

ORIGINALER ARTIKEL

SILVA, Agnaldo Plácido da ^[1], PLÁCIDO, Eloá Jessica Mendes dos Santos ^[2], MORAES, Walber Breno de Souza ^[3]

SILVA, Agnaldo Plácido da. PLÁCIDO, Eloá Jessica Mendes dos Santos. MORAES, Walber Breno de Souza. Die Auswirkungen der transgenen Mücke auf Mensch und Umwelt. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Jahrgang 05, Ed. 10, Vol. 09, S. 158-176. Oktober 2020. ISSN: 2448-0959, Zugriffsverbindung: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/biologie-de/transgenen-muecke>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/biologie-de/transgenen-muecke

Contents

- ZUSAMMENFASSUNG
- EINFÜHRUNG
- BEVÖLKERUNGSUNTERDRÜCKUNG VON INSEKTEN MIT DOMINANTEM TÖDLICHEN GEN
- BEVÖLKERUNGSERSATZSTRATEGIEN
- ÜBERGANGSPHASE
- ÖKOLOGISCHE INTERAKTIONEN
- STATIONÄRE PHASE
- ÖKOLOGISCHE INTERAKTIONEN
- DISKUSSION
- FAZIT
- BIBLIOGRAPHISCHE HINWEISE

ZUSAMMENFASSUNG

Eine der größten Herausforderungen für die öffentliche Gesundheit in Brasilien und weltweit sind vektorübertragene Krankheiten, und die derzeitigen Kontrollmaßnahmen sind ineffizient. Mücken gehören zu den Vektoren verschiedener Krankheiten, weil sie hämatophago sind, Weibchen in der Eisprungperiode Blut für die Fortpflanzung benötigen und einmal kontaminiert, kann die Mücke Bakterien, Protozoen und Viren enthalten, die in ihren

Speicheldrüsen zugeteilt werden, wodurch das Individuum direkt in den Blutkreislauf infizieren. *Aedes aegypti* ist verantwortlich für die Krankheiten: Dengue, Zika, Chikungunya und Gelbfieber. Die Formen der Bekämpfung von Vektormücken sind bisher wirkungslos, und damit wurden mehrere Technologien als Alternativen zur Bekämpfung und Bekämpfung der *Aedes aegypti*-Mücke entwickelt. Angesichts der jüngsten Zulassungen für die Freisetzung genetisch veränderter Insekten sind detailliertere Studien erforderlich, um deren ökologisches Potenzial und ihre evolutionären Auswirkungen zu bewerten. Diese Effekte können in zwei Phasen auftreten: in einer vorübergehenden Phase, in der sich die fokale Population in der Dichte ändert, und in einer stationären Phase, wenn sie eine neue und konstante Dichte erreicht. Mit den Innovationen in der Vektorkontrolle durch gentechnisch veränderte Insekten geben wir eine neue Perspektive in Bezug auf genetische Manipulation. Diese Studie zielt darauf ab, die möglichen Auswirkungen einer schnellen Veränderung der Dichte der *Aedes aegypti*-Mücke im Zusammenhang mit der biologischen Kontrolle durch die genetisch veränderte Mücke zu bewerten. Wir fragen uns also, ob die Biotechnologie eine Lösung für die Probleme der öffentlichen Gesundheit im Falle der *Aedes aegypti*-Mücke oder ein Problem sein kann? Da die Transformation oder Modifikation dieser Lebewesen in Laboratorien neue Techniken sind, die bisher unmöglich sind zu wissen, was die langfristigen Folgen sein werden.

Schlagworte: Genetische Selektion, transgene Tiere, *Aedes aegypti*, Mücken, Mückenbekämpfung.

EINFÜHRUNG

Mücken wurden seit dem 19. Jahrhundert intensiv untersucht, als sie zum ersten Mal mit Krankheitsvektoren für Männer und andere Wirbeltiere in Verbindung gebracht wurden (WILKE; GOMES *et al.*, 2009). Die Gattungen Culex, Anopheles und Aedes sind die Vektoren von drei Gruppen menschlicher Krankheitserreger: Malaria der Gattung Plasmodium, Filia der Gattungen Wuchereria und Brugia und zahlreicher Arboviren sowie der Erreger von Dengue- und Gelbfieber (TAIPE-LAGOS und NATAL, 2003).

In den nationalen Rechtsvorschriften definiert Artikel 3 Des Art. 3 des Nationalen Umweltpolitischen (Bundesgesetz Nr. 6,938/81) die Umwelt als "die Gesamtheit der

Bedingungen, Gesetze, Einflüsse und Wechselwirkungen einer physikalischen, chemischen und biologischen Ordnung, die das Leben in all ihren Formen ermöglicht, schützt und regelt" (FARIAS, 2017).

