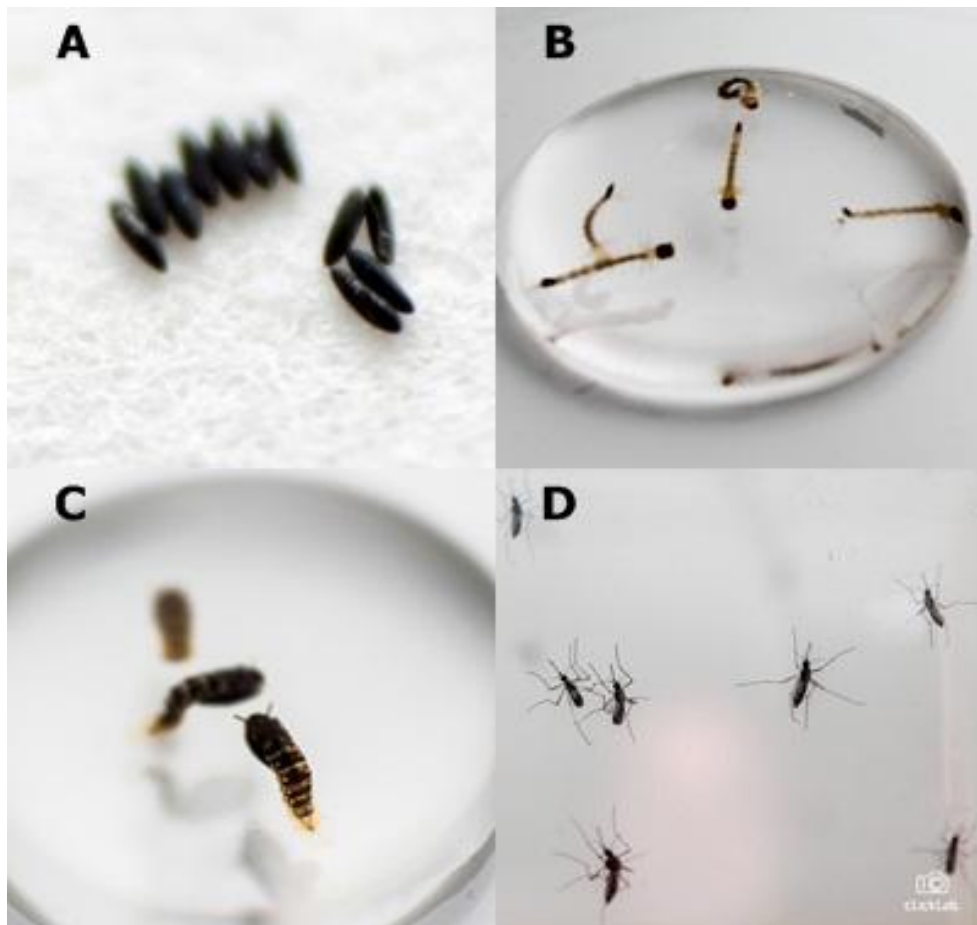
### 4.2 Obtenção dos insetos

Os mosquitos da espécie *Aedes aegypti* foram obtidos do insetário do Laboratório de Biotecnologia Aplicada a Parasitas e Vetores, do Centro de Biotecnologia da Universidade Federal da Paraíba (Lapavet/CBiotec/UFPB). Ovos de *Aedes aegypti* aderidos a um papel de filtro foram colocados em uma bandeja plástica com água destilada e ração para gato



(CONSOLI & OLIVEIRA, 1998), onde permaneceram até a eclosão das larvas e desenvolvimento de pupas, sendo mantido a temperatura de 26 °C em estufa incubadora DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) com fotoperíodo de 12 horas de claro e escuro. As pupas foram transferidas para um recipiente contendo apenas água e colocadas dentro de um insetário até eclosão dos mosquitos (Figura 11).

**Figura 11:** Diferentes fases do mosquito *Ae. aegypti*



Fonte: Barros, 2018

**A:** Ovos de *Ae. aegypti* aderidos ao papel filtro; **B:** Larvas de *Ae. aegypti* ; **C:** Pupas de *Ae. aegypti*; **D:** Mosquitos *Ae. aegypti* adultos.

