



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA



**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL LARVICIDA DE ÁCIDOS GRAXOS OBTIDOS DO
RESÍDUO DO DESTILADO DE DESODORIZAÇÃO DO ÓLEO DE PALMA.**

**MACAPÁ-AP
2022**

ARLEFE NOITE RIBEIRO

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL LARVICIDA DE ÁCIDOS GRAXOS OBTIDOS DO
RESÍDUO DO DESTILADO DE DESODORIZAÇÃO DO ÓLEO DE PALMA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Amapá, como requisito final para a obtenção do título de licenciado em química.

Orientador: Professor Dr. Irlon Maciel Ferreira.

MACAPÁ-AP

2022

ARLEFE NOITE RIBEIRO

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL LARVICIDA DE ÁCIDOS GRAXOS OBTIDOS DO
RESÍDUO DO DESTILADO DE DESODORIZAÇÃO DO ÓLEO DE PALMA.**

MACAPÁ-AP

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Mário das Graças Carvalho Lima Júnior – CRB-2 / 1451

R484 Ribeiro, Arlefe Noite.

Avaliação do potencial larvicida de ácidos graxos obtidos do resíduo do destilado de desodorização do óleo de palma / Arlefe Noite Ribeiro. - 2023.
1 recurso eletrônico. 55 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Química, Macapá, 2023.
Orientador: Irlon Maciel Ferreira.

Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Aedes aegypti. 2. Populações de vetores. 3. Óleo de palma. I. Ferreira, Irlon Maciel, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 540

RIBEIRO, Arlefe Noite. **Avaliação do potencial larvicida de ácidos graxos obtidos do resíduo do destilado de desodorização do óleo de palma.** Orientador: Irlon Maciel Ferreira. 2023. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Coordenação do Curso de Química. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

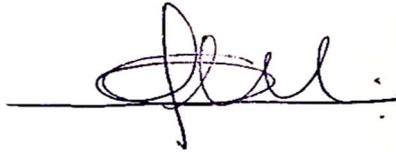
DATA DE APROVAÇÃO: 21/ 11/ 2022.



Examinador: Prof^o Dr. Eduardo José de Arruda
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS - UFGD

Documento assinado digitalmente
gov.br INANA FAURO DE ARAUJO
Data: 26/11/2022 09:38:35-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Examinador: Prof^a Dr^a. Inana Fauro de Araújo
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ - UNIFAP



Orientador: Prof^o Dr. Irlon Maciel Ferreira
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ – UNIFAP

MACAPÁ-AP
2022

A Deus pai, pelo dom da vida e pela oportunidade que me oferece a cada manhã.

A minha família, pelo afeto diário e por estar comigo em todos os momentos.

A minha mãe, Maria Luiza Pinheiro Noite, pela dedicação em estar sempre desejando o melhor aos seus filhos.

Ao meu pai, Erismeu de Freitas Ribeiro, que infelizmente não se encontra mais conosco neste mundo, por todo aprendizado que obtive e pela doação que ele teve para com sua família.

Aos meus irmãos, Arleson Noite Ribeiro; Camila Noite Ribeiro e Hariston Noite Ribeiro, pelo companheirismo e amizade do dia a dia.

Aos amigos, que sempre encontro aconchego em todos os momentos e por serem a minha base na caminhada.

Ao meu orientador, prof. Dr. Irlon Maciel Ferreira, pela amizade, pelas experiências compartilhadas e pela confiança que depositou em mim para a realização deste trabalho.

A todos os professores do colegiado, pelos conhecimentos adquiridos e compartilhados durante os quatro anos da graduação.

A minha turma de graduação, pelos 4 anos de amizade formada e pelas experiências obtidas.

A toda família BIORG, pela amizade formada e pelas experiências obtidas.

Ao laboratório Arthropod pela colaboração no cultivo das larvas e por sediar as mesmas para o desenvolvimento deste trabalho.

Arlefe Noite Ribeiro

*“A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido e não na vitória propriamente dita”. **Mahatma Gandhi***

RESUMO

Ao longo do século XX e nos dias atuais, a população brasileira, vem sofrendo com a problemática do aparecimento de diversas doenças causadas pelo vetor *Aedes aegypti*, tais como por exemplo a dengue e zika vírus. Essas doenças são transmitidas pelo mosquito citado através do repasto sanguíneo das fêmeas que carregam o vírus. Um dos meios que se utilizam no controle do vetor é fazendo uso de substâncias químicas. Estas substâncias, são formuladas a partir de compostos como os organoclorados, organofosforado e piretroides. Esses compostos, por serem utilizados com bastante frequência criam populações de vetores resistentes quanto ao seu uso exacerbado podendo ser prejudiciais ao meio ambiente e organismos não alvo. Por esse fato, a região amazônica se torna uma importante fonte natural tendo a presença de inúmeras plantas que produzem diversos óleos vegetais. Dentre os diversos óleos que existem, há o óleo de palma e o seu processo de refino, o destilado de desodorização do óleo de palma, que podem ser utilizados para aplicações como lubrificantes, ração animal e oleoquímico. Em vista desses argumentos, o presente trabalho teve como objetivo central avaliar o potencial larvicida de ácidos graxos presentes no resíduo do destilado de desodorização do óleo de palma em larvas de *Aedes aegypti*. O destilado de desodorização de óleo de palma foi caracterizado por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa (CG-EM). Com isso, foram realizados os testes larvicidas em larvas de 3º estágio do *Ae. aegypti* dos ésteres etílicos juntamente com os ácidos graxos padrões (palmítico, esteárico, mirístico, oleico e láurico), com concentrações de (15; 7,5; 5; 2,5 e 1 µg/mL), em condições controladas. Por fim, a análise morfológica também foi realizada para saber os danos causados nas respectivas larvas frente ao material utilizado (DDOP) bem como dos ácidos graxos. Os resultados obtidos demonstram que o resíduo de DDOP pode ser uma alternativa economicamente promissora como um larvicida natural frente as larvas do mosquito de *Ae. Aegypti*.

Palavras-Chave: *Aedes aegypti*, populações de vetores, óleo de palma, ácidos graxos.

ABSTRACT

Throughout the twentieth century and today, the Brazilian population has been suffering from the problem of the appearance of various diseases caused by the vector *Aedes aegypti*, such as dengue and zika virus. These diseases are transmitted by the aforementioned mosquito through the blood meal of females that carry the virus. One of the ways used to control the vector is using chemical substances. These substances are formulated from compounds such as organochlorines, organophosphates and pyrethroids. These compounds, because they are used quite frequently, create populations of vectors resistant to their exacerbated use, which can be harmful to the environment and non-target organisms. For this reason, the Amazon region becomes an important natural source with the presence of numerous plants that produce various vegetable oils. Among the various oils that exist, there is palm oil and its refining process, the palm oil deodorization distillate, which can be used for applications such as lubricants, animal feed and oleochemicals. In view of these arguments, the present work had as its main objective to evaluate the larvicidal potential of fatty acids present in the residue of the distillate of palm oil deodorization in *Aedes larvae. aegypti*. The palm oil deodorization distillate was characterized by gas chromatography coupled to a mass spectrometer (GC-MS). Thus, larvicidal tests were performed on 3rd stage larvae of *Ae. aegypti* of ethyl esters together with standard fatty acids (palmitic, stearic, myristic, oleic and lauric), with concentrations of (15; 7.5; 5; 2.5 and 1 $\mu\text{g/mL}$), under controlled conditions. Finally, the morphological analysis was also performed to find out the damage caused to the respective larvae by the material used (DDOP) as well as the fatty acids. The obtained results demonstrate that the residue of DDOP can be an economically promising alternative as a natural larvicide against the larvae of the mosquito of *Ae. aegypti*.

Keywords: *Aedes aegypti*, vector populations, palm oil, fatty acids.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Casos de dengue no país nos anos _____	17
Figura 2: Mosquito <i>Aedes Aegypti</i> _____	18
Figura 3: Ciclo de vida do <i>Aedes aegypti</i> _____	19
Figura 4: Ovos do <i>Ae. Aegypti</i> _____	20
Figura 5: Larva do <i>Ae. Aegypti</i> _____	20
Figura 6: Estruturas química dos compostos organoclorados _____	24
Figura 7: Estruturas química do Forato e Dissulfoton _____	25
Figura 8: Estruturas química dos ácidos graxos saturados _____	28
Figura 9: Estruturas química dos ácidos graxos insaturados _____	28
Figura 10: Processo do refino físico na obtenção do DDOP _____	30
Figura 11: Controle das larvas de <i>Aedes aegypti</i> nas 24 e 48 horas de exposições _____	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição de éster etílico de DDOP	35
Tabela 2: Determinação das concentrações letais dos ácidos graxos 24h	38
Tabela 3: Determinação das concentrações letais dos ácidos graxos 48h	40
Tabela 4: Determinação das concentrações letais do DDOP 24 e 48h	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Taxa de mortalidade das larvas em 24h de exposições	36
Gráfico 2: Taxa de mortalidade das larvas em 48h de exposições	37

LISTA DE SIGLAS

FUNASA: Fundação Nacional de Saúde	19
DDT: Dicloro-Difenil-Tricloroetano	24
AGS: Ácido graxo saturado	27
AGI: Ácido graxo insaturado	27
DDOP: Destilado de desodorização do óleo de palma	29
CL50: Concentração letal (50%)	38
CL90: Concentração letal (90%)	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 HISTÓRICO DE CAMPANHAS CONTRA O <i>Aedes aegypti</i>	16
2.2 O VETOR <i>Aedes aegypti</i>	18
2.2.1 Ciclo de vida do <i>Aedes aegypti</i>	19
2.2.2 Ovo	19
2.2.3 Larvas	20
2.2.4 Pupa	21
2.2.5 Adulto	21
2.3 DOENÇAS CAUSADAS PELO MOSQUITO	21
2.4 INSETICIDAS SINTÉTICOS	22
2.4.1 Resistências aos inseticidas	26
2.5 ÓLEOS VEGETAIS COMO ALTERNATIVA NO CONTROLE DO VETOR <i>Aedes aegypti</i>	27
2.5.1 Ácidos Graxos	27
2.6 DESTILADO DE DESODORIZAÇÃO DO ÓLEO DE PALMA	29
3. OBJETIVOS	31
3.1 GERAL	31
3.1.2 Específicos	31
4. MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1 MATERIAIS E REAGENTES	32
4.2 MÉTODO	32
4.2.1 Reação de esterificação do DDOP	32
4.2.2 Análise Cromatográfica	33
4.2.3 Atividade larvicida	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO RESÍDUO DO DESTILADO DE DESODORIZAÇÃO DO ÓLEO DE PALMA	34
5.2 ATIVIDADE LARVICIDA	36

5.2.1 Mortalidade das larvas de <i>Aedes aegypti</i> em 24h e 48h	36
5.2.2 CL ₅₀ e CL ₉₀ dos ácidos graxos nas 24h e 48h	38
5.2.3 CL ₅₀ e CL ₉₀ do DDOP nas 24h e 48h	41
5.3 MORFOLOGIA DAS LARVAS DE <i>AEDES AEGYPTI</i>	42
6. CONSIDRAÇÕES FINAIS	44
7. REFERÊNCIAS	45
8. ANEXOS	48

1. INTRODUÇÃO

O *Aedes aegypti* é o principal transmissor de patógenos humanos, incluindo a dengue, febre amarela, Chikungunya e zika vírus. Com isso, percebe-se que esse mosquito está se tornando, bem como já se tornou, um dos grandes problemas da saúde pública do mundo.

O Brasil, por ser um país continental e periférico, acaba se tornando um dos ambientes favoráveis para o crescimento desse patógeno. Conseqüentemente, há também uma evolução de criação desta espécie advinda de outros países sul americanos.

Dito isso, uma das alternativas que hoje se tem no controle deste vetor é fazendo uso de inseticidas sintéticos, haja visto que ainda não há vacinas para o mesmo. Portanto, torna-se alvo das empresas o uso desses para atender a demanda da sociedade.

Os organofosforados juntamente com os piretróides são os inseticidas que mais são utilizados, no entanto, o que se observa é que os mesmos são bastante prejudiciais ao meio ambiente, uma vez que o uso desses compostos seleciona populações de vetores resistentes. Com isso, a baixa biodegradabilidade dos inseticidas e larvicidas atuais pode potencialmente levar a um efeito adverso de longo prazo na saúde humana.

Hoje, no mundo inteiro, em especial no Brasil, busca-se cada vez mais diversos meios no controle da propagação do vetor *Aedes aegypti*. Por esse fato, produtos naturais e de baixos custos tem se tornado alvo para o uso do controle desta propagação.

Os bioprodutos, como extratos de plantas ou de microrganismos, derivados ou subprodutos de processos agrícolas têm sido usados com sucesso como alternativa aos larvicidas sintéticos contra *Aedes aegypti*.

Por esse fato, a região amazônica se torna uma importante fonte de plantas que produzem diferentes óleos vegetais, e estes são usados pela população local para o tratamento de doenças. Dentre esses óleos, o óleo de Palma e seus resíduos durante o processo de extração, destilado de desodorização do óleo de palma (DDOP), vem ganhando atenção por ser de fácil obtenção, barato e alta disponibilidade na Região.