Die Prozesse der Umweltzerstörung, die hauptsächlich durch anthropogene Aktivitäten entstanden sind, verändern das ökologische Gleichgewicht und schaffen angemessene Lebensräume, so dass sich Vektoren von Krankheiten wie Mücken vermehren, entwickeln und Krankheiten übertragen können (KWEKA; KIMARO und MUNGA, 2016). Die Umweltkatastrophen, die durch die ungeordnete Ausbeutung des Menschen durch natürliche Ressourcen und durch die Entwicklung des Prozesses der Urbanisierung und Industrialisierung verursacht wurden, haben unvorstellbare Ausmaße angenommen und die menschliche Gesundheit gefährdet (BARBIERI, 1998). Diese schwerwiegenden Umweltungleichgewichte, die ein globales Ausmaß erreicht haben und das Bild der Zerstörung der Natur hervorheben, sind diese Situationen von Umweltveränderungen, die das Auftreten neuer Krankheiten am meisten begünstigen (SCHMIDT, 2007) (KWEKA; KIMARO und MUNGA, 2016). In einem Interview im Chino Ulysses Confalonieri Dialog erklärte ein Forscher der Oswaldo Cruz Stiftung, dass "die Entwaldung seit jeher eine der Hauptursachen für tropische Krankheiten in Brasilien ist" (VEIGA, 2017). Studien haben gezeigt, dass Umweltveränderungen und ökologische Störungen, sei es natürlicher oder anthropogener Ursache, einen deutlichen Einfluss auf das Auftreten und die Verbreitung bestimmter Krankheiten ausüben können (SACCARO JUNIOR; MATION und SAKOWSKI, 2015). Es wurden bereits mehrere Mechanismen vorgeschlagen, um zu erklären, wie das Ungleichgewicht im Umweltbereich zur Zunahme von Durchstechmücken verursachten Krankheiten beigetragen hat (SACCARO JUNIOR; MATION und SAKOWSKI, 2015).

Nationale und internationale wissenschaftliche Literatur zeigt, dass Viren und Bakterien in der Natur auf den idealen Moment warten, um den Menschen zu erreichen. Die Lücken, die der Mensch durch jahrzehntelange Veränderung und Zerstörung der Umwelt geschaffen hat, wenn man den Zeitraum zwischen der Entwicklung der primitiven menschlichen Gesellschaft bis heute und der Art und Weise bedenkt, wie die natürlichen Ressourcen vom Menschen genutzt wurden, hat sich im Kontext dessen, was heute geschieht, beeinflusst, da die Wälder der Landwirtschaft und den städtischen Zentren unterschiedlicher Größe weichen (UJVARI , 2003).

Von der Veränderung der Umwelt einige Lebewesen, die als Lebensraum die Wälder hatten, begann in Städten mit Menschen zu leben, unter diesen Wesen können wir die Mücke finden, ein Insekt, das in fast allen Teilen der Welt gefunden werden kann, jedoch der Vektor von Malaria, Gelbfieber, Dengue, Chikungunya, Zika und anderen schweren Krankheiten. Dazu braucht die Mücke einige Faktoren wie Probleme in der Infrastruktur der Städte, fehlende sanitäre Grundversorgung, die die Verbreitung und Verbreitung der Mücke begünstigen (NEVES; MELO *et al.*, 2005).

Diese Pathologien haben gemeinsam die *Aedes aegypti*-Mücke, die der Sender von Krankheiten ist, die als Arboviren bekannt sind und die mit großer epidemiologischer Bedeutung (SANTOS; SILVA *et al.*, 2017) (LOURENÇO und RODRIGUES, 2017). *Aedes aegypti* kann durch seine Resistenz und Die Fähigkeit, sich an verschiedene Umgebungen anzupassen definiert werden, es ist eine Mücke aus Afrika, aus der Familie culicidae, jetzt in fast allen Weltgebieten verteilt, *Aedes aegypti* wird von der Europäischen Agentur für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten als eine der am meisten bestrahlten Mückenarten auf dem Planeten angesehen (BRAGA und VALLE, 2007).

Im letzten Jahrhundert, in den 1950er und 1960er Jahren, wurden mehrere Vektorkontrollprogramme in mehreren Ländern mit chemischen Strategien ohne Nutzungsbeschränkung wie DDT entwickelt. Und heute sind diese Maßnahmen zur Bekämpfung der *Aedes aegypti*-Mücke weniger effizient als in den 1950er Jahren (WILKE; GOMES *et al.*, 2009). Derzeit wurden mehrere Strategien zur Bekämpfung der Population der *Aedes aegypti*-Mücke entwickelt, wie Risikokartierung, natürliche Verbindungen, Wolbachia, Insektizid, Mücken zerstreuen, sterile Insektentechnik, transgene Mücken und andere (PAN-AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, 2019) (ZARA; SANTOS *et al.*, 2016). Im Kampf gegen die *Aedes aegypti*-Mücke können einige Arten grundlegender Kontrollmechanismen eingesetzt werden: mechanisch, chemisch und biologisch (HOY, 1985) (ZARA; SANTOS *et al.*, 2016).

Die genetischen Strategien, die für die Vektorkontrolle entwickelt wurden, sind möglich, sie in zwei Stufen zu unterteilen. Die erste Stufe schlägt vor, Mückenarten durch die Entwicklung tödlicher Gene zu reduzieren oder sogar zu eliminieren, oder in der Lage, Insekten steril zu machen, in dieser Technik benötigen Insekten keine Strahlensterilisation (POST-PN-360, 2010) (DONOVAN, 2009). In der zweiten Phase beinhaltet die Umwandlung oder den Ersatz der Population, durch die Einführung eines Effektor-Gens, um die Übertragung der Krankheit

in der Population von wildlebenden Insekten zu reduzieren oder zu blockieren (ARAÚJO; CARVALHO et al., 2015), (ANDRADE; ARAGÃO et al., 2016).