#### 4.3 Bioensaios

Os ensaios foram em triplicata, utilizando cento e oitenta mosquitos distribuídos em nove insetários (Figura 14), contendo vinte em cada. Feito a distribuição dos mosquitos, os

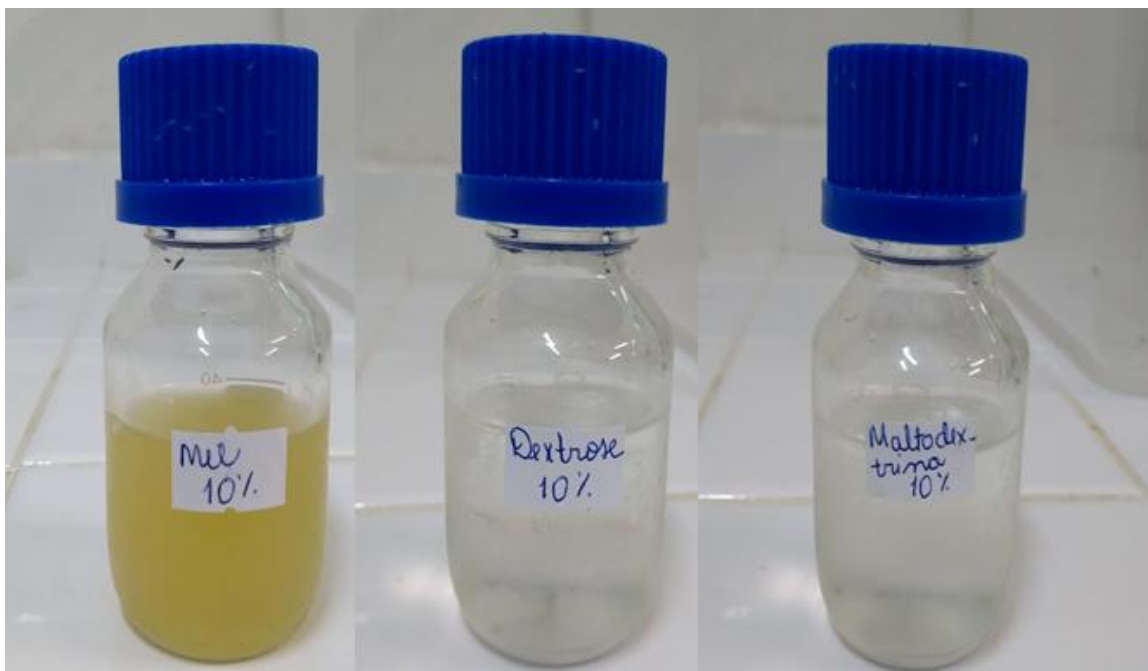
mesmos foram alimentados com diferentes fontes de carboidratos, onde o grupo controle foi alimentado com uma solução padrão de mel a 10%, um grupo experimental com dextrose a 10% na concentração de 0,1 g/mL e o outro grupo experimental com maltodextrina a 10% na concentração de 0,1 g/mL.

A alimentação dos insetos foi realizada até a morte de todos os presentes nos insetários. O dispositivo de alimentação foi confeccionado utilizando um absorvente interno da marca íntimus umedecido com as soluções teste e suspenso em cada insetários pelo próprio cordão (Figura 13). Os insetários eram higienizados e o dispositivo de alimentação era trocado semanalmente, e, neste intervalo, era umedecido em dias alternados. Os mosquitos foram mantidos a 26 °C em estufa incubadora DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) com fotoperíodo de 12 horas de claro e escuro.

