

ESCOLA ESTADUAL PROFESSOR PINHEIRO CAMPOS

**MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA AO CONTROLE DE ESCORPIÕES
TITYUS SERRULATUS NA CIDADE DE OLIVEIRA-MG**

Oliveira-MG

2024



MARIA EDUARDA CÂNDIDA SILVEIRA
MIRELA LUIZA DOS SANTOS

KARLA TERESA RIBEIRO

**MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA AO CONTROLE DE ESCORPIÕES
TITYUS SERRULATUS NA CIDADE DE OLIVEIRA-MG**

Relatório apresentado à 8ª FEMIC - Feira
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação da Professora Karla Teresa Ribeiro

Oliveira-MG

2024



RESUMO

O projeto Modelagem Matemática Aplicada ao Controle de Escorpiões *Tityus serrulatus* na Cidade de Oliveira (MG), visa desenvolver um modelo matemático que controle a população de escorpiões, oferecendo uma alternativa eficaz para mitigar os riscos associados a esses aracnídeos no município de Oliveira, que apresenta uma alta ocorrência de casos no interior das residências, refletindo um risco à saúde pública. A metodologia utilizada inclui revisão bibliográfica, estudo de casos, contato com setor público e produção de um modelo matemático. Os resultados preliminares indicam que o uso das redes sociais a fim de conscientizar a comunidade, fornece informação e permite o engajamento público com esta grave questão sanitária. Além disso, a partir do modelo matemático criado no projeto é possível não só explorar técnicas de controle, como também, faz com que os pesquisadores se familiarizem com a investigação científica e a aprendizagem da matemática através de uma abordagem socioambiental, ademais, aprimorem suas habilidades de comunicação em público, especialmente através de apresentações em feiras científicas e interações com especialistas de algumas universidades. O projeto, ao integrar teoria e prática, contribui tanto para a saúde pública quanto para a formação acadêmica dos estudantes, preparando-os para enfrentar futuros desafios científicos e profissionais. Possíveis desdobramentos do presente projeto incluem a expansão das parcerias institucionais e a aplicação de novas tecnologias para melhorar a eficácia das estratégias de controle populacional desta perigosa espécie de aracnídeos.

Palavras-chave: Modelagem matemática; Escorpião amarelo; Iniciação Científica.



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 JUSTIFICATIVA	7
3 OBJETIVO GERAL	9
4 METODOLOGIA	10
5 RESULTADOS OBTIDOS	11
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
REFERÊNCIAS	21



1 INTRODUÇÃO

No município de Oliveira (MG), a ocorrência da espécie *Tityus serrulatus* (escorpião amarelo) em áreas urbanas no interior das residências representa um risco significativo para os cidadãos, com possíveis consequências graves ou fatais (Brasil, 2009, p. 9). Este cenário reflete a necessidade de estratégias eficazes no controle populacional desses aracnídeos, que preocupam a saúde humana e o equilíbrio ecológico da região.

Para Bassanezi (2015), um processo de modelagem matemática começa com a escolha de temas da realidade que direcionem os alunos a situações concretas para compreensão de um determinado fenômeno. Nesse sentido, através do programa de Iniciação Científica na Educação Básica – ICEB (de iniciativa, promoção e gestão da Secretaria de Estado de Educação do Governo de Minas Gerais), tivemos a chance de criar um núcleo de pesquisas da Escola Estadual Professor Pinheiro Campos, em Oliveira-MG, tal como o atual projeto, que através de uma abordagem interdisciplinar entre matemática biologia e saúde, visa compreender a dinâmica dos escorpiões e prever seu crescimento populacional por meio de modelagem matemática, permitindo analisar cenários futuros e propor soluções de controle baseadas em evidências, a fim colaborar crucialmente na saúde pública.