O DDOP é um bioproduto obtido durante o refino físico do óleo de palma bruto, rico em compostos de alto valor agregado, como tocoferóis, esqualeno, esteróis e ácidos graxos, que podem ser utilizados como matéria-prima para a produção de sabão, oleoquímicos e ração animal.

Em vista desses argumentos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial larvicida de ácidos graxos presentes no resíduo do destilado de desodorização do óleo de palma, cedido pela companhia refinadora da Amazônia Agropalma S/A (Brasil), em larvas de *Aedes aegypti*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICO DE CAMPANHAS CONTRA O *Aedes aegypti*

Ao longo do século XX, com o advento da intensificação da globalização mundial, as pessoas começavam a se movimentar de forma mais acelerada, por meio das vias áreas, aquáticas e terrestres. Então, houve o aparecimento de diversas doenças, entre elas a dengue e a febre amarela. Nesse sentido, também começou a intensificação de campanhas que viabilizasse a corrida para o combate das mesmas.

Pouco se sabia o motivo e como que essas doenças surgiram e como ela se propagava. Pois bem, o aparecimento dessas doenças se deu pelo vetor *Aedes aegypti* e por esse fato, no Brasil, de forma institucionalizada, foi sistematizada as primeiras articulações de campanhas a partir do mesmo século (PARA; BRAGA; VALLE, 2007). Isso se deu porque ocorreu diversas epidemias de febre amarela pelo país, o que alavancou as preocupações e cuidados por parte do Estado, uma vez que as consequências disto levaria a uma super lotação na rede pública de saúde.

A primeira campanha pública no país cujo objetivo foi de identificar os focos e registros de doenças causadas pelo vetor, iniciada por Oswaldo Cruz no Rio de Janeiro (1902-1907), corroborou para construção das chamadas “brigadas” para a verificação desses casos que estavam aparecendo.

Segundo o que salienta Braga e colaboradores (2007), essa epidemia iniciou no Estado do Rio de Janeiro (1928-1929) e foi se espalhando aos demais estados da federação tendo como registros de casos em torno de 738 e de mortes com aproximadamente a 478. Conseqüentemente, ainda que passados muitos anos, datando como ponto de partida essa primeira campanha, houve sempre um incentivo para que ela continuasse à tona.

Por outro lado, as análises epidemiológicas de tendência de transmissão da dengue no Brasil até o ano de 1999, mostrou que excluindo o episódio de Boa Vista e Roraima distinguiram-se três ondas epidêmicas pelo país. Não somente, então, tinha-se como preocupação a questão da febre amarela, mas agora a preocupação com a dengue.

No período de 1986 a 1987, houve a primeira, apresentando incidências de 35,2 (1986) a 65,1 (1987) casos por 100 mil habitantes. A segunda, no biênio 1990-1991, ofereceu maiores riscos às populações dos Estados do Ceará (249,1 casos/100.000 hab.) e do Rio de Janeiro (613,8 casos/100.000 hab.) (PARA; BRAGA; VALLE, 2007; ZARA et al., 2016).

Dessa forma, a dengue se tornou endêmica no país fazendo com que todo ano houvesse a necessidade de campanhas de combate à doença, em especial da década de 1990 até o presente momento. Nessa perspectiva, isso corroborou para que os convênios no plano de saúde

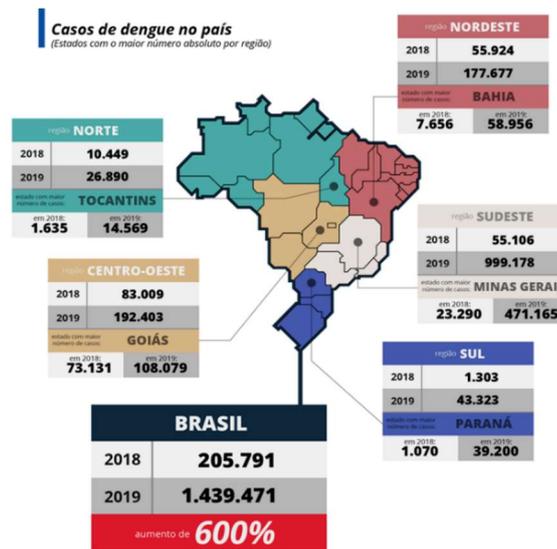
pudessem ser feitos entre a federação e municípios até o ano de 1999. Porém, no ano 1998 não foi atingida a meta de controle da doença, dengue e febre amarela (PARA; BRAGA; VALLE, 2007).

Por esses motivos, foi reaberta novas metas em combate ao mesmo, fazendo com que surgisse métodos de combate à transmissão, surgindo então, a questão dos inseticidas sintéticos como forma de controle ao vetor. Acredita-se que as principais causas do fracasso das campanhas tenham sido a não-universalização das ações em cada Município e a descontinuidade na execução das atividades de combate ao vetor (PARA; BRAGA; VALLE, 2007; ZARA et al., 2016).

Apesar de todos esses problemas, na prática, os programas de combate contra as devidas doenças contribuíram para fortalecer a luta ao *Ae. aegypti*. Durante a vigência do Plano, houve aumento considerável dos recursos disponíveis para essas atividades, embora os focos principais das ações de prevenção ainda fossem o uso de inseticidas e a eliminação de criadouros (GOMES et al., 2016; ZARA et al., 2016).

Além disso, em todo o país, os registros de casos aumentaram nos últimos anos, como bem mostra a (Figura 1).

Figura 1: Casos de dengue no país nos anos de 2018 e 2019.



Fonte: Agência Brasil, 2019.

Recentemente, neste ano de 2022, a Secretaria de Saúde de Estado do Paraná, pelas análises epidemiológicas, decretou epidemia de dengue a partir dos aumentos de casos de pessoas que contraiu o vírus da doença. Nesse sentido, em todo o estado os casos dispararam com 39% a mais em relação à semana anterior, tendo mais de 6 mil vítimas acometidos pela

doença. Em todo o ano de 2021, foram registrados mais de 22 mil casos da doença sendo que houvera 112 mortes (BRASIL, 2022).

Portanto, percebe-se que a dengue bem como a febre amarela e outras doenças que são causadas e transmitidas pelo vetor *Ae. aegypti* vem se tornando motivo de preocupação no mundo inteiro, em especial no Brasil, como bem visto pelo histórico recente. Para tanto, cerca de 2,5 bilhões de pessoas encontram-se sob risco de se infectarem, particularmente em países tropicais, como é o exemplo do nosso país, onde a temperatura e a umidade favorecem a proliferação do mosquito vetor (LUIZ TAUIL, 2002).

2.2 O VETOR *Aedes aegypti*

O *Aedes aegypti* (Figura 2) é um artrópodo, faz parte da família dos culicídeos, transmissor de arboviroses como Dengue, Zika e Chikungunya. Essas doenças são repassadas aos seres humanos por meio do repasto sanguíneo das fêmeas do mosquito que necessitam do sangue para maturação de seus ovos (LUIZ TAUIL, 2002; FREITAS, 2019; ARAÚJO et al., 2022).

Figura 2: Mosquito *Aedes Aegypti*



Fonte: Autor.

Há estudos que apontam que esse respectivo mosquito surgiu em solos africanos, adaptando-se à ecologia peridoméstica de pequenas vilas antes do tráfico de escravos. (RITA et al., 2002).

Além disso, variações genéticas do vetor foram observadas em relação a diferentes densidades populacionais tendo como uso os inseticidas sintéticos nas áreas urbanizadas de Taiti e em Moorea, na Polinésia Francesa. Para tanto, RITA e colaboradores (2002) observaram

que em distâncias de 90 a 250 km, fato ocorrido em 7 cidades do México, populações de vetores se mantiveram geneticamente uniformes, além de que em distâncias maiores que 250 km, foram detectadas diferenças em frequência e tipos de alelos que afetam a transmissão da dengue (RITA et al., 2002)..

Raramente, em ambientes semisilvestres ou onde há a presença do homem, ocorre a dispersão ampla da etologia do *Ae. aegypti*. Nesse sentido, a preferência dos criadouros desta espécie é beneficiada pelo abandono, céu aberto, de recipientes artificiais (FORATTINI; DE BRITO, 2003; PARA; BRAGA; VALLE, 2007; ZARA et al., 2016).

A presença dos criadouros em ambiente de convívio com o homem favorece a rápida proliferação da espécie, por dois grandes aspectos: condições ideais para reprodução, acontecendo a rápida manifestação dos mesmos e fontes de alimentação que beneficia o seu crescimento em larga escala (ZARA et al., 2016).

2.2.1 Ciclo de vida do *Aedes aegypti*

Há quatro etapas de crescimento do respectivo mosquito, conforme o que salienta Freitas (2019), sendo elas: Ovos, larvas (L1, L2, L3 e L4), pupa e adulto. Esse crescimento se dá de forma acelerada, em específico, em água pois as fêmeas dos mosquitos depositam seus ovos em ambiente aquático. Consequentemente, esse ambiente se torna favorável para a sua rápida proliferação.

Figura 3: Ciclo de vida do *Aedes aegypti*.



Fonte: FREITAS, 2019.

2.2.2 Ovo

Com alguns dados apresentados da FUNASA, percebe-se de que ovos com até 450 dias, sofrem eclosão, quando colocados em contato com a água (FREITAS, 2019; ARAÚJO, et al.,

2022). Nesse sentido, o ovo do *Aedes aegypti* mede aproximadamente 1 mm de comprimento, apresenta contorno alongado e fusiforme e é depositado individualmente, nas paredes dos depósitos que servem como criadouros, próximos à lâmina da água e a formação do embrião se completa em 48 horas.

Figura 4: Ovos do *Ae. Aegypti*.

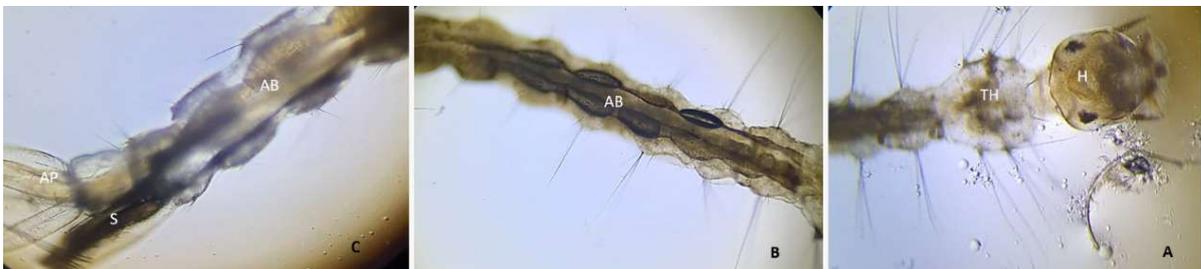


Fonte: Autor.

2.2.3 Larvas

A duração da etapa larval depende da temperatura, com isso, em média, dura sete dias. Além disso, na fase de larva o *Aedes aegypti* possui aspecto vermiforme, sifão respiratório curto, grosso e mais escuro que o corpo e possui quatro estágios de evolução (L1, L2, L3 e L4), sendo que as larvas de estágio mais avançados (L3 e L4) apresentam um desenvolvimento mais maduro em relação aos estágios iniciais (L1 e L2).

Figura 5: Larva do *Ae. Aegypti*.



Fonte: Autor.

2.2.4 Pupa

A pupa é a última etapa da fase aquática e possui o aspecto de uma vírgula, sendo bastante móvel quando movida. Seu corpo escurece à medida que se aproxima o momento da emergência do adulto, conseqüentemente esta fase dura de 2 a 3 dias e durante este período a pupa não se alimenta.

2.2.5 Adulto

Os mosquitos adultos estão na fase de reprodução e dispersão da espécie. Seu corpo é escuro, com faixas brancas nas bases dos segmentos tarsais. Eles podem acasalar 24h após emergirem. O acasalamento pode se dar durante o vôo ou pousados sobre uma superfície (FREITAS, 2019).

O repasto sanguíneo das fêmeas fornece proteínas para o desenvolvimento dos ovos e ocorre nas primeiras horas do dia e ao anoitecer, ou seja, o macho alimenta-se de carboidratos extraídos dos vegetais. Por vez, a fêmea faz uma postura após cada repasto sanguíneo tendo intervalo entre a alimentação e a postura é de 3 dias (ZARA, et al, 2016).

Outra via que também chama atenção é pelo transporte acelerado que as pessoas se mantiveram nos grandes centros urbanos que foi motivo para a rápida proliferação e manifestação do vírus causado pelo vetor. A fêmea, a responsável pela condução do gênero Flavivirus, vírus esse que transmite as doenças, em um único ciclo gonadotrófico, conseguem ampliar a sua capacidade de transmitir e infectar as pessoas, pelo respectivo vírus (ZARA, et al., 2016).