#### 4.4 Ensaio de avaliação da longevidade

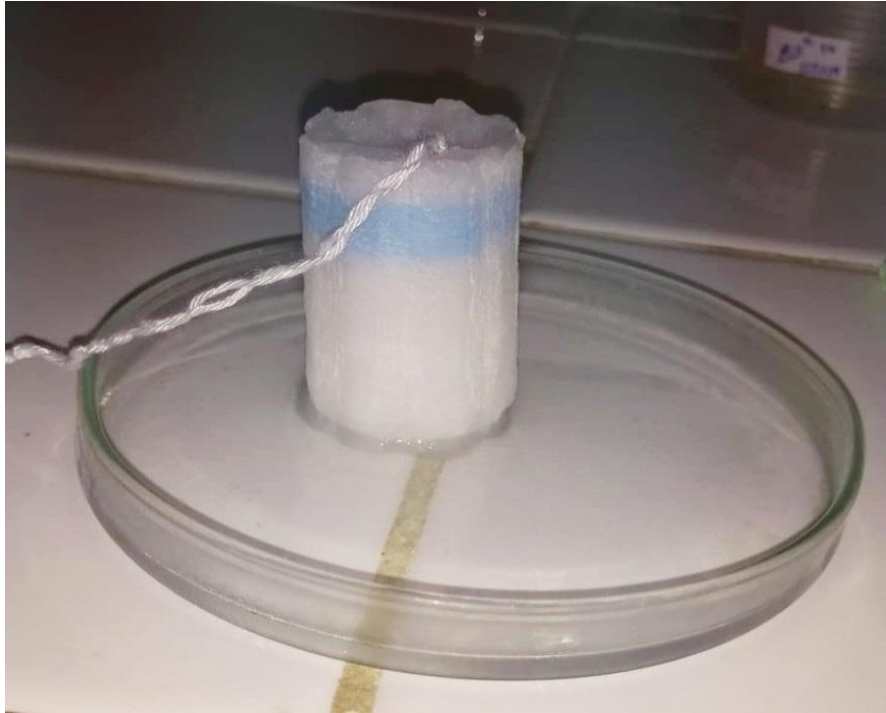
Para avaliar a longevidade dos mosquitos, diariamente era feita a verificação da ocorrência de mortes, anotando-se o número de mosquitos mortos e vivos de cada insetários. Após o registro, os mosquitos eram retirados dos insetários. Essa avaliação foi feita até que não houvesse mais nenhum mosquito vivo.

**Figura 12:** Substâncias utilizadas diluídas.



Fonte: Possidonio, 2018

**Figura 13:** Dispositivo de alimentação umedecido.



Fonte: Possidonio, 2018

**Figura 14:** Insetários utilizados no experimento.



Fonte: Possidonio, 2018

#### 4.5 Ensaio de avaliação do ganho de peso

Para avaliar o ganho de peso dos mosquitos, de acordo com as diferentes fontes de carboidratos, à medida que os mosquitos iam morrendo, esses eram retirados do insetário e armazenados em diferentes tubos falcon referente a cada insetário e armazenados em congelador. Ao término do experimento, o *pool* de mosquitos de cada tubo foi pesado para avaliar possíveis alterações no peso, com base na sua alimentação.

#### 4.6 Análise estatística

Para avaliar a longevidade dos insetos alimentados com diferentes fontes de carboidratos, foi realizada a análise de sobrevivência utilizando o teste de Log Rank (Mantel-cox) e teste de chi quadrado. A análise estatística do ganho de peso dos mosquitos foi realizada através da ANOVA com pós-teste de Tukey ( $P < 0.05$ ). Todos os testes estatísticos foram realizados no programa GraphPad Prism versão 5.0.

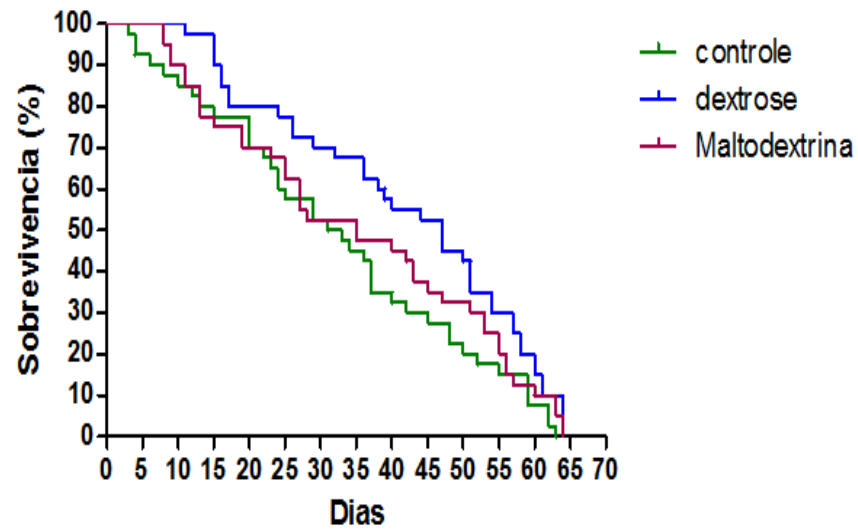
### 5. RESULTADOS

A análise de sobrevivência mostrou que os mosquitos alimentados com a solução de mel (grupo controle) tiveram sobrevivência média de 33 dias, enquanto os que foram alimentados com maltodextrina e dextrose tiveram 35 e 47 dias respectivamente (Figura 16). O tempo máximo de vida dos mosquitos no experimento foi 64 dias, tanto para o grupo alimentado com maltodextrina como para os insetos alimentados com dextrose. Já no controle (mel a 10%) os mosquitos viveram no máximo 63 dias (Figura 15).