Paralelamente, a inclusão de estudantes do Ensino Médio na pesquisa é uma inovação significativa, pois promove o conhecimento científico e aplicação prática de suas descobertas, o que induz a conexão entre a matemática acadêmica e a realidade vivida pelos estudantes, despertando interesses e tornando o aprendizado relevante e significativo. Este engajamento juvenil é vital para fortalecer ações de prevenção e mitigação de riscos, melhorando o entendimento da comunidade sobre os cuidados e medidas eficientes de controle, através de projetos educacionais e de conscientização sobre o tema. Isso envolve não só a participação da população local, como também das autoridades de saúde e poder público do município mineiro.

Para auxiliar nessa problemática, a metodologia inclui revisão bibliográfica do *Tityus serrulatus*, estudo de caso, contato com poder público, estudo de modelos matemáticos e estratégias de controle, elaboração de um modelo matemático e divulgação dos resultados na comunidade.



Em suma, este projeto explora a realidade local, proporcionando aos estudantes associar teoria e prática, e utilizar a matemática como ferramenta para o conhecimento e compreensão da realidade onde se vive (Bassanezi, 2015). Sobretudo, visa sair dos muros da escola para contribuir com a redução de um problema que afeta diretamente a comunidade de Oliveira-MG.



2 JUSTIFICATIVA

A execução de um modelo matemático que auxilie no controle populacional do escorpião *Tityus serrulatus*, é impulsionada por diversos fatores de relevância científica e prática. Primeiramente, devido a seu veneno potente, a pesquisa é motivada pela importância de lidar com um problema de saúde pública que impacta diretamente várias regiões do Brasil, assim como cidade de Oliveira/MG, onde há frequentes relatos desses aracnídeos encontrados no interior das residências, causando terror à população.

Figura 1. Incidências de escorpiões em Oliveira (MG)



fonte: Diniz (2023, 2024)

A necessidade de enfrentar tal problema é evidente na medida em que, no Brasil, as espécies mais perigosas pertencem ao gênero *Tityus*, sendo o escorpião *Tityus serrulatus* o mais perigoso do país, encontrado principalmente na região sudeste (Carvalho, 2013, p. 2). Esta espécie se adapta facilmente em ambiente urbano, devido sua alimentação à base de insetos, passando a viver dentro das casas localizadas em zonas próximas de seu habitat natural (Brasil, 2009, p. 9).

As picadas dessa espécie podem causar dor intensa, inchaço, náuseas e, em casos graves, complicações cardíacas e convulsões, podendo levar à morte,



especialmente em crianças, idosos, pessoas com comorbidades e animais de estimação (Carvalho, 2013, p. 4). Além disso, se destaca sua alta capacidade de reprodução partenogênica, com dois partos por ano, gerando aproximadamente 20 filhotes em cada ninhada (Novais, 2017, p. 5), o que aumenta o risco de contato com os humanos e seu crescimento populacional de maneira acentuada.

Em nosso país, a responsabilidade pelo controle de escorpiões recai sobre as autoridades de vigilância sanitária e de controle de zoonoses. No entanto, a população também desempenha um importante papel ao adotar medidas preventivas em suas residências, como manter os ambientes limpos, eliminar entulhos e vedar frestas que possam servir de abrigo para os escorpiões.

Assim, a pesquisa é relevante porque integra conhecimentos e metodologias de diversas disciplinas, como matemática, biologia e geografia, através de uma abordagem interdisciplinar para abordar um problema complexo e multifacetado. Contribuindo não só para a produção de conhecimento científico no Ensino Médio, mas também para a resposta deste problema em Oliveira/MG e outras regiões que enfrentam desafios semelhantes.



3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Criar um modelo matemático que auxilie na previsão e controle populacional do escorpião *Tityus serrulatus*, a fim de desenvolver de uma possível solução para a incidência de escorpiões nas residências da área urbana do município de Oliveira (MG).