Este comportamento torna o *Ae. aegypti* um vetor extremamente eficiente. A manutenção do ciclo na natureza durante as variações climáticas sazonais, permite que a viabilidade dos ovos de *Ae. aegypti* chegue até 492 dias na seca, eclodindo após contato com a água. Conseqüentemente, percebe-se de que este vetor potencializa as suas ações conforme o ambiente que vive e tem uma capacidade de reprodução incrível, o que preocupa a humanidade.

2.3 DOENÇAS CAUSADAS PELO MOSQUITO

As doenças reemergentes é a que se constitui em problemas mais grave de saúde pública. São bem conhecidos sua etiologia e seus mecanismos de transmissão. O seu espectro clínico é muito amplo, variando de formas assintomáticas ou oligo sintomáticas até formas graves e letais.

Dessa forma, a manifestação dessas doenças pode estar associada a questões climáticas, pois há fortes indícios de que em estações chuvosas, altas temperaturas e altitudes, a elevação

do alto índice de casos de contaminação pela mesma. Mas, alguns autores ressaltaram que a chuva teria maior influência nos níveis de infestação de *Aedes albopictus*, cuja oviposição se dá preferencialmente fora do domicílio. O *Aedes aegypti*, vetor marcadamente domiciliado, utiliza diversos tipos de criadouros cuja água independe da chuva e, dessa forma, são menos afetados pela sazonalidade (LUIZ TAUIL, 2002; PARA; BRAGA; VALLE, 2007; ZARA et al., 2016).

A influência da temperatura na transmissão da dengue foi largamente investigada, pois interfere nas atividades de repasto sanguíneo das fêmeas dos mosquitos, em sua longevidade e no período de incubação extrínseco do vírus. Principalmente as temperaturas mínimas registradas no dia, mais que as médias diárias, foram associadas à transmissão de dengue sazonal em Bangkok (LUIZ TAUIL, 2002; FREITAS, 2019; ARAÚJO et al., 2022).

Para alguns autores a altitude também é indicada como um fator que interfere na (re)produção do vetor, embora que a primeira notificação em altitudes maiores que 1.700m, foi em 1988 em Taxco, Guerreiro e no Mexico, registrando cerca de 1.735m de altitude.

Para tanto, torna-se estratégica a vigilância entomológica e epidemiológica em situações não usuais, procurar evidenciar adaptações das espécies de vetores em diferentes contextos ecológicos regionais e sinalizando períodos de ocorrência/expansão de epidemias (LUIZ TAUIL, 2002).

Outro ponto que também é válido salientar é que a doença se manifesta e sofre modificações a partir do contínuo processo de globalização e a urbanização das cidades frente a economia (RIBEIRO, et al, 2006). Nessa perspectiva, tais fatores propiciam para a dispersão e disseminação do mosquito dos vários sorotipos de doenças.

Por fim, essas doenças, em especial a dengue, tem acometido muitos indivíduos entre ambos os sexos, masculino e feminino. Porém, estudos apontam que para o sexo feminino há uma incidência maior de contaminação em relação aos homens (RIBEIRO, et al, 2006).

2.4 INSETICIDAS SINTÉTICOS

O que se observa é que para o controle do vetor, diversos meios são utilizados, por via biológica ou química. Para esta última, substância de caráter tóxicos são usados para manter esse controle ativo.

Das várias substâncias que são utilizadas, encontra-se a espécie dos organoclorados, mas para se entrar no assunto precisa-se verificar alguns pontos históricos. Pois bem, a partir do século XX, por um longo período, o controle do vetor começara a ser posto em prática tendo como foco o controle químico.

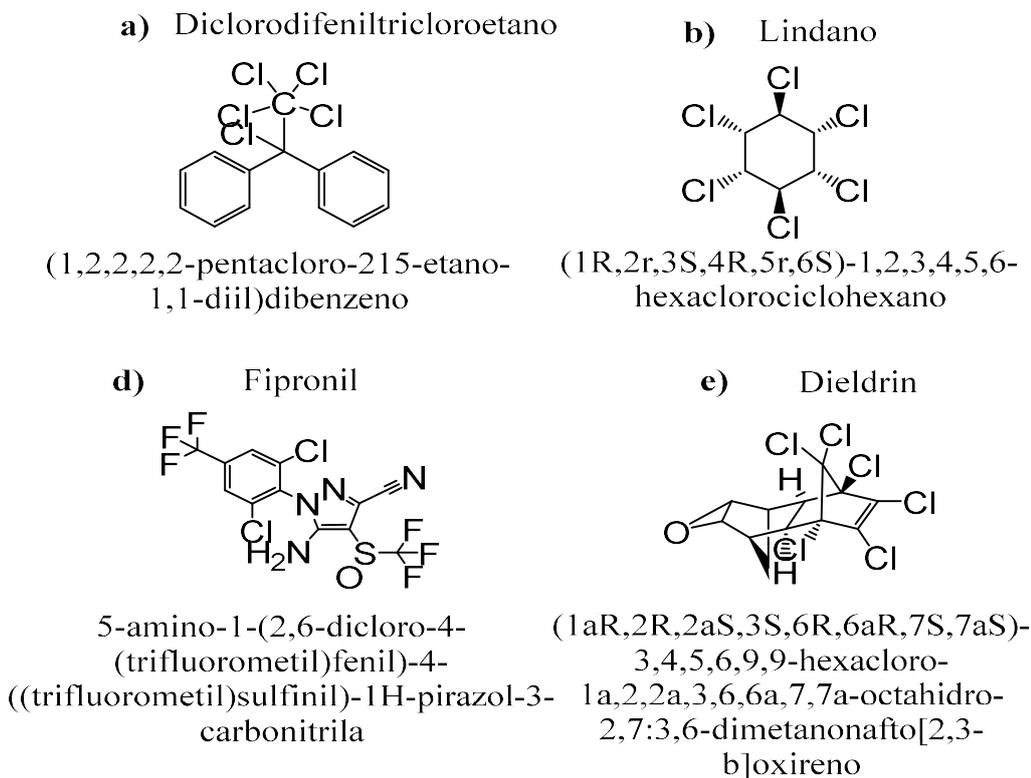
Para tanto, algumas estratégias foram adotadas para que as políticas de combate pudessem mediar as articulações de trabalho. Nessa via, o uso de produtos químicos poderia ser classificado como neurotóxicos, análogos de hormônio juvenil e inibidores de quitina, para matar as larvas e insetos adultos (ZARA et al., 2016). Isso se tornou, então, uma forma de uso em foco para o controle do mesmo.

Foi estabelecido duas formas de usar os inseticidas às larvas e os adultos (Adulticidas), uma pelo tratamento focal e perifocal; a outra pela a aspersão aeroespacial de inseticidas em ultra baixo volume (ZARA et al., 2016).

O tratamento focal se dava pela aplicação do produto químico nos depósitos positivos para formas imaturas de mosquitos que não poderiam ser eliminados mecanicamente. Já para o tratamento perifocal a aplicação consistia de uma camada de adulticida de ação residual nas paredes externas dos criadouros situados em pontos estratégicos, por meio de aspersor manual, e está indicado para localidades recém infestadas como medida complementar ao tratamento focal em pontos estratégicos.

O outro meio é a aspersão, essa, era feita por equipamento portátil costal tendo trabalho justamente a eliminação das formas adultas de *Ae. Aegypti*. A nebulização não se dá de forma seletiva, ou seja, ela promove essa eliminação de qualquer mosquito que esteja no ambiente. Conseqüentemente, esses meios de controle foram e ainda são bastante utilizados na respectiva prática.

Dentro deste controle químico, alguns compostos fazem com que essas larvas sofram mortalidade, como é o exemplo dos organoclorado. Dentro dessa espécie, existem diversas substâncias que fazem parte dos inseticidas sintéticos. Na figura (Figura 7) há algumas estruturas química presente na classe supracitada acima.

Figura 6: Estruturas química dos compostos organoclorados.**Fonte:** Autor.

O que é importante observar é que esses compostos apresentam, em suas respectivas estruturas, além do cloro, os carbonos e hidrogênios. Além disso, eles são conhecidos como hidrogênios clorados, compostos clorados orgânicos ou também sintéticos (FERNANDES BELLINATO, 2018).

Os organoclorados agem sobre o canal de sódio regulado por voltagem ou sobre o receptor do neurotransmissor ácido gama-aminobutírico pós-sináptico (FERNANDES BELLINATO, 2018).

O DDT, que faz parte dessa classe de inseticida, é o primeiro inseticida moderno. Ele, amplamente usado após a segunda guerra mundial, serviu no combate aos mosquitos e vetores do plasmódio (FERNANDES BELLINATO, 2018; PARA; BRAGA; VALLE, 2007.; GROSSI, 2021).

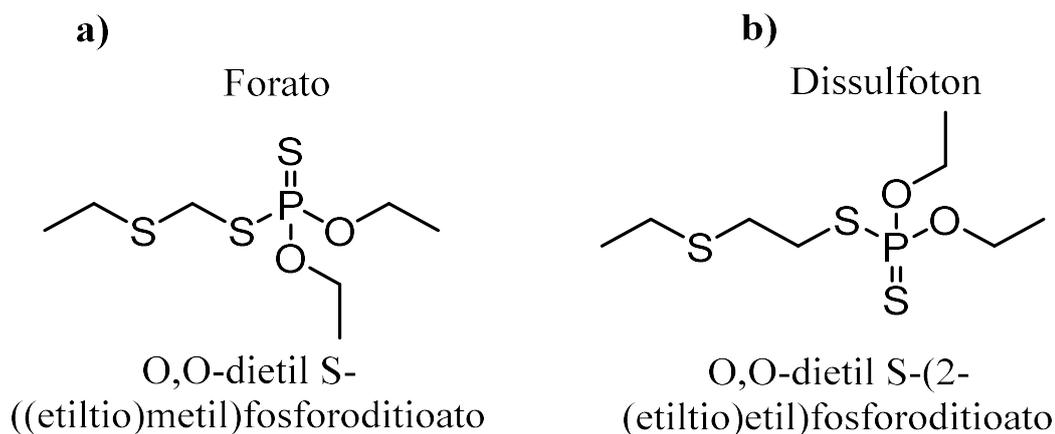
Paul Muller, em 1948, recebeu o Prêmio Nobel de Medicina por desenvolver a utilidade do DDT no controle de vetores contra a malária, febre amarela e outras doenças (PARA; BRAGA; VALLE, 2007).

Nesse sentido, embora o modo de ação deste inseticida nunca tenha sido estabelecido, sabe-se de que ele atua no canal de sódio mantendo-o aberto e destruindo o equilíbrio de íons sódio e potássio dos axônios, impedindo, portanto, que insetos e mamíferos transmitam de

forma normal seus impulsos nervosos (FERNANDES BELLINATO, 2018; PARA; BRAGA; VALLE, 2007; GROSSI, 2021).

Outra espécie que é amplamente utilizado no controle dos vetores de *Ae. aegypti* é o organofosforado, tendo como exemplo de substâncias participante do mesmo o Forato e o Dissulfoton (Figura 8).

Figura 7: Estruturas química do Forato e Dissulfoton.



Fonte: Autor.

Uma das características dessas espécies é a derivação de que um dos ácidos de fósforo fazem ligação com um grupo de enxofre, ou seja, eles são parte do grupo Tiofosfato e apresentam estrutura química e modo de ação semelhante a compostos conhecidos como gases neurotóxicos. (FERNANDES BELLINATO, 2018).

Além disso, eles são amplamente utilizados em saúde pública por apresentarem muitas vantagens sobre os organoclorados, como serem biodegradáveis e não se acumularem nos tecidos (PARA; BRAGA; VALLE, 2007). Porém, eles apresentam a principal desvantagem que é a instabilidade química sendo preciso, portanto, a constante renovação quanto ao seu uso.

Nessa perspectiva, percebe-se então que a maioria desses compostos sintéticos acabam sendo prejudiciais ao meio ambiente. Pode-se citar, além do uso desses, o Piretroides. Ele é derivado das piretrinas naturais e é eficaz contra as pragas de importância econômica (FERNANDES BELLINATO, 2018).

Por outra via, eles são biodegradáveis, não acumulam e, embora possam causar hipersensibilização e irritação das mucosas nesses animais, raramente provocam intoxicações agudas em aves e mamíferos (PARA; BRAGA; VALLE, 2007).

Ainda tem a espécie dos carbamatos, que são inseticidas derivados do ácido carbâmico tendo sua comercialização a partir da década de 1960 (PARA; BRAGA; VALLE, 2007; FERNANDES BELLINATO, 2018).

A sua ação é bastante rápida quando usados no combate ao vetor, ocorrendo a hidrólise em poucos minutos (FERNANDES BELLINATO, 2018). Embora o efeito do carbamato seja severo, ainda sim é curto comparado ao efeito dos organofosforados. O propoxur e o bendiocarb são os exemplos de carbamatos. São tóxicos aos mamíferos, efetivos contra muitas espécies de insetos e apresentam baixa persistência no ambiente (PARA; BRAGA; VALLE, 2007; FERNANDES BELLINATO, 2018).