Oxford Insect Technology (Oxitec Ltd. Oxford, England), ein Unternehmen, das sich auf die Entwicklung von Technologie zur Bekämpfung der Mücke mit dem Einsatz transgener Stämme konzentriert, hat eine Linie von *Aedes aegypti* für die Bevölkerungskontrolle entwickelt. Derzeit war die OX513A Linie die erste, die die besten Ergebnisse im Labor zeigte, und erhielt die technische Genehmigung von der National Technical Commission of Biosafety (CTNBio) für die kommerzielle Freisetzung in Brasilien (ZARA; SANTOS et al., 2016) (POST-PN-360, 2010).

BEVÖLKERUNGSUNTERDRÜCKUNG VON INSEKTEN MIT DOMINANTEM TÖDLICHEN GEN

Dies ist eine von Thomas vorgeschlagene Methode, die als RIDL-System bekannt ist und aus einem Mechanismus besteht, bei dem ein dominantes letales Gen mit einem bestimmten weiblichen Promotor wie dem Vitellogenin-Promotor assoziiert ist (WILKE; GOMES et al., 2009). (ALPHEY; BENEDICT et al., 2010).

Bei dieser Technik kann das dominante letale Gen, das in die Mücke eingeführt wurde, in Gegenwart von Tetracyclin deaktiviert werden. Während der Trennung von männlichen und weiblichen Mücken wird Tetracyclin aus dem System entfernt, wodurch alle Frauen sterben (OLIVEIRA; CARVALHO und CAPURRO, 2011). Das System wird blockiert, wenn Tetracyclin in der Mücke vorhanden ist, da tTA eine größere Affinität zu Tetracyclin aufweist als tetO (ALPHEY, 2002). Auf diese Weise paaren sich alle homozygoten RIDL-Männchen, die in die Umwelt freigesetzt werden, mit wilden Weibchen und alle Nachkommen tragen das Transgen. In Abwesenheit von Tetracyclin in ihrer Nahrung sterben diese Mücken an der Toxizität, die durch die hohen tTA-Spiegel in den Zellen (OLIVEIRA; CARVALHO und CAPURRO, 2011) (WILKE; GOMES et al., 2009).

BEVÖLKERUNGSERSATZSTRATEGIEN

Diese Strategien beinhalten den dauerhaften Ersatz einer wilden Population von Insekten durch gentechnisch veränderte Sorten, die verändert wurden, um sie weniger fähig zu

machen, Krankheiten zu übertragen (TERENIUS; MARINOTTI *et al.*, 2008). “Diese Abstimmung basiert auf der Hypothese, dass eine Zunahme der Häufigkeit in einer Vektorpopulation eines Gens, das einen Krankheitserreger stört, zur Reduktion oder Eliminierung der Übertragung dieses Erregers führen wird” (COLLINS und JAMES, 1996).

Dieser Ansatz besteht in der Schaffung eines transgenen Insekts, das in der Lage ist, einen bestimmten Erreger zu töten oder zu verbreiten, d. h. in der Lage ist, zu sterben, sobald er vom Mikroorganismus infiziert ist (TERENIUS; MARINOTTI *et al.*, 2008).

Dies würde während der Umwandlung der Zellen einer Mücke mit einem Mikroorganismus geschehen, der eine invertierte-wiederholte RNA (RNAi) aus dem Genom transkribiert. Als Beispiel können wir den Dengue-Virus Typ 2 nennen, dieses Virus ist in der Lage, eine Doppelband-RNA zu erzeugen, die wiederum den Interferenz-RNA-Pfad (RNAi) aktiviert, der in der Lage ist, den Viruszyklus zu hemmen, der die Replikation des Virus in der Mücke verhindert (ADELMAN; SANCHEZ-VARGAS *et al.*, 2002).

In allen Fällen der Entstehung von gentechnisch veränderten Mücken zur Freisetzung in die Umwelt ist es wichtig, Sexing-Technologien zu verwenden, bei denen nur Männer freigelassen werden können, da sie sich nicht von Blut ernähren, wie Frauen, wodurch das Risiko von Bissen und der Übertragung von Krankheiten verringert wird (WISE DE VALDEZ; NIMMO *et al.*, 2011).

Für David sollte die Freisetzung von Insekten-GMs als ökologische Störung betrachtet werden, deren nachteilige Auswirkungen in zwei Phasen auftreten können: in der ersten tritt eine vorübergehende Phase auf, in der sich die Population der Insekten einschließlich der freigesetzten gms-Insekten rasch in der Dichte verändert, in der zweiten ist die Phase des stabilen Zustands, in der sich die Population mit konstanter Dichte stabilisiert (DAVID; KASER *et al.*, 2013).

ÜBERGANGSPHASE

In dieser Phase können wir die evolutionären Effekte bewerten, die sich aus den vorübergehenden Veränderungen des Genflusses ergeben. Dieser Genfluss ist alles, was sich aus dem Austausch von Informationen und der Bewegung von Genen von einer Population

zur anderen ergibt, die in Gameten oder Segmenten extrazellulärer DNA zwischen Populationen derselben Spezies auftreten können, jedoch sind einige Fälle des interspezifischen genetischen Austauschs (WHITTEMORE und SCHAAL, 1991) (SLATKIN, 1985) bekannt. Wo ein vorteilhaftes Gen durch leichte Ausbreitung in einer wachsenden Population positiv wirken kann, wenn dies über einen längeren Zeitraum geschieht, kann man aufgrund des reduzierten Einflusses der genetischen Drift eine neue Art bilden, können einige dieser Veränderungen auch in die stationäre Phase übergehen (GOULD und SCHLIEKELMAN, 2004). Obwohl der Genfluss zwischen Populationen und Unterarten im Falle der Freisetzung von transgenen Insekten mit einem dominanten tödlichen Gen (RIDL) erwünscht sein kann, ist es notwendig, die Bedeutung der Auswirkungen des Genflusses zu berücksichtigen, die katastrophal sein können (GOULD und SCHLIEKELMAN, 2004).