3.2 Objetivos específicos

- Identificar as dimensões do problema de saúde pública gerado pelo crescimento da população do escorpião *Tityus serrulatus* na cidade mineira de Oliveira e, ainda, as razões pelas quais tal problema vem se agravando ao longo dos anos;
- Compreender o comportamento do escorpião *Tityus serrulatus*, incluindo movimentos, reprodução, migração e padrões de atividade.
- Compreender a modelagem matemática como ferramenta para a pesquisa científica.
- Inserir os estudantes no mundo da pesquisa acadêmica e possibilitar o desenvolvimento de habilidades de investigação, análise crítica e produção de conhecimento.
- Proporcionar aos estudantes a chance de interligar conhecimentos escolares para melhoria do ambiente local, desenvolvendo uma estratégia de controle para a população de Oliveira.
- Elaborar um material e plataforma digital para divulgação do projeto e dos resultados alcançados para que estes possam contribuir efetivamente para a prevenção do escorpionismo em Oliveira e em outras cidades com características similares.



4 METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica do *Tityus serrulatus*, com o objetivo de compreender a reprodução dessa espécie, seus hábitos, morfologia, características e por que seu crescimento é considerado um problema de saúde pública que vem se agravando ao longo dos anos.

Com base nessa revisão, foi estudado as ocorrências do escorpião no município de Oliveira, levando em conta suas regiões geográficas e as notificações de casos de escorpionismo nessas áreas.

Em seguida, o contato com Setor de Zoonose da cidade, estabeleceu informações atualizadas e oficializadas sobre a incidência de escorpiões, e também se eles tinham consciência do problema, o que estava sendo feito e a frequência de chamadas que eles recebiam.

A partir disso, foi realizado um estudo voltado para a criação de modelos matemáticos, o que proporcionou a possibilidade de simular diferentes cenários em diferentes situações e prever resultados, baseado em variáveis específicas.

Posteriormente, realizamos um estudo aprofundado sobre modelos matemáticos de equilíbrio ecológico, com o objetivo de fundamentar a criação do nosso próprio modelo de crescimento populacional. Essa investigação nos permitiu compreender como diferentes fatores interagem em um ecossistema.

Com tais estudos, foi possível culminar a criação de um modelo matemático para previsão do crescimento populacional da espécie e juntamente, foi elaborado uma técnica de controle para a comunidade local, de forma que o modelo matemático foi usado para validar essa técnica e simular diferentes situações.

Finalmente, foi elaborada uma cartilha informativa que será distribuída nas áreas com incidências de escorpiões, recurso valioso para disseminar conhecimentos e informações de maneira clara e acessível.

Durante toda a execução do projeto, foram promovidos debates sobre o tema, com o intuito de definir pontos relevantes, compartilhar aprendizados e reunir todas as informações consideradas importantes para a produção final. Também foram realizados estudos orientados sobre pesquisa científica, normas da ABNT e conteúdos matemáticos/científicos que foram relevantes para o desenvolvimento do projeto.



5 RESULTADOS OBTIDOS

5.1 Divulgação

Inicialmente, o grupo dedicou-se a estudar a biologia do escorpião, que levou a criação de uma plataforma on-line no Instagram para divulgação do projeto e compartilhamento de informações para a comunidade local.

Figura 2. Perfil do Instagram



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

5.2 Revisão Bibliográfica

Ao estudar a biologia do escorpião, suas características e hábitos, o grupo descobriu informações fundamentais para o desenvolvimento do projeto, por exemplo, que o escorpião amarelo é adaptado a ambientes urbanos. Abrigam-se em tijolos, telhas, entulhos e galerias de esgoto. Na natureza, são encontrados debaixo de cascas de árvores e madeiras em decomposição. São ativos durante a noite e durante o dia, ficam escondidos evitando luz solar, temperatura alta e predadores. (Resende, 2023, p. 31)

O hábito dos escorpiões de se abrigarem em diversos lugares, juntamente com sua capacidade de permanecer meses sem se movimentar, torna o tratamento químico



ineficaz. O uso de inseticidas pode matar suas presas, como baratas, mas não elimina diretamente os escorpiões, dispersando-os para outras áreas. (Brasil, 2009, p. 36).