2.4.1 Resistências aos inseticidas

Bellinato (2018) e Braga e colaboradores (2007), afirmam que a partir dos usos constantes desses inseticidas sintéticos, houve uma alta resposta criando populações de resistência nos organismos dos vetores.

Nisso, a resistência de um determinado organismo pode ser manifestada para dois ou mais compostos distintos através da resistência cruzada ou múltipla (FERNANDES BELLINATO, p. 7, 2018).

A resistência cruzada diz respeito a um único mecanismo que confere resistência a um ou dois compostos. Já para a múltipla, ao menos dois diferentes mecanismos coexistentes conferem resistência a dois ou mais compostos químicos (FERNANDES BELLINATO, 2018).

Essa explicação exemplifica como que essa resistência, através do organismo do mosquito, é feita a partir do recebimento dos compostos químicos. Grossi (2021) diz que essa resistência é metabólica, ou seja, o desenvolvimento de mutações do sítio alvo, são ocasionados pela superexpressão de enzimas e desintoxicação, tornando o sítio alvo mais resistente.

Esses dois mecanismos estão presentes no processo de resistência aos organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretroides. Por isso, ressalta-se da importância de que muitos autores vêm relatando que os mesmos já não são tanto viáveis para o combate ao *Ae. aegypti*. Conseqüentemente, torna-se necessário o desenvolvimento de novos compostos com diferentes mecanismos de ação, que atuem sobre o vetor, mas que sejam inertes ao meio ambiente e as outras formas de vida.

2.5 ÓLEOS VEGETAIS COMO ALTERNATIVA NO CONTROLE DO VETOR *Aedes aegypti*.

Os estudos envolvendo óleos vegetais vem crescendo e constantemente tornando-se alvo de grande interesse porque a demanda em função da riqueza global vem crescendo também (SILVA DE ALMEIDA, [s.d.]). Nesse sentido, com a conscientização sobre os diversos problemas à saúde humana, relacionados com o consumo de alimentos que contém a presença de ácidos graxos trans, tornou-se interessante se apropriar do uso desses.

Com a crescente demanda da ampliação do uso de óleos vegetais para o fornecimento de matéria prima para os biocombustíveis, fez com que os mesmos começassem a ser uma alternativa promissora também para as atividades larvicidas, pois os bioprodutos, como os extratos das plantas tem sido usado no controle de vetores, como relatado dentro da literatura (ARAÚJO et al., 2020a; RAGAVENDRAN; MARIAPPAN; NATARAJAN, 2017).

O cultivo do uso de plantas também serve como uma forma de medicina tradicional, pois populações do campo rural fazem uso das mesmas para tratar diversas doenças (SOUZA; LOBATO; MENEZES, 2019; FERREIRA; RODRIGUES; SARQUIS, et al., 2019).

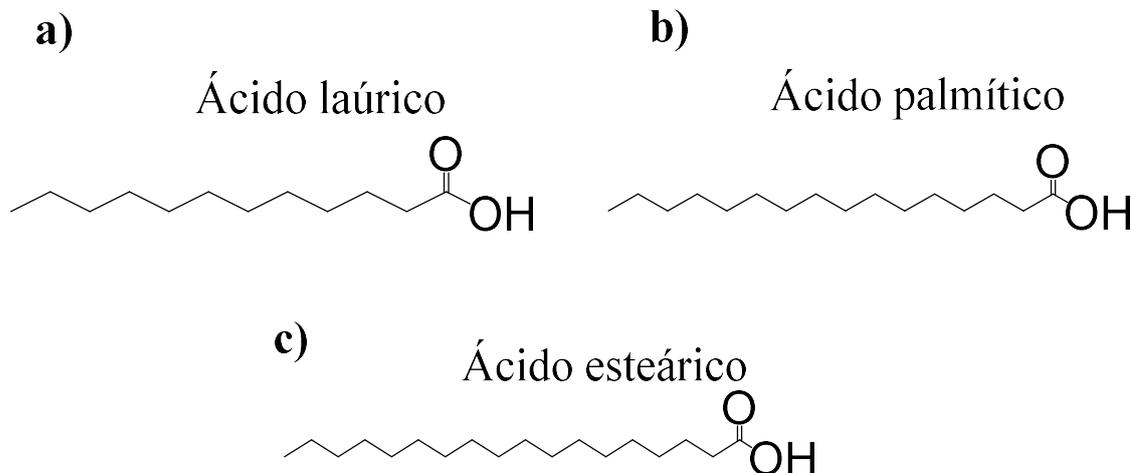
Dentre os óleos vegetais que tem predominância na região amazônica, o óleo de Palma e seus resíduos durante o processo de extração, destilado de desodorização do óleo de palma, vem ganhando atenção por ser de fácil obtenção, barato e alta disponibilidade na Região.

2.5.1 Ácidos Graxos

Os óleos vegetais constituem diversas propriedades química biológicas que atuam junto ao organismo humano. Dessa forma, entre as propriedades que existem, encontra-se os ácidos graxos, que é o produto de uma reação de esterificação a partir de um ácido carboxílico com um lipídeo natural (EVELAZIO DE SOUZA; MATSUSHITA; VERGILIO VISENTAINER, 1998).

Dentro da indústria, os ácidos graxos são formados a partir da hidrogenação parcial dos óleos vegetais. Essa reação elabora uma gordura mais consistente a partir do gás hidrogênio e um catalisador metálico (MARIA et al., 2017).

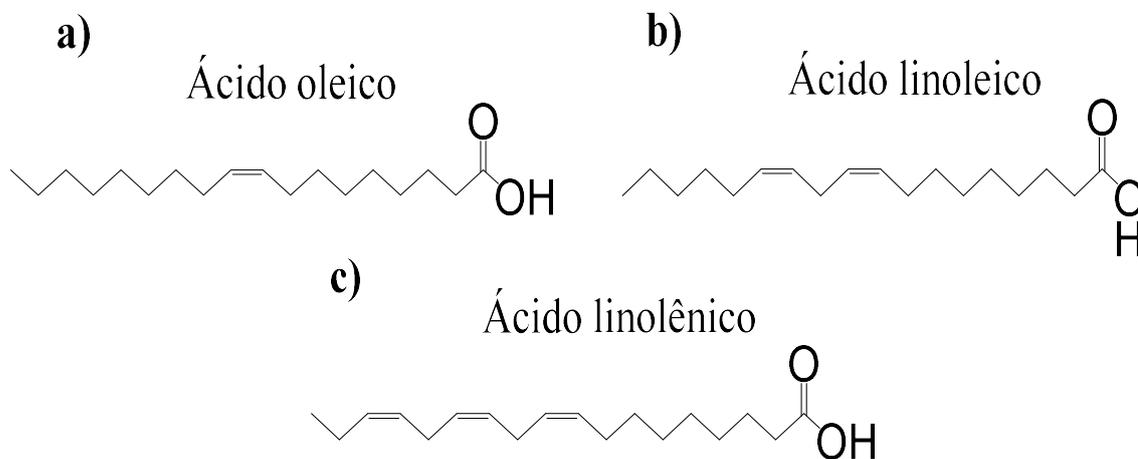
Esses ácidos, são classificados como Ácidos Graxos Saturados (AGS) e Ácidos Graxos Insaturados (AGI). Os ácidos graxos saturados são aquelas moléculas que apresentam em sua estrutura química apenas ligações simples. Ao contrário, os insaturados são aqueles que possuem ao menos uma ligação dupla entre carbonos, na sua estrutura. Dessa forma, os principais ácidos graxos saturados são o láurico, palmítico e o esteárico (Figura 9).

Figura 8: Estruturas química dos ácidos graxos saturados.

Fonte: Autor.

Bem como se pode ver, esses ácidos são os mais comuns encontrados nos óleos vegetais (MOREIRA; CURI; MANCINI-FILHO, 2002). Com isso, vale ressaltar algumas características dos mesmos, como por exemplo as cadeias de ambos. O que se nota é que há 12 carbonos para o ácido láurico, 16 para o ácido palmítico e 18 para o ácido esteárico. Além disso, os átomos de carbono de número 2 e 3 adjacentes ao grupo carboxila, são denominados de carbonos α e β .

Os ácidos graxos insaturados, por vez, constituem propriedades em algumas das funções celulares que atuam como precursores para a síntese de ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa como os ácidos araquidônico (MOREIRA; CURI; MANCINI-FILHO, 2002). Um exemplo disto são os ácidos oleico, linoleico e o linolênico (Figura 10).

Figura 9: Estruturas química dos ácidos graxos insaturados.

Fonte: Autor.

Dessa forma, notifica-se que esses ácidos apresentam em suas estruturas moleculares ligações duplas, o que os torna com o grau de insaturação. Sendo assim, o ácido oleico apresenta 18 carbonos e uma ligação dupla entre os carbonos 9 e 10, respectivamente.

O ácido linoleico também tem 18 carbonos, mas apresenta duas ligações duplas, sendo que a primeira se localiza entre os carbonos 9 e 10. A outra ligação dupla presente está localizada nos carbonos 12 e 13.

Por último, tem-se o ácido linolênico apresentando três ligações duplas, sendo a primeira no carbono 9 e 10, a segunda no carbono 12 e 13 e a terceira entre os carbonos 15 e 16. Conseqüentemente, os ácidos graxos insaturados e polinsaturados apresentam mais de duas ligações duplas em suas estruturas química, com exceção do oleico.

Os ácidos graxos são componentes estruturais dos fosfolipídios das membranas celulares, podendo também serem encontrados na sua forma livre e serem oxidados em certos tecidos para produzir energia (GABBA, et al., 2020).

Além disso, os ácidos graxos com ligações saturadas diminuem a fluidez da membrana e com ligações insaturadas aumentam a fluidez. Isso corrobora para que as cadeias dos ácidos graxos insaturados dos fosfolipídios sejam oxidadas pelo gás oxigênio em uma reação radicalar em cadeia, podendo assim, levar a degradação das membranas dos organismos vivos (GABBA et al., 2020; JARBOE; ROYCE; LIU, 2013).

É válido ressaltar que as cadeias podem facilmente interagir com outras moléculas apolares, mas não muito bem com a água. Por conta disso, fica bem mais favorável energeticamente para os fosfolipídios colocarem suas cadeias de ácido graxo na parte interna da membrana, onde elas estão protegidas da água ao seu redor (LASSALAS, et al., 2016).

2.6 DESTILADO DE DESODORIZAÇÃO DO ÓLEO DE PALMA

O DDOP, cedido pela companhia refinadora da Amazônia Agropalma S/A (Brasil), é um bioproduto obtido durante o refino físico do óleo de palma bruto, rico em compostos de alto valor agregado, como tocoferóis, esqualeno, esteróis e ácidos graxos, que podem ser utilizados como matéria-prima para a produção de sabão, oleoquímicos e ração animal.

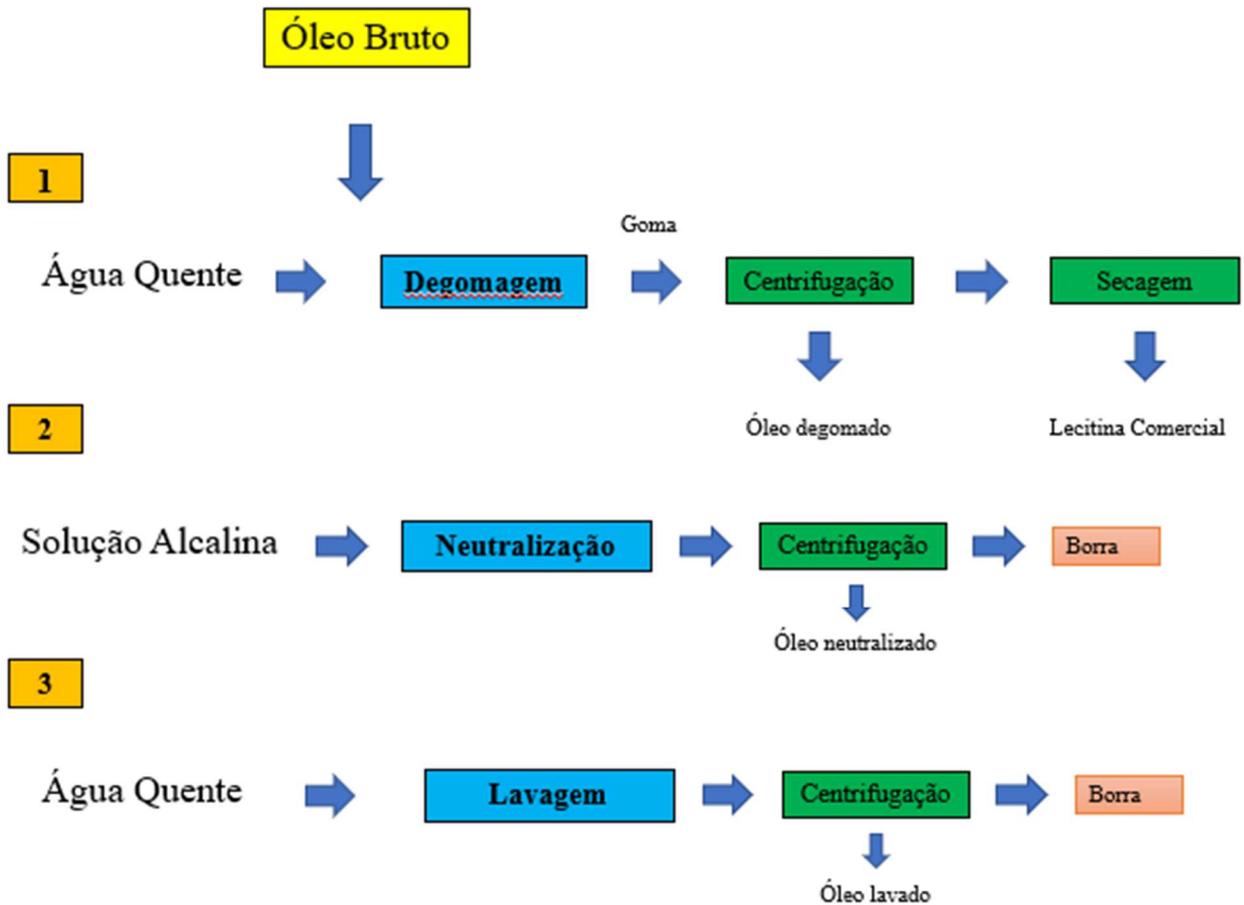
O processo de refino do óleo de palma (Figura 11) dentro da indústria se dá pela degomagem, seguido pela neutralização, branqueamento e desodorização. Essas etapas, tem como objetivo esmagar o grão da matéria prima logo que extraído, extrair o óleo e refiná-lo, para que justamente seja possível oferecer um óleo adequado ao consumo (JALIME VERNIER; MARIA, 2021).