“Für Prakash kann die Einführung eines Gens in verschiedene Zellen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, und das allgemeine Muster der Genexpression kann durch die Einführung eines einzelnen Gens verändert werden” (PRAKASH; VERMA *et al.*, 2011).

Es ist auch notwendig, die Auswirkungen der Hybridisierung zu berücksichtigen, kann das Gemisch mehrere Effekte haben, von verminderter Fitness bis zu Heterose (FACON; CRESPIAN *et al.*, 2011).

Laut David wurde eine Mischung bei mehreren Insektenarten beobachtet, wie *apis mellifera carnica* und *Apis mellifera linguist* hybridisiert mit einheimischen Populationen von *Apis mellifera* in Nordwesteuropa und die Einführung von afrikanischen *Drosophila melanogaster* in amerikanischen Populationen. (DAVID; KASER *et al.*, 2013)

Hybridisierung kann neue genetische Vorteile für das gemischte Individuum mit sich bringen (FACON; CRESPIAN *et al.*, 2011). In der Literatur finden wir mehrere Beispiele für intraspezifischen genetischen Fluss zwischen transgenen Organismen, hauptsächlich in Bezug auf transgene Kulturen. Obwohl einige Forscher behaupten, dass es einen Unterschied zwischen genetisch veränderten Pflanzen und Insektenschädlingen in ihrer Physiologie und ihrem Zweck gibt, sollte berücksichtigt werden, dass transgene Kulturen uns eine Menge wertvoller Informationen über die verschiedenen Arten möglicher Auswirkungen unter transgenen Organismen bieten können. Zahlreiche Studien haben uns gezeigt, dass

intraspezifischer Fluss des manipulierten Gens zwischen Sorten GMs und Nicht-GMs verschiedener Kulturen auftreten kann. Als Beispiel können wir Mexiko nennen, wo sie in einer Maisplantage gefunden wurden, Transgene von bt-Maissorten (MERCER und WAINWRIGHT, 2008). Transienter interspezifischer Genfluss kann durch Paarung, Hybridisierung und Introgression zwischen GMs und Nicht-GMs-Organismen auftreten. Wenn diese Hybridisierung in einem natürlichen System auftritt, kann sie viele ökologische Folgen haben, die starke negative Auswirkungen auf einheimische Arten haben können (KENIS; AUGER-ROZENBERG *et al.*, 2009).

ÖKOLOGISCHE INTERAKTIONEN

Die Biologie hat uns jeden Tag verschiedene Arten von ökologischen Wechselwirkungen zwischen Lebewesen gezeigt, die als harmonisch oder disharmonisch angesehen werden können. Ein transgener Organismus kann eine von vielen ökologischen Funktionen als Verbraucher, Konkurrent oder Krankheitsüberträger übernehmen. Diese Art der Veränderung kann während der Übergangsphase auftreten und zu verschiedenen ökologischen Auswirkungen führen. Wenn eine Änderung der Populationsdichte eines Insekts aufgrund der Freisetzung von GMs-Insekten beeinflusst wird, kann dies aufgrund der Verfügbarkeit von Beute zu einer Zunahme der Population von Raubtieren führen (ROYAMA, 1984), selbst wenn eine Freisetzung von gentechnisch veränderten Insekten nicht unbedingt Änderungen verursacht. In der Biomasse kann die Zunahme der Population eines Insekts unbeabsichtigte Folgen haben. Wenn eine große Anzahl von Wirkstoffen freigesetzt wird, um eine natürlich vorkommende Population zu ergänzen, kann dies die Population seiner Raubtiere erhöhen (SNYDER und EVANS, 2006).

STATIONÄRE PHASE

Wenn wir berücksichtigen, dass die Freisetzung von GMs-Insekten erfolgreich war, sollte die lokale Insektenpopulation nach den vorübergehenden Veränderungen der Dichte eine neue konstante Zustandsdichte haben. Während dieses Zustandes ist es möglich, evolutionäre und ökologische Auswirkungen zu identifizieren, die während dieser Phase entstanden sind (DAVID; KASER *et al.*, 2013).

Für Myers ist die Evolution nicht vorhersehbar, trotz unserer Unfähigkeit, die Produkte der Evolution vorherzusagen, können wir signifikante Schätzungen über evolutionäre Prozesse vorhersagen, da sie von der Erschöpfung der biologischen Vielfalt betroffen sein werden (MYERS und KNOLL, 2001).

“Für David als Gemeinschaft, die sich an die veränderte fokale Populationsdichte anpasst, können Veränderungen in der Häufigkeit bestimmter Artenwechselwirkungen kurzfristig zu neuen Selektionsdrücken führen” (DAVID; KASER *et al.*, 2013).

Mehrere Fälle von schneller Evolution wurden bereits nach Arteninvasionen dokumentiert, haben wir als Beispiel in Australien den Wanzen *Leptocoris tagalicus*, der sich entwickelt orale Teile von 5 bis 10% länger, in einem Zeitraum von 30 bis 40 Jahren, so dass es von den Samen einer invasiven Rebe *Cardiospermum grandiflorum* (CARROLL; LOYE *et al.*, 2005) sollte berücksichtigt werden, dass eine schnelle Evolution bei einer Insektenart geschehen kann, die zur Unterdrückung der lokalen Arten freigesetzt wird, diese Aussterben können große evolutionäre Folgen haben (ANDERSON; KELLY *et al.*, 2011).