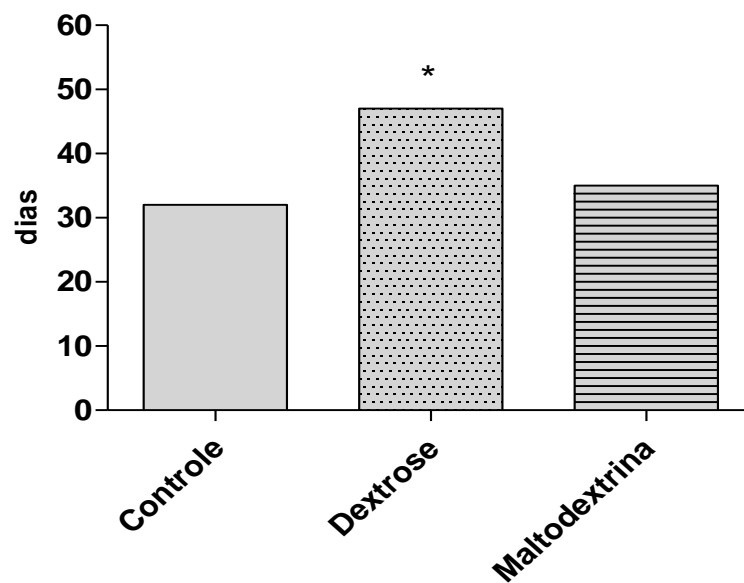
O estudo teve a duração total de 9 semanas. Ao analisar a taxa de sobrevivência por semana, verificou-se que na primeira, esta foi maior no grupo dextrose (100%), seguida pelo grupo maltodextrina (99%) e pelo grupo controle (88%) (Figura 17).

Houve diferença estatística entre as curvas de sobrevivência do controle (mel) em comparação com a da dextrose ( $p < 0,02$ ). Não houve diferença entre a curva da maltodextrina e a do controle.

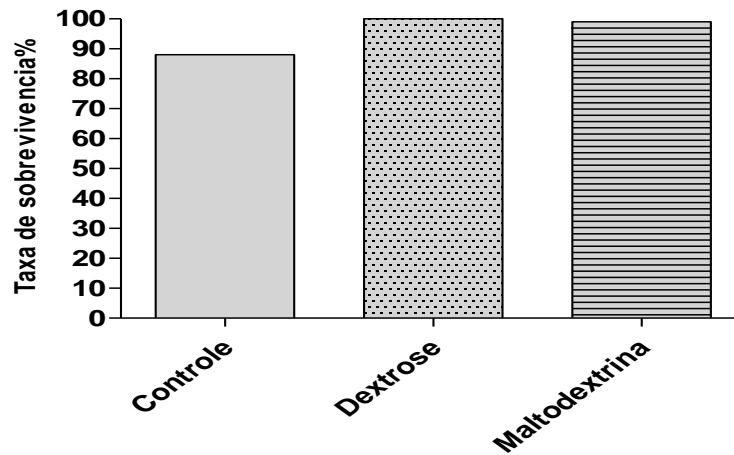
**Figura 15:** Avaliação da longevidade de mosquitos *Ae. aegypti* alimentados com diferentes fontes de carboidratos.



**Figura 16:** Avaliação da sobrevida média de mosquitos *Ae. aegypti* alimentados com diferentes fontes de carboidratos.