Os escorpiões são fluorescentes sob luz ultravioleta. Isso ocorre devido à presença de substâncias orgânicas, como a cumarina, no exoesqueleto do animal (Resende, 2023, p. 27).

Figura 3. Fluorescência do escorpião-amarelo em microscopia



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

O *Tityus serrulatus* é altamente tolerante à privação alimentar, com indivíduos suportando até 400 dias sem comida. A resistência desse escorpião com alimentos e água será provavelmente um factor adicional subjacente à expansão geográfica desta espécie e às dificuldades encontradas no seu controle. (Resende, 2023, p. 31).

5.3 Participação em Eventos

Essa fase de aprendizado incluiu uma visita à feira científica da Fundação Ezequiel Dias, um dos principais centros de referência em pesquisa e inovação científica no Brasil. Esta visita técnico-educativa foi essencial para que os estudantes pudessem observar o escorpião *Tityus serrulatus* de perto e aprofundar seus conhecimentos.

Com o avanço do projeto, o grupo foi selecionado para participar da FEMIC (Feira Mineira de Iniciação Científica), que aconteceu de forma online no dia



17/11/2023. Essa vivência não só fortaleceu o projeto, mas também ampliou a visão sobre a ciência e a inovação.

Em seguida, ocorreu a participação do nosso núcleo de pesquisa ICEB na FECITEC - Feira de Ciência e Tecnologia na UFV no dia 21/10/2023, um evento presencial em que o grupo conquistou o terceiro lugar na competição. A interação com outros projetos e a troca de ideias com visitantes e jurados contribuíram significativamente para o aperfeiçoamento do nosso trabalho.

Figura 4. Visita dos integrantes do núcleo ICEB à FECITEC 2023



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Diante disso, o grupo foi convidado para uma visita à Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), onde foi apresentado o projeto de pesquisa e estabelecida uma conversa sobre um futuro acadêmico. Os integrantes do núcleo de pesquisas também realizaram uma visita à Câmara Municipal para apresentar os estudos desenvolvidos, fazendo o projeto ultrapassar os muros da escola, conquistando visibilidade local, impacto social e colaboração do setor público em ações e divulgações futuras.



Figura 5. Visita do núcleo ICEB ao Campus Dom Bosco da UFSJ



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 6. Visita do núcleo ICEB à Câmara Municipal de Oliveira (MG)



Fonte: Jornal Gazeta de Minas. Disponível em: <
<https://www.gazetademinas.com.br/post/estudantes-desenvolvem-projeto-sobre-o-escorpi%C3%A3o-amarelo>>. Acesso em 15 set.2024.

Posteriormente, no dia 1/12/2023, realizamos o 1º Encontro dos núcleos do ICEB, que ocorreu em Oliveira-MG na Escola E. Professor Pinheiro Campos. Durante as apresentações, todos os grupos compartilharam informações sobre seus projetos em andamento ou finalizados. Seguindo as apresentações, tivemos uma roda de conversa,



momento em que os participantes discutiram abertamente sobre os desafios e conquistas de fazer parte do ICEB.

Figura 7. Pesquisadores do ICEB no 1º Encontro de Núcleos em Oliveira (MG)



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Além disso, no dia 17/10/2024 o grupo foi convidado a participar do primeiro Encontro de Núcleos do ICEB, realizado na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Durante o evento, tivemos a oportunidade de conhecer o orientador do projeto, visitar o planetário da universidade e conhecer outras iniciativas e núcleos do ICEB, o que ampliou nossa rede de contatos e troca de ideias.

Figura 8. Visita dos pesquisadores na UFJF para o 1º Encontro de Núcleos ICEB



Fonte: Acervo pessoal dos autores.



Esses encontros foram uma oportunidade fundamental para trocar experiências e fortalecer o senso de pertencimento do grupo. Além disso, não só forneceu conhecimento, como ampliou a visão sobre possibilidades acadêmicas e profissionais.