GMs-Insekten können die Entwicklung der Virulenz und die Übertragung eines vektorisierten Pathogens verändern, erste Stämme, die innerhalb eines Wirts konkurrieren, können die Virulenz beeinflussen, und zweite einzelne Stämme, die zwischen Wirten übertragen werden, können zu einem möglichen Austausch zwischen diesen beiden Ebenen führen. Eine Auswahl, die auf die Virulenz des Parasiten einwirkt, ist komplizierter, wenn ein Wirt gleichzeitig mehrere verschiedene Stämme oder Genotypen eines Parasiten beherbergen kann. In der es eine Dominanzhierarchie gibt, so dass nur der virulenteste Stamm in einem Wirt übertragen wird (MAY und NOWAK, 1995).

ÖKOLOGISCHE INTERAKTIONEN

Wie bereits erwähnt, halten Lebewesen untereinander verschiedene Arten von ökologischen Wechselwirkungen, wenn es eine langfristige Verringerung einer Art von Insekten gibt, kann Folgen für andere interagierende Arten haben (PRAKASH; VERMA *et al.*, 2011). Diese Folgen können leicht beobachtet werden, wenn eine Art entfernt oder ausgeschnitten wird, was eine indirekte Auswirkung auf das Ökosystem erzeugt. Es ist notwendig, sie zu identifizieren, vor

jeder spezifischen Freisetzung von transgenen Insekten, mehr dafür ist notwendig, solide ökologische Informationen über die Gemeinschaft Wechselwirkungen und Ökosystemfunktionen der lokalen Arten. Das große Problem ist, dass diese Informationen selten existieren, aber nicht als das Fehlen möglicher indirekter Auswirkungen interpretiert werden sollten (DAVID; KASER *et al.*, 2013).

Wir können als Beispiel eine Studie von Crawford, die zeigt, dass Amphibienpopulationen weltweit erleben einen beispiellosen Rückgang, dieser Rückgang wurde auf einen Pilzpathogen, *Batrachochytrium dendrobatidis* (CRAWFORD; LIPS und BERMINGHAM, 2010). Dieser jüngste Rückgang der Amphibien zeigt uns ein Beispiel dafür, wie sich die Verringerung der Artenpopulation auf Ökosystemprozesse auswirken kann (DAVID; KASER *et al.*, 2013). Wenige Studien haben bisher die Rolle von Kaulquappen und ihre Bedeutung bei der Aufrechterhaltung der Sedimentbioturbation im Wasser bewertet, ihre Entfernung aus aquatischen Systemen verringert die Sedimentresuspension, die zu einer erhöhten Biomasse und Diatomöresskrankheiten führt, was zu einer verringerten Verfügbarkeit von Algen führt, die von anderen Arten als Nahrung verwendet werden, was den Überfluss und die Vielfalt der Basalressourcen beeinflusst und durch die Dynamik des Lebensmittelnetzes anderer Primärverbraucher beeinflusst wird (RANLVESTE; LIPS *et al.*, 2004).

In ökologischen Systemen interagieren alle Lebewesen mit anderen Organismen und ihrer Umwelt (PRAKASH; VERMA *et al.*, 2011). Dies ist einer der Gründe, die das biologische System so schwierig zu untersuchen machen, sind diese Möglichkeiten der verschiedenen Interaktionen mit Organismen und mit der Umwelt, die es so komplex macht (JUNIOR, 2013). Wir müssen berücksichtigen, dass das ökologische System durch Hysterese beeinflusst werden kann, die die Unfähigkeit eines Systems ist, aus einem alternativen Zustand in seinen ursprünglichen Zustand zurückzukehren (BEISNER; HAYDON und CUDDINGTON, 2003). Hysterese kann es schwierig machen, einheimische Vegetation in einem eingedrungenen Lebensraum wiederherzustellen, wie die Entfernung von invasiven Pflanzen kann die Anzahl der exotischen Pflanzen erhöhen, anstatt die Anzahl der einheimischen Pflanzen in einem Lebensraum zu erhöhen. Dasselbe kann mit der Freisetzung von GMS-Insekten geschehen, die eine unerwünschte stationäre Phase induzieren können, die eine Umkehr unmöglich macht (DAVID; KASER *et al.*, 2013).

“Für David können die evolutionären Effekte der transienten Phase in der stationären Phase

fortbestehen, und es können auch mehrere neue Effekte auftreten" (DAVID; KASER et al., 2013). Laut Tsetsarkin wurde der Austausch von Vektoren bereits bei Mücken beobachtet, das Chikungunya-Virus hat adaptive Mutationen durchlaufen, um auf den Vektor *Aedes albopictus* anderer Arten von *Aedes* umzusteigen (TSETSARKIN und WEAVER, 2011). Einige Faktoren können die Fähigkeit des Vektors beeinflussen: da die Nutzungsdauer des Vektors, die Häufigkeit des Kontakts zwischen Mücken und Wirten und die allgemeine Anfälligkeit oder Widerstandsfähigkeit des Vektors für die Mücke, diese Faktoren können sich in anderen Vektoren entwickeln, die Abnahme der Lebensräume, kann die Entstehung neuer Arten begünstigen, um die Räume aufgrund der kompetitiven Freisetzung zu besiedeln (COHUET; HARRIS et al., 2010). Der Rückgang der Population kann die Raubtierpopulation beeinflussen (DAVID; KASER et al., 2013), Stechmücken stellen in der Regel einen bedeutenden Teil der Ernährung von verschiedenen Fledermäusen, Spinnen und generalistischen Fischen, Verringerung der Mücken könnte die Population dieser Raubtiere reduzieren (REISKIND und WUND, 2009). "Dies kann zu kaskadierenden Auswirkungen der Gemeinschaft, Störungen der Lebensmittelnetze und potenziellen Verlust der Vielfalt in der betroffenen Gemeinschaft führen" (DAVID; KASER et al., 2013).