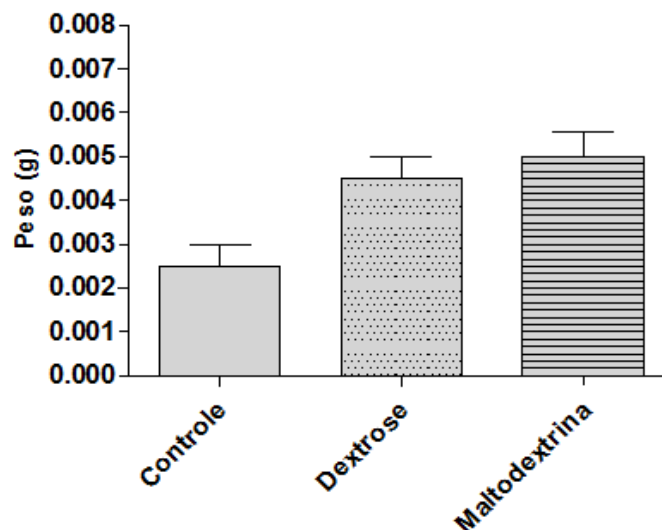


**Figura 17:** Avaliação da Taxa de sobrevivência de mosquitos *Ae. aegypti* alimentados com diferentes fontes de carboidratos na 1<sup>o</sup> semana.



Este estudo também teve como objetivo avaliar o ganho de peso dos mosquitos alimentados com diferentes fontes de carboidratos. Nesta análise, o *pool* dos mosquitos do grupo controle apresentou peso de  $0.0025 \pm (0.0007)$  g, o grupo dextrose de  $0.0045 \pm (0.0007)$  g e o grupo maltodextrina de  $0.0050 \pm (0.001)$  g. Apesar de a análise gráfica mostrar uma tendência de maior ganho de peso para os mosquitos dos grupos alimentados com dextrose e maltodextrina, não houve diferença estatística significativa entre os grupos (Figura 18).

**Figura 18:** Avaliação do peso de mosquitos *Ae. aegypti* alimentados com diferentes fontes de carboidratos.



Ao decorrer do experimento, foi possível perceber também que os dispositivos de alimentação umedecidos com mel, acabavam se contaminando com fungos em pouco menos de uma semana, o que acarretava na necessidade mais frequente da substituição dos mesmos. No entanto, nos dispositivos umedecidos com dextrose e maltodextrina essa contaminação só ocorria em aproximadamente duas semanas.

## 6. DISCUSSÃO

No decorrer do nosso estudo, é perceptível a grande importância que os carboidratos desempenham na sobrevivência do *Ae. aegypti*. O estudo de Oliveira e Souza (2014) demonstra que a ausência de açúcar na dieta dos insetos acarreta na mortalidade dos mosquitos. Esses achados corroboram os resultados encontrados em nosso estudo, uma vez que os insetos alimentados com carboidratos de maior índice glicêmico viveram melhor. Segundo Brasil (2001) os adultos de *Aedes aegypti* podem permanecer vivos em laboratório durante meses, mas, na natureza, vivem em média de 30 a 35 dias. De fato, os mosquitos utilizados em nosso estudo viveram aproximadamente 2 meses. Ainda segundo Brasil (2001) a mortalidade diária dos mosquitos *Ae. aegypti* é de 10%, sendo que a metade dos mosquitos morre durante a primeira semana de vida e 95% durante o primeiro mês. Em nosso estudo, percebemos que os 50 % de mortalidade só foram atingidos na quarta semana para o grupo controle, na quinta para o grupo maltodextrina e apenas na sexta semana para o grupo dextrose. Os 95% de mortalidade só foram atingidos no final do segundo mês (8 semanas no controle e 9 semanas nos demais grupos).

Na natureza, existe uma gama de fontes de carboidratos, com diferentes composições que podem influenciar positivamente ou negativamente no tempo de vida dos insetos. Poucos estudos falam a respeito da longevidade do *Ae. aegypti*. Alguns, como o citado anteriormente (BRASIL, 2001) e também o de Anjolette (2016) relatam que o tempo de vida desse mosquito é em torno de 30 dias, mas isso vai sofrer variações de acordo com diversos parâmetros, inclusive a fonte de alimentação, como foi demonstrado em nosso estudo.