Neste sentido, a primeira etapa deste processo consiste em degomar, ou seja, nesse processo é removido os fosfatídeos, proteínas e substâncias coloidais do óleo bruto. Isso serve para que não haja a sua precipitação durante a estocagem do respectivo óleo. Na etapa vindoura, vai ocorrer a neutralização, tendo como objetivo, a eliminação de ácidos graxos livres e outros compostos como os metais (JALIME VERNIER; MARIA, 2021).

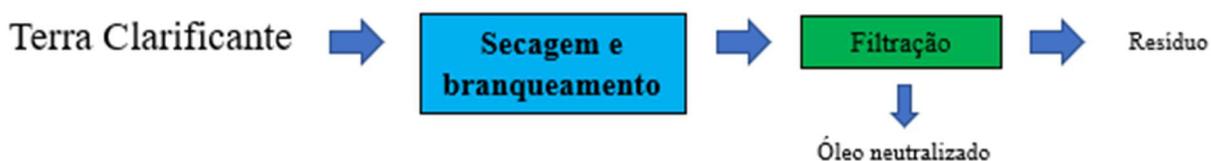
Por conseguinte, acontece a fase do branqueamento, ou seja, há como intenção, remover pigmentos, peróxidos, sabões e alguns fosfolipídios resultantes do óleo vegetal. Por fim, em última etapa, ocorre o processo de desodorização deste óleo que possibilita a remoção de compostos que podem contribuir com o cheiro e cor ao óleo.

Essa etapa final, geralmente é conduzida a uma temperatura média de 200 °C com pressão interna inferior a 10 mmHg e vale ressaltar que todo esse processo de desodorização do óleo de palma, ao fim, apresentará duas categorias: o óleo refinado e o destilado da desodorização do óleo de palma (JALIME VERNIER; MARIA, 2021).

Figura 10: Processo do refino físico na obtenção do DDOP



4



5



Fonte: Autor.

As características físicas do (DDOP), segundo descrito por Oliveira e colaboradores (2021), consiste em (viscosidade a 60 °C=12,296 mm² s a; densidade 60 °C=0,862 mL g⁻¹; teor de água < 0,5%; estabilidade oxidativa > 150 h; índice de acidez = 177,15 mg KOH g⁻¹). Além disso, apresenta grandes quantidades de ácidos graxos livres (84%) que podem ser convertidos em biocombustíveis e outros produtos químicos valiosos, como lubrificantes e ativos (DE OLIVEIRA et al., 2021).

Portanto, na composição química do DDOP, há teores de ácidos graxos saturados (Palmítico 42%, mirístico 1,5%, láurico 2% e esteárico 5%) bem como a presença de ácidos graxos insaturados (Oleico 41% e linoleico 10%). Nessa perspectiva, encontra-se ainda, neste bioproduto, 12% em peso de triglicerídeos, diglicerídeos e monoglicerídeos e 4% em peso insaponificável de matéria.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

- Avaliar o potencial larvicida de ácidos graxos presentes no resíduo do destilado de desodorização do óleo de palma em larvas de *Aedes aegypti*.

3.1.2 Específicos

- Realizar a reação de esterificação a partir do resíduo do destilado de desodorização do óleo de palma (DDOP) para se obter os éteres graxos;

- Caracterizar o (DDOP), cedido pela companhia refinadora da Amazônia Agropalma S/A (Brasil), a partir da técnica de Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrômetro de Massas (CG-EM);
- Realizar a atividade larvicida de cada ácido graxo padrão (mirístico, palmítico, esteárico, oleico e láurico) e do rejeito em questão (DDOP) nas larvas de *Aedes aegypti* e calcular as concentrações letais CL50 e CL90 após a exposição das respectivas larvas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS E REAGENTES

- Erlenmeyer;
- Béquer;
- Funil de separação;
- Ácido Palmítico;
- Ácido Mirístico;
- Ácido Láurico;
- Ácido Esteárico;
- Ácido Oleico;
- CAL-B;
- Dimetilsulfóxido (DMSO);
- Destilado de desodorização do óleo de palma (DDOP);
- Sílica gel 60;
- Água destilada;
- Hexano;
- Etanol;
- Acetato de etila.

4.2 MÉTODO

4.2.1 Reação de esterificação do DDOP

Para se obter dos monos ésteres, protocolo desenvolvido previamente por Lopes e colaboradores (2021), foi utilizado 3g do DDOP, 9mL de etanol da marca (Solven), (99%) e 150mg CAL-B da marca (Sigma Aldrich), (2000 U/g) e adicionados a um Erlenmeyer de 25mL.

Após isso, a mistura foi agitada (Agitador magnético) durante 24h a 150 rpm a 35°C, depois filtrada em um béquer de 100 mL para retenção da enzima e lavada com 15mL de hexano da marca (Synth), (99%).

Em seguida, foram adicionados 15mL de água destilada no funil de separação (250 mL) e a fase orgânica foi extraída e secada com sulfato de sódio anidro da marca (Synth), (99%) e novamente filtrada.

Finalmente, a reação foi purificada por cromatografia em coluna sobre sílica gel 60 usando mistura de hexano: acetato de etila da marca (Synth), (98%); (9: 1), respectivamente.

4.2.2 Análise Cromatográfica

A análise cromatográfica foi acompanhada utilizando os éteres etílicos em um cromatógrafo de gás (GCMS-QP 2010) equipado com um auto-amostrador de injeção AOC-20i (Shimadzu).

Foi utilizada a detecção de impacto de elétrons (detector Shimadzu MS2010 Plus), com impacto eletrônico de 70 eV, que possibilitou a detecção de fragmentos de 50 a 500 Da. As separações foram realizadas em coluna capilar de sílica fundida (RTX-5MS com diâmetro interno = 0,25 mm, comprimento = 30 mm, espessura do filme = 0,25 µm) em fluxo de hélio de 1,0 mL / min.

A amostra foi solubilizada em acetato de etila (3 µg / mL), e 1,0 µL da solução foi submetida às seguintes condições experimentais: temperatura do injetor, 210 ° C; temperatura do detector, 250 ° C; gás portador, hélio; taxa de fluxo 1,0 mL / min; e injeção dividida com proporção de divisão de 1/15. 0 (SOUZA, et al, 2017).

4.2.3 Atividade larvicida

A atividade larvicida foi realizada a partir dos ácidos graxos padrões: Palmítico da marca (Sigma Aldrich), (95%); Mirístico (Sigma Aldrich), (98%); Láurico (Sigma Aldrich), (98%); Esteárico (Sigma Aldrich), (95%); Oleico (Sigma Aldrich), (oleoso); e dos próprios ésteres do DDOP. Com isso, as amostras dos ésteres etílicos de DDOP, o resíduo de DDOP e ácidos graxos padrão (mirístico, láurico, oleico, esteárico e palmítico) foram preparadas com 100 µg/mL de concentrações para os testes larvicidas em larvas de *Ae. aegypti* de 3º estágio, da família Culicidae.

Para isso, foram preparadas diferentes concentrações para os ácidos e o DDOP (15; 7,5; 5; 2,5 e 1 µg/mL). Essas concentrações foram solubilizadas em DMSO e realizadas em quintuplicadas, sendo que para cada bioensaio foram utilizadas 10 larvas em cada béquere em condições controladas (25 ± 2 ° C).

A água destilada e Dimetilsulfóxido da marca (Synth), (99%), foram utilizados como controles negativos. A taxa de mortalidade larval foi determinada após 24h e 48h de incubação (25 °C e 75% de umidade).

As larvas foram consideradas mortas quando não responderam aos estímulos ou não subiram à superfície da solução, ao contrário das que foram observadas no controle. Os experimentos conduzidos obedeceram às diretrizes da OMS de 2005 (ARAÚJO, et al, 2018).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO RESÍDUO DO DESTILADO DE DESODORIZAÇÃO DO ÓLEO DE PALMA

A composição química do DDOP foi identificada por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas. Esse resultado mostrou que o perfil de ácidos graxos do DDOP é composto por 62,3% de ácidos graxos saturados, predominando o ácido palmítico (54,3%), relevante para características do biodiesel como estabilidade e volatilidade, e 33,4% de ácidos graxos monoinsaturados com predominância de ácido oleico (33,4%).

Assim, o material apresentou níveis balanceados de ácidos graxos saturados e insaturados, o que pode levar ao desenvolvimento de produtos de base oleoquímica com boas propriedades. Alguns outros estudos mostraram composições químicas relevantes para ácidos graxos saturados do resíduo utilizado.

Lopes e colaboradores (2021), fizeram um estudo sobre a composição química do DDOP utilizando ésteres etílicos e relataram que o mesmo apresentou boas propriedades pois pode ser reaproveitado como alternativa para diversas aplicações biológicas (Tabela 1).

Tabela 1: Composição de éster etílico de DDOP, determinadas através da análise de CG-EM.

Ácidos graxos	Pico	Concentração relativa (%)
Láurico (C12:0)	1	0.5
Mirístico (C14:0)	2	1.3
Palmítico (C16:0)	3	54.3
Linoleico (C18:2, ω -6)	4	4.3
Oleico (C18:1, ω -9)	5	33.4
Esteárico (C18:0)	6	6.2
Total saturado		62.3
Total monoinsaturado		33.4
Total polinsaturado		4.3

Fonte: Adaptado de Lopes e colaboradores (2021).

Como bem visto pela tabela acima, pode-se observar que o total de ácidos graxos saturados ficou em 62%, evidenciando os valores obtidos pelo presente trabalho desenvolvido. Além disso, o ácido palmítico apresentou a maior composição dentre os saturados, com 54.3%.

Fernandes e colaboradores (2018), relataram que a composição de ácidos graxos dos destilados de ácidos graxos de palma consistia principalmente de ácido palmítico (43,7%) e ácido oleico (42,8%), quando 4% (p / p) de lipase de *Candida rugosa* foi usado no processo de esterificação.

Aguieiras e colaboradores (2013) também observaram que a composição de ácidos graxos do DDOP era principalmente o ácido palmítico (46%) e ácido oleico (37%), quando catalisados pela lipase imobilizada Lipozyme.