DISKUSSION

Wissenschaft und Technologie sind in allen Bereichen des zeitgenössischen Lebens präsent und fördern tiefgreifende soziale, kulturelle und wirtschaftliche Transformationen (BRAGA und VALLE, 2007) (ROMERO-VIVAS; WHEELER und FALCONA, 2002). In diesem Szenario hat die Biologie eine herausragende Stellung im Bereich der Wissenschaft, vor allem in den Bereichen Molekularbiologie und Genetik mit transgenen Organismen. Aus diesem Grund ist es von großer Bedeutung, dass die Menschen dazu aufgerufen werden, über die ethischen, moralischen und sozialen Vorteile, Risiken und Implikationen, die sich aus den durch die Forschung erzeugten Biotechnologien ergeben, nachzudenken und eine Meinung zu äußern. Eines der größten Probleme ist jedoch, dass die Informationen, die die Menschen erhalten, es ihnen nicht erlauben, wissenschaftliche Erkenntnisse zu nutzen, um sie zu verstehen, zu hinterfragen und als Denkinstrument zu nutzen, es ist möglich, zu überprüfen, ob es oft intuitive Konzepte gibt, die stark von den Medien beeinflusst werden, in der Regel ohne wissenschaftliche Erkenntnisse (ORTEGA; CAPRONI und ROZZATTI, 2011) (PEDRANCINI; CORAZZA-NUNES et al., 2007).

Für Gut oder Böse ist “die Flugbahn klar”, die Einführung eines Gens, das die Fruchtbarkeit von Mücken reduziert oder ihre Fähigkeit, einen Krankheitserreger zu übertragen, kontrolliert werden kann? Das ist eine Frage, die beantwortet werden muss. Wenn etwas schief geht, wer übernimmt dann die Verantwortung? Wie kann der Schaden behoben werden? Wer sollte befugt sein, diese Technologie in die Natur einzuführen? Wir sprechen über die Beseitigung einer Art oder die Änderung ihres Verhaltens.

In der Zeitschrift Science wurde im April 2015 von Valentino Gantz und Ethan Bier von der University of California in San Diego alarmiert. In einer ihrer Untersuchungen modifizierten die Wissenschaftler ein Gen namens yellow von einem Männchen von *Drosophila melanogaster* und kreuzten ein ausgenommenes modifiziertes Männchen mit einem wilden Weibchen. Die Mutation, die aufgrund dieses Gens auftrat, veränderte die Farbe der Fliegen, die heller wurden. Da das Allel rezessiv war, sollten die aus dieser Kreuzung erzeugten Weibchen wild sein, aber das Allel des Männchens veränderte das Allel des Weibchens, und alle Nachkommen zeigten eine gelbe Farbe, wodurch jegliche Variation des Insekts beseitigt wurde oder vielmehr alle gleich blieben. Wenn diese Individuen in die Umwelt freigesetzt würden, hätten alle Wildinsekten der Art *Drosophila melanogaster* nun dieses Allel. Das Problem ist, dass nicht bekannt ist, ob diese Änderung in einer der Regionen des Genoms stattgefunden hat oder in eine unerwünschte Region des Genoms eingefügt wurde (GANTZ und BIER, 2015).

Für Stewart haben genetisch verbesserte Mikroorganismen die Fähigkeit, sich zu vermehren und sich als persistente Population zu etablieren, die subtile und langfristige Auswirkungen auf biologische Gemeinschaften und natürliche Ökosysteme haben kann (STEWART JR; RICHARDS und HALFHILL, 2000). DNA-Modifikationen dürfen nicht nur auf die Eigenschaften des ersetzten Gens beschränkt sein. Es ist wichtig, dass sichergestellt ist, dass diese gentechnisch veränderten Mücken, wenn sie in die Wildnis freigesetzt werden, weder der Umwelt noch der menschlichen Gesundheit schaden (ANDERSSON; BARTSCH *et al.*, 2006). Wir können einige Umweltrisiken hervorheben, die durch den Einsatz von Moskito-GMs im Feld auftreten können, da es von großer Bedeutung ist, hervorzuheben, dass jedes Gen mehrere verschiedene Eigenschaften in einem einzigen Organismus kontrollieren kann.

Genetische Kontamination kann als Realität angesehen werden, wenn wir gentechnisch veränderte Mücken in einen Lebensraum einführen, können diese Mücken mit wilden oder

sexuell verträglichen Verwandten kreuzen. Diese neuen Eigenschaften können verschwinden oder dem Empfänger einen selektiven Vorteil verschaffen, was die Beziehung und das ökologische Verhalten einheimischer Arten verändert.