De acordo com os resultados apresentados em nosso trabalho, foi possível observar que tanto o mel como a dextrose e maltodextrina são fontes de carboidrato adequadas para alimentação do *Ae. aegypti* em âmbito laboratorial, no entanto a dextrose foi capaz de aumentar significativamente a curva de sobrevivência, incluindo a sobrevivência média dos mosquitos em relação ao grupo controle e ao grupo maltodextrina. Isso pode ser explicado pelo fato da dextrose ser um carboidrato de alto índice glicêmico e possuir um IG maior do que os das

demais fontes de carboidrato utilizadas no estudo, em torno de 110 (GALVÃO, 2015). E por ser um monossacarídeo, unidade mais simples dos carboidratos, pode ser absorvido de forma direta, sendo utilizado pelas células como principal fonte de energia, contribuindo para o aumento da sua longevidade. Num estudo semelhante ao nosso, Meirelles (2009) observou que a dextrose apresentou maior eficiência no aumento da longevidade, capacidade de parasitar mais hospedeiros e período de oviposição da *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera, Scelionidae), um tipo de vespa parasitóide que elimina pragas antes que elas causem danos às plantas, parasitando seus ovos.

Apesar dos resultados terem demonstrado que o tipo de carboidrato utilizado na alimentação não influenciou no peso dos mosquitos, isso pode ter ocorrido pelo fato da análise do ganho de peso ter suas limitações, pois o peso avaliado foi o do conjunto (*pool*) e a pesagem só foi realizada ao final do experimento, com os insetos congelados. Esses fatores podem ter influenciado de maneira a não permitir que essa análise fosse tão acurada a ponto de detectar uma diferença estatística entre os grupos.

Por outro lado, pensando no controle da população de mosquitos *Ae. aegypti*, é de extrema importância a identificação de fontes de açúcares adequadas ao consumo dos mosquitos, pois essas fontes podem ser utilizadas como base para a elaboração de atrativos sintéticos tóxicos como também serem utilizadas como iscas, com inseticidas orais. Estratégias de controle poderão se beneficiar com o conhecimento dos diversos aspectos de sua biologia. O comportamento do *Ae. aegypti* em obter energia a partir de açúcares, pode ser uma variável, a qual mesmo não tendo sido muito considerada em pesquisas ou táticas de controle, pode estar influenciando na sua sobrevivência (OLIVEIRA, 2014).



## 7. CONCLUSÃO

Podemos concluir que a fonte de carboidrato utilizada pelo *Ae. aegypti* em sua alimentação está diretamente relacionada com sua longevidade. Além disso, concluímos também que a dextrose foi capaz de prolongar a longevidade dos mosquitos em comparação a alimentação a base de mel ou maltodextrina. Por fim, concluímos que apesar da diferença no peso dos mosquitos não ser significativa, houve uma tendência de maior ganho de peso nos grupos de insetos alimentados com dextrose ou maltodextrina. Como perspectivas futuras, outros estudos mais detalhados serão realizados por nosso grupo de pesquisa para investigar se apesar do aumento na longevidade, a alimentação com dextrose pode influenciar em outros aspectos fisiológicos dos mosquitos, tais como, oviposição e viabilidade dos ovos.

Com esses achados, foi possível melhor compreender a biologia do *Ae. aegypti* e perceber que existe uma relação entre a fonte de carboidratos que eles se alimentam e sua longevidade. Esta descoberta é importante, pois na natureza, eles vão ter acesso a alimentos com diferentes índices glicêmicos e sua longevidade vai variar de região para região, podendo ser de 30, 40, 50, 60, 63 e 64 dias, como demonstrado em nosso estudo, ou mais, dependendo das condições enfrentadas.

## REFERÊNCIAS

ANJOLETTE, A. F.F; MACORIS, M. L. G. **Técnicas para manutenção de *Aedes aegypti* em laboratório.** v. 13, p. 19-29, 2016.

AYRES, Nathalie. **Índice Glicêmico,** 2016. Disponível em <https://www.minhavidacom.br/saude/materias/20849-indice-glicemico-como-saber-se-um-alimento-tem-baixo-ig>. Acesso em 15 de setembro de 2018.

BOGDANOV, Stefan et al. Honey for nutrition and health: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 27, n. 6, p. 677-689, 2008.

BOLDO, Beatriz de Novaes et al. **Carboidratos: Aldoses e Cetoses,** 2016. Disponível em [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2207598/mod\\_resource/content/0/Resumo\\_01\\_Gr\\_05.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2207598/mod_resource/content/0/Resumo_01_Gr_05.pdf). Acesso em 25 de setembro de 2018.