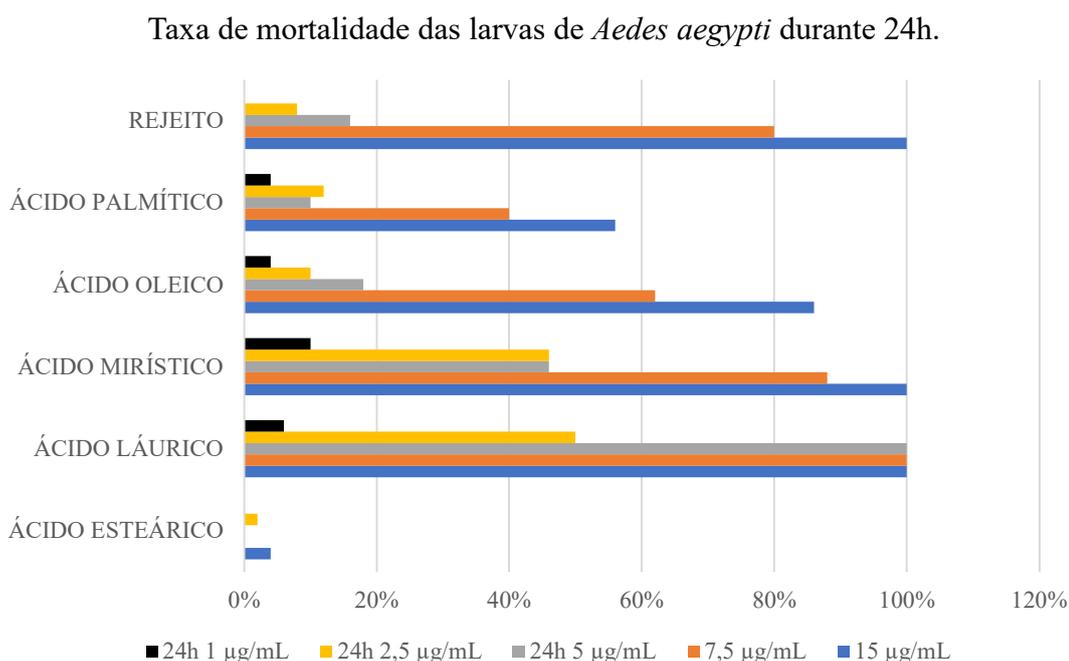
Doravante, percebe-se que dentro da literatura há estudos relacionados que comprovam a presença de ácidos graxos saturados e insaturados dentro do resíduo de DDOP relevantes para a sua devida aplicação.

5.2 ATIVIDADE LARVICIDA

5.2.1 Mortalidade das larvas de *Aedes aegypti* em 24h e 48h

A composição química do resíduo do destilado de desodorização do óleo de palma corroborou para a aplicação biológica em testes larvicidas. Nisso, foram obtidas taxas de mortalidades relevantes para as concentrações utilizadas (Gráfico 1).

Gráfico 1: Taxa de mortalidade das larvas em 24h de exposições.



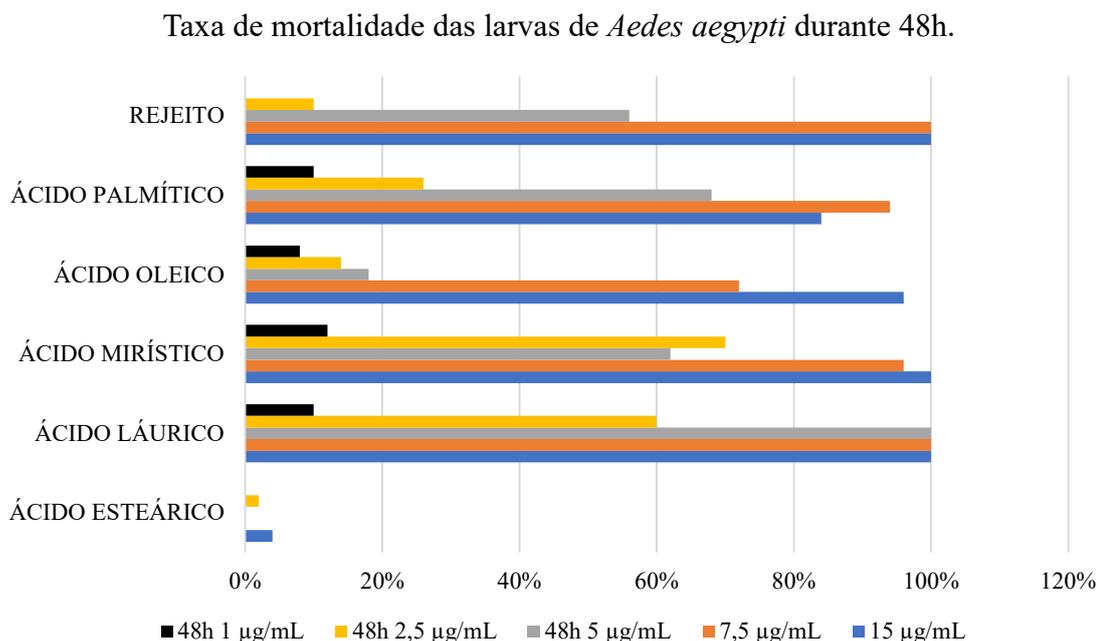
Fonte: Autor.

O gráfico acima nos mostra que o rejeito, dentro da concentração mais alta (15 µg/mL), obteve 100% de mortalidade, sendo que para a concentração mais baixa o mesmo não matou nenhuma larva.

Araújo e colaboradores (2022) salientam que valores de mortalidades são eficazes quando, em pequenas concentrações, eles agem sobre o sistema neurotransmissor matando as larvas. Conseqüentemente, isso torna o produto de alta viabilidade para uso comercial pois apresentam baixo custo e não são agressivos para o meio ambiente.

Apesar de que o DDOP não apresentara taxa de mortalidade suficiente, na sua baixa concentração, ele se apresentou eficaz nas 24h comparado aos ácidos graxos padrões utilizados, como é o exemplo do esteárico que obteve 4% em sua maior concentração.

Por outro lado, para a análise das 48h, percebe-se valores melhores que nas 24h, tanto do rejeito quanto dos ácidos graxos utilizados como bem mostrado no (Gráfico 2).

Gráfico 2: Taxa de mortalidade das larvas em 48h de exposições.

Fonte: Autor.

Observando o gráfico, percebe-se que o DDOP obteve uma grande taxa de mortalidade nas 48 horas, pois conseguiu atingir 100% dentro das concentrações de 15 e 7,5 ($\mu\text{g}/\text{mL}$) e para a concentração de 5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ obteve 56% de mortalidade.

O ácido palmítico se mostrou com boa ação larvicida para as 24h de exposições das respectivas larvas, com 56%. Já para as 48h, ele atingiu 84% de mortalidade. Além disso, os ésteres graxos, bem como os ácidos graxos padrão (mirístico, láurico, oleico e palmítico) apresentaram alta ação larvicida às 24h e 48h em 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

O ácido graxo mirístico e o ácido graxo láurico apresentaram, 100%, respectivamente, de mortalidade larvicida em *Ae. aegypti* em 24h. Em contraste, um controle negativo consistindo apenas de água não mostrou ação larvicida.

A cadeia de cada ácido graxo influencia na atividade larvicida, pois dependendo do tamanho que ela apresenta, isso pode dificultar ou facilitar essa ação, ou seja, torna-se mais eficaz o ataque, cuja cadeia, seja pequena para que justamente o sistema neurotransmissor da larva seja atacado pelo o ácido.

Entre todos os ácidos, o láurico apresenta a menor cadeia carbônica. Uma das explicações para o resultado obtido da alta ação larvicida do respectivo ácido seja isso, que por ele apresentar cadeia curta, o mesmo se torna mais fácil de fazer esse ataque.

Além disso, os ácidos graxos insaturados apresentam menor estabilidade comparado aos saturados, pois são os que possuem insaturações, uma e duas ligações duplas, respectivamente, que conferem maior polaridade a estas moléculas, assim como para ácidos graxos de cadeia curta.

A maior polarização dos átomos das moléculas dos ácidos (ion carboxilato) permite uma instabilidade de carga que facilita a quebra de ligações, pois as enfraquecem. Já para os ácidos saturados, há uma contribuição maior do efeito indutivo da cadeia carbônica saturada para diminuir essa instabilidade de cargas nesses íons, tornando as ligações menos instáveis que para os ácidos insaturados (linoléico e oléico) e de cadeia curta (láurico).

5.2.2 CL₅₀ e CL₉₀ dos ácidos graxos nas 24h e 48h

As análises Probit mostrou valores bastantes significativos frente as larvas do mosquito *Aedes aegypti* (Tabela 2).

Tabela 2: Determinação das concentrações letais dos ácidos graxos obtidas do DDOP após 24h.

<i>Aedes aegypti</i>					
24h					
	Esteárico	Láurico	Mirístico	Oleico	Palmítico
CL ₅₀	44.41 (µg/mL)	2.46 (µg/mL)	4.20 (µg/mL)	8.35 (µg/mL)	12.75 (µg/mL)
CI		1.81 ± 3.79 (µg/mL)	2.56 ± 6.06 (µg/mL)	6.26 ± 11.73 (µg/mL)	9.20 ± 24.43 (µg/mL)
CL ₉₀	65.03 (µg/mL)	3.63 (µg/mL)	8.41 (µg/mL)	14.62 (µg/mL)	23.14 (µg/mL)
CI		2.85 ± 7.78 (µg/mL)	6.42 ± 15.05 (µg/mL)	11.37 ± 23.11 (µg/mL)	16.38 ± 53.99 (µg/mL)

Fonte: Autor.

A presente tabela traz consigo os valores (CL₅₀ e CL₉₀) de cada ácido graxo padrão utilizado nos testes. Nisso, observa-se que o ácido láurico apresentara o menor valor letal sobre as larvas, 2.46 (CL₅₀) e 3.63 (CL₉₀) em (µg/mL). Isso, corrobora para o que Araújo e

colaboradores (2022) salientam em afirmar que valores de concentrações letais baixos facilitam no processo de novos larvicidas para a comercializações além dos que já existem.

Na ocasião, os autores relatam ainda, que os extratos de fontes naturais, apresentam atividade promissora quando a mortalidade é igual ou superior a 75% a 250 µg/mL. Nessa perspectiva, para Cheng e colaboradores (2003), substâncias potenciais requerem valores de CL₅₀ abaixo de 100 µg/mL para serem consideradas um agente larvicida eficaz (CHENG, et al, 2003; ARAÚJO et al., 2022).

Ainda sobre, para os demais ácidos vistos em tabela, pode-se notar que o mirístico e oleico obtiveram valores significativos nas 24 horas, 4.20 (CL₅₀), 8.41 (CL₉₀) e 8.35 (CL₅₀), 14.62 (CL₉₀) em (µg/mL), respectivamente.

O ácido graxo palmítico obteve 12.75 (CL₅₀) e 23.14 (CL₉₀) em (µg/mL) além de que o ácido esteárico apresentou valores das concentrações letais acima dos 40 em (µg/mL). Consequentemente, teve-se então, desde as primeiras horas de exposições dessas larvas do mosquito, uma boa ação larvicida comprovada pela própria análise em questão.

Portanto, o que foi utilizado em concentração está de acordo com o que a literatura supracita, ou seja, 100 µg/mL é o máximo que se pode utilizar para se produzir um larvicida eficaz e, muito além, que possa ser de baixo custo, como é o exemplo do DDOP.

Na (Tabela 3) há os valores de CL₅₀ e CL₉₀ contidos após as 48h de exposições das larvas de *Aedes aegypti*.

Tabela 3: Determinação das concentrações letais dos ácidos graxos obtidas do DDOP após 48h.

<i>Aedes aegypti</i>					
48h					
	Esteárico	Láurico	Mirístico	Oleico	Palmítico
CL50	44.41 ($\mu\text{g/mL}$)	2.23 ($\mu\text{g/mL}$)	2.94 ($\mu\text{g/mL}$)	6.85 ($\mu\text{g/mL}$)	4.74 ($\mu\text{g/mL}$)
CI		1.54 \pm 3.40 ($\mu\text{g/mL}$)	0.96 \pm 4.37 ($\mu\text{g/mL}$)	5.12 \pm 9.71 ($\mu\text{g/mL}$)	1.69 \pm 7.56 ($\mu\text{g/mL}$)
CL90	65.03 ($\mu\text{g/mL}$)	3.44 ($\mu\text{g/mL}$)	6.74 ($\mu\text{g/mL}$)	11.91 ($\mu\text{g/mL}$)	12.42 ($\mu\text{g/mL}$)
CI		2.68 \pm 7.43 ($\mu\text{g/mL}$)	5.08 \pm 12.15 ($\mu\text{g/mL}$)	9.24 \pm 19.43 ($\mu\text{g/mL}$)	9.00 \pm 24.93 ($\mu\text{g/mL}$)

Fonte: Autor.

Para os valores apresentados na tabela, observa-se que houve variações entre os ácidos, com exceção do ácido esteárico. Nesse sentido, o esteárico manteve o mesmo CL de ambas as horas. Já para o láurico, que obteve o menor valor nas primeiras horas, agora o mesmo reduziu esse valor para 2.23 (CL₅₀) e 3.44 (CL₉₀) em ($\mu\text{g/mL}$). Isso comprova que o ácido láurico, advinda de fontes naturais, torna-se uma boa alternativa como agente larvicida no combate a propagação do vetor.

Os demais ácidos também sofreram alterações em seus valores de concentrações letais (mirístico, oleico e palmítico) dentro da concentração de 100 $\mu\text{g/mL}$. Mirístico 2.94 (CL₅₀), 6.74 (CL₉₀); oleico 6.85 (CL₅₀) e 11.91 (CL₉₀); palmítico 4.74 (CL₅₀) e 12.42 (CL₉₀).

Segundo o que afirma Amado e colaboradores (2020), ainda não é bem estabelecido o mecanismo de ação dos ácidos graxos oriundos de espécies vegetais sobre a mortalidade desse vetor. Porém, é amplamente aceito que a toxicidade desses produtos desencadeie o estresse oxidativo e a inibição das vias bioquímicas das células dos insetos, além da desnaturação de organelas e enzimas do seu tecido celular, ocasionando assim a morte celular (AMADO, et al, 2020).