5.4 O Modelo

Para controlar a população de escorpiões, uma solução promissora de estratégia foi a busca ativa com lanternas de luz ultravioleta. Essa abordagem é eficaz devido aos hábitos noturnos dos escorpiões, que são mais ativos à noite, o que permite encontrar escorpiões a mais de cinco metros de distância (Lowe, 2003).

Após estudo dos modelos populacionais, foi determinado o desenvolvimento de um modelo matemático adaptado do modelo de crescimento logístico, criado por Verhulst, com inserção de um fato semelhante ao de presa-predador, mas que se refere à busca ativa do escorpião pela população.

Modelo de Crescimento Logístico:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right)$$

Onde:

- Nt : população no instante t ;
- t : tempo;
- K : capacidade de carga do sistema;
- r : taxa de crescimento.

Suposto o valor da população no instante de $t=0$, então:



$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K}\right) \\ N(0) = N_0 \end{cases}$$

Modelo de Crescimento Logístico interagindo com a busca ativa:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K}\right) - bPN$$

Onde,

- b : taxa de busca ativa.
- P : quantidade de pessoas.

Definição de parâmetros

Foi estimado o valor da constante $K = 1000$. Essa capacidade de carga representaria 5 escorpiões por m^2 , o que é um valor que se mostra adequado tendo em vista que o escorpião possui no máximo 7 cm de comprimento, logo para um local de $200m^2$, como são os lotes de bairros novos em Oliveira, o limite de escorpiões equivale a 1000. (Ribeiro, 2022, p. 13). Para a taxa de crescimento logístico, foi estimado o valor de $r = 3,5$.

Embora em um intervalo de 1 ano o escorpião gere 40 novos filhotes, uma vez considerando fatores de mortalidade, este indivíduo adulto geraria novos 30 escorpiões para o ano seguinte. Assim, a taxa adequada seria em torno de 3,5 (Ribeiro, 2022, p. 13).

Para a taxa de busca ativa, foi estimado dois valores $b = 0,25$ e $b = 0,5$. Sendo 25% se o escorpião for buscado de maneira superficial e 50% se buscado onde escorpiões amarelos costumam se esconder, isto é, em lugares escuros, úmidos e quentes, como buracos no chão ou na parede, armários, sapatos, ralos, roupas sujas, etc (Brasil, 2009, p. 27).

Por fim, a variável P representa a quantidade de moradores fazendo a busca ativa naquela determinada residência.



Diante disso, o modelo matemático aplicado ao controle de escorpiões é:

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = 3,5N_1 \left(1 - \frac{N_1}{1000}\right) \\ \frac{dN_2}{dt} = 3,5N_2 \left(1 - \frac{N_2}{1000}\right) - bPN_2 \end{cases}$$

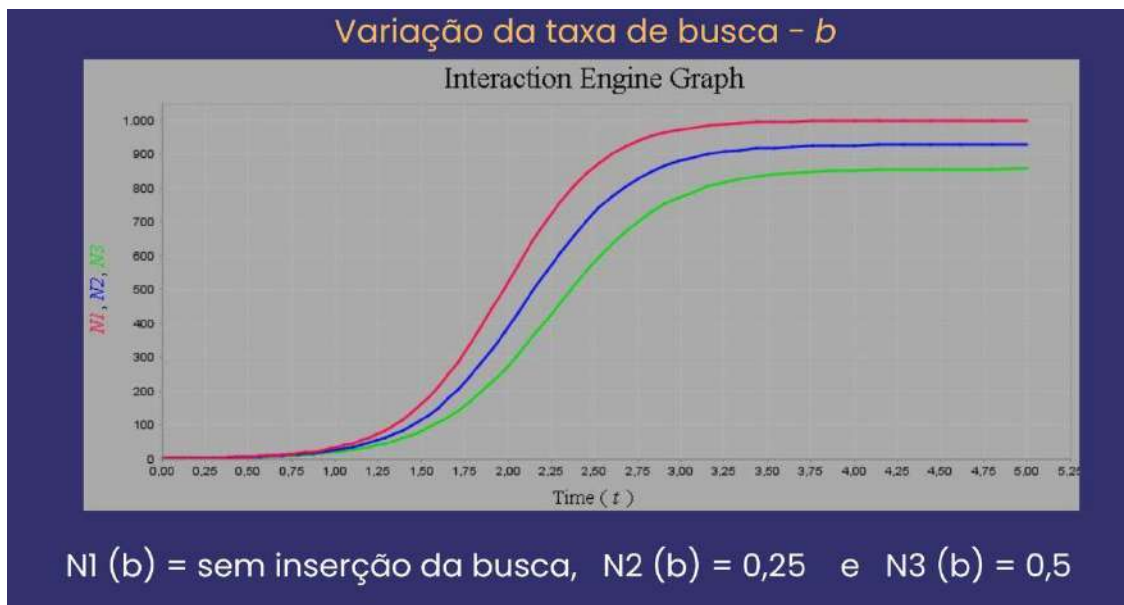
Ainda que no modelo de presa-predador, há uma interação direta entre duas populações, a escolha do modelo de crescimento logístico foi mais apropriado para a análise da população de escorpiões no nosso contexto, por uma razão essencial: a dinâmica entre humanos e escorpiões não segue a estrutura típica de interação entre presas e predadores. No caso da população de escorpiões, embora coexista com os seres humanos, ela não interfere diretamente na dinâmica da nossa população, mas nós sim interferimos na dinâmica populacional dos escorpiões por meio da busca ativa.