BRASIL. Decreto-Lei nº 214/2003 de 18 de Setembro, Diário da República 1ª Série A.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Atualização de casos de febre amarela,** 2018. Disponível em <http://portalms.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/42422-ministerio-da-saude-atualiza-casos-de-febre-amarela-30-jan>. Acesso em 10 de agosto de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Como é o ciclo do mosquito *Aedes aegypti*,** 2017. Disponível em <http://www.planejamento.gov.br/noticias/saiba-como-e-o-ciclo-do-mosquito-aedes-aegypti>. Acesso em 16 de agosto de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Dengue.** Instruções para pessoal de combate ao vetor: manual de normas técnicas. 3. ed. Brasília: Ministério da Saúde/Fundação Nacional de Saúde, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Mais de mil cidades podem ter surto de dengue, zika e chikungunya,** 2018. Disponível em <http://portalms.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/43454-brasil-pode-ter-aumento-de-casos-de-dengue-zika-e-chikungunya>. Acesso em 13 de agosto de 2018.

BRUNA, Maria Helena Varella. **Doenças transmitidas pelos *Aedes Aegypti*/ *Aedes albopictus*,** 2016. Disponível em <https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/doencas-transmitidas-pelos-aedes-aegypti-aedes-albopictus/>. Acesso em 10 de agosto de 2018.

CARDOSO, M; SOUZA, E. B; SEABRA, T. T. P. Dextrose, Maltodextrina e Waxy Maize: principais diferenças na composição, mecanismo de ação e recomendações para o desempenho esportivo. **Cadernos UniFOA,** Volta Redonda, n. 33, p. 101-109, abr. 2017.

CONSOLI, R. A. G. B; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil.** 2. Ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1998.

CONSOLI, R. A.G.B. Longevidade dos adultos de *Aedes fluviatilis* (Lutz, 1904) quando submetidos a diversas dietas de carboidratos e de sangue (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Biologia,** v.42, p.303-310, 1982.

COSTA, Maria Antonia Ramos. **A ocorrência do *Aedes aegypti* na região Noroeste do Paraná**: um estudo sobre a epidemia da dengue em Paranavaí-1999, na perspectiva da geografia médica. Dissertação de pós- graduação. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2001.

COSTA, Yanna Dias. **Carboidratos**, 2006. Disponível em <https://www.infoescola.com/nutricao/carboidratos/>. Acesso em 10 de setembro de 2018.

FONTAN, Jeniffer dos Santos; AMADIO, Marselle Bevilacqua. O uso do carboidrato antes da atividade física como recurso ergogênico: revisão sistemática. **Rev. bras. med. esporte**, v. 21, n. 2, p. 153-157, 2015.

FORATTINI, O. P. **Entomologia Médica**. Faculdade de higiene e saúde pública, Departamento de parasitologia. 1. ed. São Paulo, 1962.

FRANCISCO JUNIOR, Wilmo. E. F. **Carboidratos: estrutura, propriedades e funções. Conceitos Científicos em Destaque**, n. 29, 2008. Disponível em [qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/03-CCD-2907.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/03-CCD-2907.pdf). Acesso em 29 de setembro de 2018.

GALVÃO, P. V. **Dextrose**, 2015. Disponível em <https://treinomestre.com.br/dextrose-o-que-e-efeitos-e-como-tomar/>. Acesso em 27 de agosto de 2018.

GOURINENI, Vishnupriya et al. Slowly Digestible Carbohydrate for Balanced Energy: In Vitro and In Vivo Evidence. **Nutrients**, v. 9, n. 11, p. 1230, 2017.

LEANDRO, R. S. Competição e dispersão de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) e *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera: culicidae) em áreas de ocorrência no município de João Pessoa – PB. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciência e Tecnologia. Campina Grande, 2012.

LEITE, Patrícia. **Maltodextrina**, 2018. Disponível em <https://www.mundoboforma.com.br/maltodextrina-o-que-e-para-que-serve-como-tomar/>. Acesso em 02 de outubro de 2018.

LIACHOVITZKY, Carlos. **Human Anatomy and Physiology Preparatory Course**, 2015. Trabalhos acadêmicos da CUNY. Disponível em [http://academicworks.cuny.edu/bx\\_oers/1](http://academicworks.cuny.edu/bx_oers/1). Acesso em 09 de agosto de 2018.