Die Auswirkungen des Ökosystems oder die Auswirkungen von Veränderungen auf eine einzelne Art können weit über das Ökosystem hinausgehen. Einzigartige Auswirkungen sind immer mit dem Risiko von Schäden und Zerstörung des Ökosystems verbunden.

Der Mangel an Mitteln macht es unmöglich, diese Mücken GMs in die Umwelt eingeführt zu überwachen, mit dem Auftreten einiger Probleme, wird es praktisch unmöglich sein, sie zu beseitigen.

Die horizontale Übertragung rekombinanter Gene auf andere Mikroorganismen ist ein besorgniserregendes Risiko im Zusammenhang mit Stechmücken GMs, der Erwerb fremder Gene durch Organismen ist eine von mehreren Umweltsituationen. Dies kann insbesondere als Reaktion auf die Veränderung einer Umgebung auftreten, indem sie andere Organismen, insbesondere Prokaryots, zur Verfügung stellt, die einen erheblichen Teil ihrer genetischen Vielfalt durch den Erwerb von Gensequenzen verschiedener Organismen erlangten (OCHMAN; LAWRENCE und GROISMAN , 2000) (MARTIN, 1999) kann dies einem anderen Organismus ein neues Merkmal verleihen, das eine Quelle potenzieller Gesundheits- oder Umweltschäden sein kann (BENNETT; LIVESEY *et al.*, 2004). Es wäre ein großer Fehler anzunehmen, dass sich rekombinante Gene in einem Organismus nicht auf andere Organismen ausbreiten.

Die langfristigen Auswirkungen der horizontalen Übertragung von rekombinanten Genen können relativ stark sein, dies kann Tausende von Generationen dauern, bis ein empfangender Organismus die dominante Form in einer Population wird. Darüber hinaus können andere Faktoren helfen. Da der geeignete Zeitpunkt biotischer oder abiotischer Umweltbedingungen und zusätzliche Veränderungen des aufnehmenden Organismus nachteilige Auswirkungen verzögern können (NIELSEN und TOWNSEND , 2004). In den letzten Jahren sind mehrere wissenschaftliche Erkenntnisse über genetisch veränderte Organismen aufgetaucht, die zeigen, dass es mehrere eindeutige Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt gibt. Wenn Gentechniker einen transgenen Organismus erzeugen, haben sie keine Möglichkeit, den spezifischen Ort zu bestimmen, der das Gen einfügt. Das Gen landet an einer zufälligen Stelle im genetischen Material, und seine Position

ist in der Regel nicht identifiziert (CRAIG; TEPFER *et al.*, 2009) (LABRA; SAVINI *et al.*, 2001).

FAZIT

Forscher haben genetische Veränderungstechniken mit einer unglaublichen Geschwindigkeit entwickelt und damit die Erzielung von Genen ermöglicht, die bestimmte Eigenschaften eines Organismus kontrollieren können. Durch die Entschärfung dieser Gene von der ursprünglichen Quelle und ihre direkte Übertragung auf die Zellen eines Tieres, einer Pflanze, Bakterien oder eines Virus, was eine spannende Möglichkeit zur Weiterentwicklung im globalen Schädlings- und Krankheitsmanagement bietet, kann die Einführung dieser genetisch veränderten Wesen in die Umwelt jedoch ökologische und ökologische Folgen haben. Es ist von großer Bedeutung, die möglichen damit verbundenen Risiken genau zu bewerten und Mittel und Strukturen bereitzustellen, um mögliche ökologische Auswirkungen auf die Entwicklung von Resistenzen, Immunität und vorübergehenden Veränderungen in den Wechselwirkungen genetisch veränderter Insektenarten zu identifizieren. Die Verwendung genetisch veränderter Organismen ist von großer Bedeutung, um den wachsenden Anforderungen auf unserem Planeten gerecht zu werden, wir leben in einer Zeit der Angst, in der wir Probleme lösen wollen, einerseits werden wir durch Gefahren für die Gesundheit und die menschliche Umwelt getrübt, andererseits sehen wir neue Alternativen, um die Art und Weise zu ändern, wie die Dinge sind, also brauchen wir lebenswichtige Überwachungs- und Nachweismethoden, um die Risiken der Verwendung genetisch veränderter Organismen zu bewerten und zu managen. Die Ausbreitung dieser transgenen Stechmücken, deren Auswirkungen, insbesondere auf die Bestandteile der biologischen Vielfalt, schwer abschätzbar und noch schlimmer sind, kann irreversibel sein, was zu einer Exposition von Arten gegenüber neuen Krankheitserregern oder toxischen Stoffen, zur Eliminierung nicht domestizierter Arten, zur Erzeugung von Superschädlingen oder unter anderem zur genetischen Verschmutzung führen kann. Angesichts der Tatsache, dass diese Veränderungen oder Veränderungen von Lebewesen in Laboratorien neue Techniken sind und dass es bisher unmöglich ist, zu wissen, was die langfristigen Folgen sein werden. Und angesichts der Herausforderung, neue Alternativen zur Bekämpfung eines Krankheitserregers zu finden, haben Wissenschaftler eines vergessen, das Leben wird immer einen Weg finden, sich anzupassen.

BIBLIOGRAPHISCHE HINWEISE

ADELMAN, Z. N. et al. RNA Silencing of Dengue Virus Type 2 Replication in Transformed C6/36 Mosquito Cells Transcribing an Inverted-Repeat RNA Derived from the Virus Genome. JOURNAL OF VIROLOGY, Dec. 2002, p. 12925-12933, v. 76, n. 24, p. 12925-12933, Dec. 2002.