Moreira e colaboradores (2002) salientam que os ácidos graxos trans são rapidamente absorvidos e incorporados na maioria dos tecidos dos mamíferos, incluindo os humanos, em concentrações que aparentemente refletem o conteúdo dos mesmos na dieta.

Esse ácidos graxos trans são os monoinsaturados, mas vários isômeros diinsaturados trans,trans-, cis,trans-, trans,cis- e os isômeros trienóicos ou mais insaturados podem ser formados, mas em menores quantidades. Todavia, os ácidos graxos trans estão entre os ácidos graxos saturados e os insaturados cis.

O número, a geometria, e a posição das duplas ligações nos ácidos graxos interferem no ponto de fusão. O ácido oleico (18:1-9c), tem ponto de fusão 13°C, seu isômero, o ácido elaídico, (18:1-9t), 44°C, e o ácido esteárico (18:0), 72°C (MOREIRA, et al, 2002).

Por isso que, no caso do esteárico, uma das conclusões que se obteve a respeito foi o seu maior número no CL, pois o mesmo apresentara características que dificultam a sua solubilização com o DMSO, resultando na baixa mortalidade e alta concentração letal.

Apesar disso, em geral, os ácidos padrões obtiveram valores de CL₅₀ e CL₉₀ considerados como agentes larvicidas comparado com os demais ácidos, que são menos frequentes nos óleos vegetais.

Lima (2021), em seu estudo sobre “Aproveitamento de resíduos de *Chrysanthemum morifolium* da Agroindústria Capixaba para produção de larvicidas naturais”, identificou grande potencial larvicida de ácidos graxos de compostos lipofílicos. Com isso, a autora obteve valores expressamente bons quanto as suas concentrações letais para os ácidos oleico e linoleico (LC₅₀ 8,80; 18,20 e LC₉₀ 35,39; 96,33 ppm), respectivamente.

Portanto, o que se observa nos valores obtidos por este estudo, corroboram e demonstram serem até melhor comparados ao da literatura, visto que os resultados ficaram abaixo do que se esperava.

5.2.3 CL₅₀ e CL₉₀ do DDOP nas 24h e 48h

A composição química do DDOP apresenta elevados teores de ácidos graxos saturados e insaturados, sendo que a maior predominância fica com ácido graxo palmítico. Nisso, observamos que por esse resíduo conter esses altos índices de ácidos, o mesmo apresenta características específicas para que se torne uma alternativa promissora de inseticida natural.

Dentro da literatura pouco se conhece da aplicação desse resíduo, pois se trata de um produto obtido através do último processo de refino do óleo de palma e no mesmo não se é utilizado nenhum tipo de solvente para se chegar nesse processo final.

Dito isto, a partir das análises feitas (Tabela 4), pode-se observar valores de CL₅₀ e CL₉₀ extremamente relevantes dentro da aplicação biológica feita.

Tabela 4: Determinação das concentrações letais do DDOP durante 24h e 48h de exposições.

	24h	48h
CL ₅₀	6.18 (µg/mL)	4.57 (µg/mL)
CI	5.06 ± 7.89 (µg/mL)	3.62 ± 5.62 (µg/mL)
CL ₉₀	8.73 (µg/mL)	6.35 (µg/mL)
CI	7.28 ± 13.30 (µg/mL)	5.37 ± 8.76 (µg/mL)

Fonte: Autor.

O DDOP apresentou valores positivos quanto a perspectiva do que se tinha a respeito do respectivo resíduo. Dessa forma, percebe-se de que para o CL₅₀ o valor ficou em 6.18 e para o CL₉₀ ficara em 8.73 (µg/mL), nas primeiras 24h.

Doravante, para as 48h, os valores sofreram reduções, ficando em 4.57 (CL₅₀) e 6.35 (CL₉₀) dentro da mesma concentração supracitada anteriormente. Com isso, comprova-se de que o DDOP apresentou boas concentrações letais, não sendo agressivo ao meio ambiente e ao organismo vivo justamente por se tratar de um produto natural e que hoje pouco se usa resíduos naturais sem a utilização de solventes.

Por fim, o DDOP é solubilizado, na maioria dos trabalhos, no solvente Dimetil Sufóxido e testado em água, ou então solubilizado em etanol e água. Por este motivo a metodologia utilizada neste trabalho é promissora justamente por ser livre de solvente e apresentar resultados melhores ou iguais aos encontrados dentro da literatura.

5.3 MORFOLOGIA DAS LARVAS DE *Aedes aegypti*

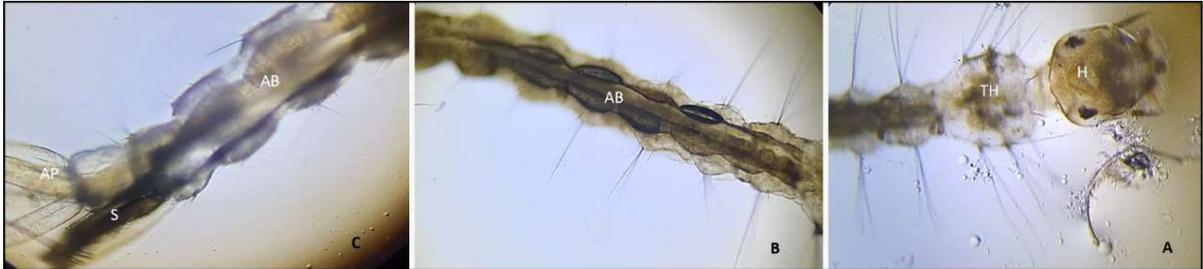
Conforme é visto na (Figura 11), observa-se a análise das larvas nas concentrações de 15 e 7,5 µg/mL, durante 24h e 48h de exposições.

Foram utilizadas as concentrações mais altas pois pôde-se obter melhores resultados quanto a sua deformação frente ao resíduo utilizado. Conseqüentemente, conforme o que salienta Araújo e colaboradores (2018), verifica-se alterações morfológicas visíveis, em microscópio ótico.

Percebe-se que, quando utilizado o DDOP, houveram modificações leves quanto a sua deformação, destruindo região do tórax (TH) e do sistema nervoso. Além disso, também teve alterações na região do sifão (AP).

Por outro lado, quando se utilizou o controle negativo, com a presença de água e DMSO, não houveram nenhum dano causado a larva em questão.

Figura 11: Controle das larvas de *Aedes aegypti* nas 24 e 48 horas de exposições.



Fonte: Autor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados neste trabalho mostraram que o DDOP e seus respectivos ácidos graxos padrões, obtiveram valores significativos no controle das larvas de *Aedes aegypti*. Neste sentido, para os ácidos graxos, o que melhor apresentou uma taxa de mortalidade e letalidade significativo foi o ácido láurico, com 2.23 µg/mL em 48h de exposições. Por outro lado, obteve-se 100% de mortalidade nas três maiores concentrações utilizadas, 15; 7,5 e 5 (µg/mL).

Pela análise de Cromatografia acoplada a espectrômetro de massas, foi observado que o ácido majoritário presente na composição química do DDOP foi o Palmítico. Os demais ácidos observados se mostraram com taxas abaixo dos 35%.

Corroborando para este resultado, o DDOP apresentou taxa de mortalidade de 100% na concentração de 15 µg/mL. Já para a taxa letal obteve 6.35 µg/mL, em 48h, evidenciando que este pode ser um caminho alternativo de inseticida natural no combate as larvas do respectivo mosquito.

Além de tudo que já foi supracitado anteriormente, percebe-se que as larvas, pela análise de sua morfologia, sofreram alguns danos frente ao resíduo utilizado no presente trabalho.

Por fim, o presente estudo conseguiu chegar em seu objetivo central, a partir dos testes feitos, que tais resultados demonstraram que o resíduo de DDOP pode ser uma alternativa economicamente viável para ação larvicida em *Ae. aegypti*, por apresentar baixo custo e ação larvicida.

REFERÊNCIAS

AGUIEIRAS ECG, Souza SL, Langone MAP. Estudo da lipase imobilizada RM IM em reações de esterificação para síntese de biodiesel. **Quim Nova**, v. 36, p. 646-650, 2013.

ARAÚJO, I. F. et al. Larvicidal activity of the methanolic, hydroethanolic and hexanic extracts from *Acmella oleracea*, solubilized with silk fibroin, against *Aedes aegypti*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 24, 2020.

ARAÚJO, I. F. et al. Larvicidal activity against *Aedes aegypti* and molecular docking studies of compounds extracted from the endophytic fungus *Aspergillus* sp. isolated from *Bertholletia excelsa* Humn. & Bonpl. **Biotechnology Letters**, 2022.

Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas Association between dengue incidence and climatic factors. RESUMO. [s.l: s.n.].

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de estado. **Paraná registra mais 119 casos de dengue; monitoramento da doença é permanente no Estado.** Paraná, 2022.

CARVALHO, H. L. et al. A simple and efficient protocol for the knoevenagel reaction of benzylidenemalononitriles and the evaluation of the larvicidal activity on aedes *Aegypti*. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 2, p. 362–374, 2018.

DE OLIVEIRA, A. DE N. et al. An efficient catalyst prepared from residual kaolin for the esterification of distillate from the deodorization of palm oil. **Catalysts**, v. 11, n. 5, 2021.

DEMOK, S. et al. Insecticide resistance status of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes in Papua New Guinea. *Parasites and Vectors*, v. 12, n. 1, 2019.

EVELAZIO DE SOUZA' •, N.; MATSUSHITA, M.; VERGILIO VISENTAINER, J. **Ácidos graxos: estrutura, classificação, nutri(:ao e saudearq.Apadec.** [s.l: s.n.].

FERNANDES BELLINATO, D. Ministério da saúde fundação oswaldo cruz instituto oswaldo cruz mestrado em programa de pós-graduação em biologia parasitária avaliação quantitativa do monitoramento da resistência a inseticidas em populações brasileiras de *Aedes aegypti*: uma análise temporal da dinâmica da resistência. [s.l: s.n.].

FERNANDES KV, Papadaki A, da Silva JAC, et al. Esterificação enzimática de destilado de ácidos graxos de palma para a produção de poli-ésteres com propriedades biolubrificantes. **Ind Culturas Prod**, v. 116, p. 90–96, 2018.

FERREIRA RODRIGUES SARQUIS, R. D. S. et al. The Use of Medicinal Plants in the Riverside Community of the Mazagão River in the Brazilian Amazon, Amapá, Brazil: Ethnobotanical and Ethnopharmacological Studies. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2019, 2019.

FORATTINI, O. P.; DE BRITO, M. **Reservatórios domiciliares de água e controle do Aedes aegypti Household water reservoirs and control of Aedes aegypti** *Rev Saúde Pública*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.fsp.usp.br/rsp>.

GABBA, M. et al. Weak Acid Permeation in Synthetic Lipid Vesicles and Across the Yeast Plasma Membrane. **Biophysical Journal**, v. 118, n. 2, p. 422–434, 2020.

GARCEZ, W. S. et al. Naturally occurring plant compounds with larvicidal activity Against aedes aegypti. **Revista Virtual de Quimica**, v. 5, n. 3, p. 363–393, 2013.

GOMES, P. R. B. et al. Avaliação da atividade larvicida do óleo essencial do Zingiber officinale Roscoe (Gengibre) frente ao mosquito Aedes aegypti. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 2, p. 597–604, 2016.

Insecticide resistance in the major dengue vectors Aedes albopictus and Aedes aegypti. [s.d.].

JALIME VERNIER, L.; MARIA, S. Universidade federal de santa maria centro de tecnologia programa de pós-graduação em engenharia química produção contínua de ésteres metílicos de ácidos graxos a partir do destilado da desodorização do óleo de soja e acetato de metila em condições supercríticas. [s.l: s.n.].

JARBOE, L. R.; ROYCE, L. A.; LIU, P. Understanding biocatalyst inhibition by carboxylic acids. *Frontiers in Microbiology*. **Frontiers Research Foundation**, 2013.

KUSHWAH, R. B. S. et al. Pyrethroid-Resistance and Presence of Two Knockdown Resistance (kdr) Mutations, F1534C and a Novel Mutation T1520I, in Indian Aedes aegypti. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 9, n. 1, 2015.

LASSALAS, P. et al. Structure Property Relationships of Carboxylic Acid Isosteres. **Journal of Medicinal Chemistry**, v. 59, n. 7, p. 3183–3203, 2016.

LOPES, S. Q. et al. Use of Oxone as a Potential Catalyst in Biodiesel Production from Palm Fatty Acid Distillate (PFAD). **Catalysis Letters**, 2021.

LUIZ TAUIL, P. **Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil Critical aspects of dengue control in Brazil**. [s.l: s.n.].

MARIA, C. et al. Implicações nutricionais que os ácidos graxos trans exercem na saúde da população: análise reflexiva nutritional implications of trans fatty acids on people's health: a reflective analysis article artigo análise reflexiva. [s.d.].