LIMA, Waldemir Pereira et al. Estabelecimento de metodologia para alimentação de *Aedes aegypti* (Diptera-Culicidae) em camundongos swiss e avaliação da toxicidade e do efeito residual do óleo essencial de *Tagetes minuta* L (Asteraceae) em populações de *Aedes aegypti*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, n. 6, p. 638-641, 2009.

MARINHO, Luiz Alberto Carneiro. **Mosquito da Dengue**, 2015. Disponível em [http://www.dengue.org.br/mosquito\\_aedes.html](http://www.dengue.org.br/mosquito_aedes.html). Acesso em 29 de julho de 2018.

MEIRELLES, A. P; CARNEIRO, T. R; FERNANDES, O. A. Efeito de diferentes fontes de carboidrato e da privação de alimento sobre aspectos biológicos de *elenomus remus* Nixon (Hymenoptera, Scelionidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, p. 457-460, 2009.

OLIVEIRA, C. M. C. A. **Ciência em foco: mosquito da Dengue**, 2017. Disponível em <http://www.casadaciencia.com.br/o-fim-da-picada/>. Acesso em 20 de agosto de 2018.

OLIVEIRA, N. C.; DE SOUZA, A. P. Aumento da Sobrevivência de *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Linnaeus), em Condições de Laboratório, pela Ingestão de Néctar Extrafloral de *Euphorbia milii* Des Moul.(Euphorbiaceae). **EntomoBrasilis**, v. 7, n. 1, p. 49-51, 2014.

OUVERNEY, Lucas. **Fases do *Aedes aegypti***, 2017. Disponível em <http://educaedes.federalcubatao.com.br/index.php/noticia/16-fases-do-aedes-aegypti>. Acesso em 13 de agosto de 2018.

PEREIRA, Ana Paula. **Caracterização de mel com vista à produção de hidromel**. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária, Bragança, 2008.

PINHEIRO, D. M.; PORTO, K. R. A.; MENEZES, M. E. S. A Química dos Alimentos: carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas e minerais. **Maceió: Edufal**, 2005.

POMBO, Ana Paula Miranda Mundim. ***Aedes aegypti*: Morfologia, morfometria do ovo, desenvolvimento embrionário e aspectos relacionados à vigilância entomológica no Município de São Paulo**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2016.

POMIN, V. H; MOURÃO, P. A. S. Carboidratos. **Ciência Hoje**, v. 35, n. 233, p. 24-35, 2006.

ROSEGHINI, Wilson Flávio Feltrim. **Clima urbano e dengue no centro-sudoeste do Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

SANTIAGO, Deise. **Carboidratos: do simples ao complexo**, 2018. Disponível em <https://horadotreinamento.com.br/carboidratos-do-simples-aos-complexos/>. Acesso em 23 de setembro de 2018.

SILVA, C. M.; LOURENÇO, G. S; OLEA, R. S. G. A luta humana contra o *Aedes aegypti*. **Cadernos de Pesquisa**, v. 19, n. 3, 2012.

SILVA, Heloísa Helena Garcia et al. METODOLOGIA DE CRIAÇÃO, MANUTENÇÃO DE ADULTOS E ESTOCAGEM DE OVOS DE *AEDES AEGYPTI* (LINNAEUS, 1762) EM LABORATÓRIO. **Revista de Patologia Tropical**, v. 27, n. 1. 1998.

SILVA, Jesiel Souza et al. A dengue no Brasil e as políticas de combate ao *Aedes aegypti*: da tentativa de erradicação às políticas de controle-THE DENGUE FEVER IN BRAZIL AND COMBAT DENGUE FEVER TO THE *AEDES AEGYPTI*: OF THE TRY ERADICATION TO CONTROL POLICIES. *Hygeia*, v. 4, n. 6, 2008.

STUPPIELLO, Bruna. **Maltodextrina**, 2014. Disponível em <https://www.minhavidacom.br/alimentacao/tudo-sobre/17761-maltodextrina>. Acesso em 30 de setembro de 2018.

TAVEIRA, Lúcia Antonia et al. Manual de diretrizes e procedimentos no controle do *Aedes aegypti*. In: **Manual de diretrizes e procedimentos no controle do Aedes aegypti**. 2001.

ZARA, Ana Laura de Sene Amâncio et al. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 25, p. 391-404, 2016.