Este modelo permitiu simular a dinâmica da população de escorpiões em diferentes cenários, que possibilitou determinar a eficácia de diferentes estratégias de controle.

Um exemplo, foi um gráfico de simulação gerado no software Populus, em que testamos a eficiência da taxa de busca 25% e 50%, feita por uma pessoa na residência a partir de uma população inicial de 1 escorpião.



Figura 9. Gráfico de simulação do crescimento populacional dos escorpiões interagindo com a busca ativa, onde $P=1$ e $N(0)=1$



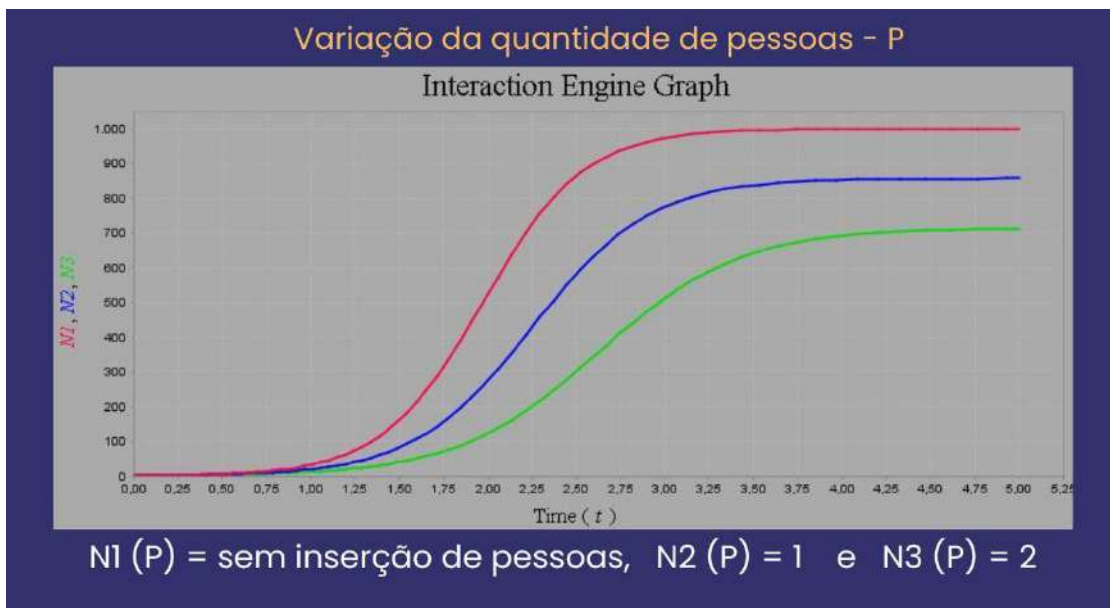
Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Com esta simulação podemos concluir que quando a taxa de busca é 25%, a capacidade de carga do sistema diminuiu para ≈ 900 , e quando a taxa de busca é 50% a capacidade de carga cai pra ≈ 850 .