Ministério da educação universidade federal do amapá pró-reitoria de ensino e graduação departamento de ciências exatas e tecnológicas coordenação do curso de licenciatura em química estudo da atividade larvicida do óleo essencial extraído da casca de laranja. [s.l: s.n.].

MOREIRA, N. X.; CURI, R.; MANCINI-FILHO, J. **Endereço para correspondência: Ácidos graxos: uma revisão Fatty acids: a review**. [s.l: s.n.].

PARA, E.; BRAGA, I. A.; VALLE, D. Aedes Aegypti: Insecticides, Mechanisms of Action and Resistance Artigo de revisão Aedes aegypti: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. **Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília**. [s.l: s.n.].

RAGAVENDRAN, C.; MARIAPPAN, T.; NATARAJAN, D. Larvicidal, histopathological efficacy of *Penicillium daleae* against larvae of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* plus biotoxicity on *Artemia nauplii* a non-target aquatic organism. **Frontiers in Pharmacology**, v. 8, 2017.

RITA, M. et al. Vigilância Entomológica e Controle de Vetores do Dengue Entomological Surveillance and Control of Dengue Fever Vectors Rev. **Bras. Epidemiol.** [s.l: s.n.].

SILVA DE ALMEIDA, E. **Efeito da etapa adsortiva no teor de carotenóides do óleo de palma processado.** [s.l: s.n.].

SOUZA, B. S. F. E. et al. Effect of the treatment with *Euterpe oleracea* Mart oil in rats with Triton-induced dyslipidemia. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 90, p. 542-547, 2017.

SOUZA, M. J. C.; LOBATO, S. L. X.; MENEZES, R. A. D. O. Conhecimento tradicional de plantas medicinais na comunidade ribeirinha do Igarapé Banha no Município de Mazagão - Amapá, Amazônia brasileira. **Estação Científica (UNIFAP)**, v. 9, n. 1, p. 51, 2019.

Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas, programa de pós-graduação em química. Aproveitamento de resíduos de *Chrysanthemum morifolium* da Agroindústria Capixaba para produção de larvicidas naturais. [s.l: s.n.].

ZARA, A. L. DE S. A. et al. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. *Epidemiologia e serviços de saúde: Revista do Sistema Único de Saúde do Brasil*, 2016.

ANEXO

PROPOSTA DE ENSINO: PRODUÇÃO DE SABÃO EM BARRA COM ÓLEO RESIDUAL

Arlefe N Ribeiro ¹

INTRODUÇÃO

As Oficinas Temáticas são um instrumento facilitador para integração de diferentes áreas do conhecimento, tal como prevê o enfoque que caracteriza o movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), cuja finalidade é formar cidadãos críticos, com conhecimentos científicos e tecnológicos suficientes para atuação na realidade física e social (LIMA, et al., 2012).

Oficinas temáticas caracterizam-se por desenvolver conteúdos advindos de temas que retratam os saberes tecnológicos, científicos e tradicionais que contribuíram e contribuem para o desenvolvimento do ser humano, refletindo no comportamento e no modo de vida de diversas sociedades, tornando o ensino mais interessante para os alunos devido a relação entre conteúdos e contexto social (LIMA, et al., 2012).

Nessa perspectiva as oficinas temáticas voltadas para o ensino de química são desenvolvidas através de experimentos ou práticas, planejadas com o objetivo de provocar a curiosidade e questionamentos sobre conceitos químicos abordados com aplicações no cotidiano.

A interdisciplinaridade provoca a construção de novos conhecimentos provenientes daqueles conhecimentos abordados de maneira fragmentada no dia a dia dos alunos.

Deste modo a contextualização dos conhecimentos é de extrema importância na execução de atividades com enfoque temático de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM (SILVA, et al., 2018).

Por outro lado, o currículo, enquanto instrumento de cidadania democrática, deve contemplar conteúdos e estratégias de aprendizagem que capacitem o ser humano para a realização de atividades nos três domínios da ação humana: a vida em sociedade, a atividade produtiva e a experiência subjetiva (BRASIL, 1999, p. 15).

Diante disso, questiona-se, como uma oficina temática contribui para o aprendizado de conceitos químicos?

¹Acadêmico do Curso de Licenciatura em Química-UNIFAP

Em vista disso, como tema da oficina temática, optou-se por discutir sobre a reciclagem de óleo residual, cujas práticas argumentativas surgem dentro de tal proposta de entrelaçar os saberes (científico e tradicional) como elo importante dentro do ensino e aprendizagem da educação básica.

Segundo a ABIOVE, atualmente no Brasil são produzidos 2,4 bilhões de litros de óleos para fins comestíveis. No entanto, somente 2% desse montante descartado é reciclado. Neste sentido, além das vantagens econômicas e ambientais, há o aspecto social, de igual importância, se considerar a potencialidade do óleo de fritura residual.

Por esse fato, embora o óleo de cozinha represente uma porcentagem ínfima do lixo, o seu impacto ambiental é muito grande no ecossistema. Neste sentido, alguns países como Bélgica, Holanda, França, Espanha, Alemanha, Canadá, Estados Unidos, Dinamarca, Suécia, Japão Suíça, possuem recomendações para o descarte correto de óleos e gorduras de frituras, no entanto essas regulamentações infelizmente ainda não estão presentes no Brasil, por isso, é preciso fazer essa conscientização nas escolas para que no futuro haja a disposição de um descarte correto e um ambiente mais limpo.

Esses assuntos são ricos e possuem grande potencialidade para trabalhá-lo de forma diferenciada, e com vínculo aos conceitos da Química, vislumbrou-se a possibilidade de uma oficina temática, na perspectiva de reciclagem de óleo residual.

Utilizou-se a experimentação e a contextualização como método pedagógico para facilitar o aprendizado dos estudantes envolvidos, permitindo que trabalhassem um tema diretamente inerente ao seu contexto social (SILVA et al. 2020).

Além disso, a experiência cotidiana é construída a partir de valores que nas quais se adquirem em ambiente escolar, ou seja, as práticas pedagógicas dentro das oficinas proporcionam momentos de construção de saberes contextualizados.

Portanto, a presente oficina tem por objetivo geral, instigar a conscientização socioambiental na educação básica a partir da produção de sabão em barra advindo do óleo residual.

OBJETIVOS

Geral

Instigar a conscientização socioambiental na educação básica a partir da produção de sabão em barra advindo do óleo residual.

Específicos

- Explorar os conteúdos de química ambiental, experimentalmente;
- Conscientizar sobre o descarte incorreto dos óleos de cozinha, despertando o interesse e a mudança por hábitos ambientalmente mais aceitos de alunos, técnicos e professores;
- Aplicar aulas dialogadas com os alunos e alunas participantes como uma forma de intensificar o processo de ensino e aprendizagem na perspectiva de novas metodologias para a educação básica.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

Várias competências podem ser desenvolvidas dentro da proposta a ser aplicada, uma destas competências que melhor representa os objetivos da oficina é: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

Como habilidade, avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis **(EM13CNT104)**.

METODOLOGIA DA OFICINA

O óleo de fritura usado no presente trabalho, pode ser coletado pelo próprio aplicador ou em parceria com os alunos que serão seu público alvo, mas isso não impede a participação de terceiros como funcionários da escola ou a comunidade onde será aplicada a referida oficina.

Dito isso, a reciclagem é a maneira de transformar objetos ou materiais usados em novos produtos através da mudança física, química ou biológica do estado físico da matéria, visando a sua reutilização.

Levou-se em consideração um material presente no cotidiano dos alunos, que traz grandes benefícios ambientais e sociais ao ser reciclado, como o óleo de cozinha já usado. Foi pensando nesse contexto de química ambiental para se trabalhar tal temática porque conscientiza os alunos, ensina na prática como descartar e trabalhar corretamente com o óleo, além de englobar muitos assuntos da química que podem ser abordados nessa perspectiva.

A metodologia está baseada na metodologia de Ferreira et al. 2018, com adaptações para o contexto de ensino escolar conforme a necessidade da escola ou espaço a ser realizada. Partindo desses argumentos, a metodologia desta oficina estará dividida em dois momentos, no primeiro mostrar-se-á dois vídeos motivadores sobre o tema dos descartes incorreto e correto do óleo de cozinha, enfatizando a importância do descarte correto para os benefícios da saúde como um todo.

Dessa forma, esses vídeos iniciais servirão para que os alunos se familiarizem com a temática construindo um momento privilegiado sobre a conscientização socioambiental. Em seguida, será feita perguntas a respeito do tema e dos vídeos apresentados para diagnosticar os conhecimentos prévios e instigar os alunos a pensarem de forma crítica-social sobre tal problemática.

Após ouvir as respostas dos alunos, será ministrada uma aula dialogada na eletiva da escola, para debater os conceitos da química ambiental juntamente com os aspectos socioambientais e os possíveis descartes do óleo, assim também como conteúdos de físico-química e química geral que a oficina aborda, como o conceito de ácidos e bases, saponificação e alguns dos compostos orgânicos.

Posteriormente a essas abordagens, no segundo momento, dar-se-á a produção do sabão em barra com todos os procedimentos experimentais (Figura 01). Para isso, serão disponibilizados os roteiros experimentais para cada aluno, em vista do acompanhamento a ser feito em tempo real daquilo que está sendo realizado.

Figura 01: Produção de sabão em barra.



Fonte: Autores.

Além disso, serão escolhidos alguns alunos para ajudar na produção do sabão em barra (figura 02), como uma forma de deixá-los à vontade com o experimento e investigarem, na prática, o censo do saber científico. Consequentemente, isso facilitará o processo de ensino e aprendizagem, pois, eles conseguirão relacionar o saber popular e o científico ao mesmo tempo, afinal, eles estarão trabalhando com algo que faz parte do cotidiano deles.

Figura 02: Sabão em barra.



Fonte: Autores.

Partindo desses princípios, haverá uma interação maior entre os alunos e os aplicadores da oficina, para que a abordagem seja um caminho metodológico viável a ser sugerido dentro do currículo da disciplina de química.

No final dessa prática, serão aplicados questionários de conhecimento pós oficina com diferentes perguntas, envolvendo os principais pontos da oficina com relação a conscientização ambiental. As respostas dos questionários servirão para avaliar a aprendizagem dos discentes em relação a proposta utilizada. Portanto, será preciso de apenas uma aula para se aplicar tal oficina que será dividida em dois momentos: a teórica e a prática experimental.

RESULTADOS ESPERADOS

Esperar-se-á fortalecer o processo de ensino-aprendizagem dos alunos após a aplicação da oficina, bem como também se espera promover a conscientização sobre os descartes envolvidos na apresentação desta, sob o prisma da química verde que é um olhar ambientalmente seguro. Por fim, espera-se incentivar as ações de produção de sabão com materiais recicláveis para uso doméstico e externo, como por exemplo a venda desse produto reciclado para contribuir com a renda da população local.

REFERENCIAS

Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – **ABIOVE**, São Paulo 2020. Disponível em: <<https://abiove.org.br/estatisticas/>> Acesso em: 16 de dezembro de 2021; BARBOSA, A.B. e SILVA, R.R. Xampus. **Química Nova na Escola**, n. 2, p. 3-6, 1995.

ANS, V., MATTOS, E. S.; JORGE, N. Avaliação da qualidade dos óleos de fritura usados em restaurantes, lanchonetes e similares. **Food Science and Technology**, v. 19, n. 3, p. 413-419, 1999.

DA SILVA LIMA, Maria José et al. **O uso de oficinas temáticas como ferramenta auxiliadora no ensino de química.**

FERREIRA, Adriana M.; DA S. SENA, Iracirema; MAGALHAES, Keurison F.; OLIVEIRA, Samuel L.; FERREIRA, Irlon M; PORTO, Andre L. M. Amazon oils from andiroba (*Carapa* sp.) and babassu (*Orbignya* sp.) for preparation biodiesel by enzymatic catalysis. **Current Biotechnology**, v. 08, p. 1-10, 2019.

FREIRE, P.C.M.; MANCINI-FILHO, J.; FERREIRA, T. P. C. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. **Revista de Nutrição**, v. 26, n. 3, p. 353-358, 2013.

MASSI, L.; JUNIOR, C.S.L.; Produção de Sabão no Assentamento Rural Monte Alegre: Aspectos Didáticos, Sociais e Ambientais. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 2, p. 124-132, 2019.

LIMA, JDFV; SOUSA, A. N.; SILVA, T. P. Oficinas temáticas no ensino de química: discutindo uma proposta de trabalho para professores no Ensino Médio. **Encontro nacional de educação, ciência e tecnologia**, v. 1, 2012.

PINHEIRO, P. C. e GIORDAN, M. O preparo do sabão de cinzas em Minas Gerais, Brasil: do status de etnociência à sua mediação para a sala de aula utilizando um sistema hipermídia etnográfico. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 2, p. 355-383, 2010.

SOUZA, A. C.; Da Silva, C. E.; Da Costa, T. T. A abordagem dos princípios da Química Verde e sustentabilidade no livro didático de química do ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**. v. 19, n. 3, p. 593-616, 2020.