Em uma outra simulação, utilizando a taxa de busca equivalente a 50% e a população inicial de escorpiões igual a 1, foi suposta a busca ativa feita por 1 e 2 pessoas no modelo.



Figura 10. Gráfico de simulação do crescimento populacional dos escorpiões interagindo com a quantidade de moradores fazendo a busca ativa, onde $b=0,5$ e $N(0)=1$



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Logo, é notório que com duas pessoas fazendo busca ativa a capacidade de carga do sistema diminui em ≈ 700 e o tempo para chegar nessa capacidade aumenta, sendo quase 4 anos.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo desenvolvido mostrou que, ao implementar a busca ativa com luz ultravioleta, a população de escorpiões poderia ser reduzida de maneira significativa ao longo do tempo, evitando surtos e diminuindo os riscos associados, sendo assim, uma alternativa eficaz para a população oliveirense.

Diante disso, a combinação da técnica de captura com um modelo matemático robusto não só fortalece a abordagem de controle, mas também fornece uma base científica para a tomada de decisões e a implementação de políticas de saúde pública eficazes.

Embora o modelo seja heurístico, se estiver próximo da realidade se mostra muito eficaz, visto que através de um controle simples e de baixo custo, promove equilíbrio ecológico, afastando os escorpiões das residências e mantendo-os em seu habitat natural. Assim, com o modelo matemático, conseguimos validar estratégias de controle propostas e analisar resultados.

Ademais, essa experiência permite que os jovens do Ensino Médio desenvolvam habilidades de pesquisa essenciais, como pensamento crítico, análise de dados e resolução de problemas. Ao aplicar a teoria em situações práticas, os alunos conseguem visualizar a relevância do conhecimento científico em suas vidas e no mundo ao seu redor. Essa conexão fortalece o aprendizado e estimula o interesse por áreas como a biologia e matemática.



REFERÊNCIAS

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Modelagem matemática: teoria e prática**. São Paulo: Contexto, 2015.

BRASIL. Ministério da saúde. Secretaria de Vigilância em saúde. Departamento de Vigilância epidemiológica. **Manual de controle de escorpiões**. Brasília: Ministério da saúde, 2009.

CARVALHO, Daniela Cajado de Oliveira Souza. **Análise dos componentes proteolíticos e peptídicos do veneno do escorpião *Tityus serrulatus*: purificação e caracterização de uma metalopeptidase e busca de novos inibidores para proteases humanas**. São Paulo: CCD, 2013.

DINIZ, Sérgio Henrique. **Picado por Escorpião, Na Busca por Escorpiões**. WhatsApp: [ZAP News]. Posts de WhatsApp. Jul 2023- Ago 2024.

LOWE, G.; KUTCHER, S. R.; EDWARDS, D. **A powerful new light source for ultraviolet detection of scorpions in the field**. *Euscorpius*, n. 28. 2003.

NOVAIS, Felipe de Freitas. **Influência da densidade na fertilidade de *Tityus Serrulatus* Lutz & Melo, 1922 (Scorpiones: Buthidae)**. 2017. 31 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade de Brasília, Brasília

RESENDE, Flávia Cappuccio de 2023/ **O fantástico mundo dos animais peçonhentos: aracnídeos; características, história natural e espécies de importância médica do Brasil**/Flávia Cappuccio de Resende, coordenadora. Belo Horizonte – Fundação Ezequiel Dias, 2023.

RIBEIRO, Karla Teresa Ribeiro. **Modelagem Matemática Aplicada ao Controle de Escorpiões *Tityus serrulatus* na Cidade de Oliveira (MG)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) - Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). Divinópolis, 2022.