ALPHEY, L. Re-engineering the sterile insect technique. Insect Biochem Mol Biol. 2002 Oct;32(10):1243-7., v. 32, n. 10, p. 1243-1247, Oct. 2002.

ALPHEY, L. et al. Sterile-Insect Methods for Control of Mosquito-Borne Diseases: An Analysis. Vector Borne Zoonotic Dis., v. 10, n. 3, p. 295-311, Apr. 2010.

ANDERSON, S. H. et al. Cascading Effects of Bird Functional Extinction Reduce Pollination and Plant Density. Science, v. 331, p. 1068-1071, 2011.

ANDERSSON, C. et al. Guidance document of the scientific panel on genetically modified organisms for the risk assessment of genetically modified microorganisms and their derived products intended for food and feed use. Efsa Journal, v. 374, p. 1-115, 2006.

ANDRADE, P. P. D. et al. Use of transgenic Aedes aegypti in Brazil: risk perception and assessment. Bulletin of the World Health Organization; Type: Policy & practice , p. 1-13, 31 August 2016.

ARAÚJO, H. R. C. et al. Aedes aegypti Control Strategies in Brazil: Incorporation of New Technologies to Overcome the Persistence of Dengue Epidemics. Insects., v. 6, n. 2, p. 576-594, Jun 2015.

BARBIERI, J. C. DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE: AS ESTRATÉGIAS DE MUDANÇAS DA AGENDA 21. RAE – Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 74-76, Abr./Jun. 1998.

BEISNER, B. E.; HAYDON, D. T.; CUDDINGTON, L. Alternative stable states in ecology. Front Ecol Environ , v. 1, n. 7, p. 376-382, 2003.

BENNETT, P. M. et al. An assessment of the risks associated with the use of antibiotic resistance genes in genetically modified plants: report of the Working Party of the British Society for Antimicrobial Chemotherapy. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, v. 53, n. 3, p. 418-431, March 2004.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 16, n. 2, p. 113-118, 2007.

CARROLL, S. P. et al. And the beak shall inherit – evolution in response to invasion. *Evolution in response to invasion. Ecology Letters*, v. 8, n. 9, p. 944-951, 2005.

COHUET, et al. Evolutionary forces on Anopheles: what makes a malaria vector? *Trends Parasitology*, v. 26, n. 3, p. 130-136, 01 MARCH 2010.

COLLINS, F. H.; JAMES, A. A. Modificação genética de mosquitos. *Ciência e Medicina : Volume 3 Número 6 : Página 52 (dezembro de 1996)*, v. 3, n. 6, p. 52, Dezembro 1996.

CRAIG, et al. An overview of general features of risk assessments of genetically modified crops. *Euphytica*, v. 164, p. 853-880, 2009.

CRAWFORD, A. J.; LIPS, K. R.; BERMINGHAM,. Epidemic disease decimates amphibian abundance, species diversity, and evolutionary history in the highlands of central Panama. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, v. 107, n. 31, p. 13777-13782, 3 August 2010.

DAVID, A. S. et al. Liberação de insetos geneticamente modificados: uma estrutura para identificar potenciais efeitos ecológicos. *Ecology and Evolution*, v. 3, n. 11, p. 4000-4015., out 2013.

DONOVAN, M. J. Genetically Modified Insects: Why Do We Need Them and How. *Journal of Environmental and Sustainability Law Will They Be Regulated?*, v. 17, n. 1, p. 62-107, 2009.

FACON, B. et al. Can things get worse when an invasive species hybridizes? The harlequin ladybird *Harmonia axyridis* in France as a case study. *Evolutionary Applications*, v. 4, p. 71-88, 2011.

FARIAS,. Uma perspectiva constitucional do conceito de meio ambiente. Consultor Jurídico, 7 outubro 2017. Disponível em: <<https://www.conjur.com.br/2017-out-07/ambiente-juridico-perspectiva-constitucional-conceito-meio-ambiente>>. Acesso em: 11 Fevereiro 2020.

GANTZ, V. M.; BIER, E. The mutagenic chain reaction: A method for converting heterozygous to homozygous mutations. SCIENCE, v. 348, n. 6233, p. 442-444, 24 APRIL 2015.

GOULD , F.; SCHLIEKELMAN,. Population Genetics of Autocidal Control and Strain Replacement. Annu Rev Entomol, v. 49, p. 193-217, 2004.

HOY, J. B. EXPERIMENTAL MASS-REARING OF THE MOSQUITOFISH, GAMBUSIA AFFINIS. J. Av. Mosq. CoNtrol Assoc, v. 1, n. 3, p. 295-298, September 1985.

JUNIOR , R. D. D. S. A Sustentabilidade Como Híbrido: Um Diálogo Entre Ecologia, Sociologia e Antropologia. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 1-18. 2013.

KENIS, et al. Ecological effects of invasive alien insects. Biol. Invasions , v. 11, p. 21-45, 2009.

KWEKA, E. J.; KIMARO, E. E.; MUNGA,. Effect of Deforestation and Land Use Changes on Mosquito Productivity and Development in Western Kenya Highlands: Implication for Malaria Risk. Frontiers in Public Health, v. 4, p. 1-9, 26 October 2016.

LABRA, M. et al. Genomic changes in transgenic rice (*Oryza sativa* L.) plants produced by infecting calli with *Agrobacterium tumefaciens*. Plant Cell Reports , v. 20, n. 4, p. 325-330, 2001.

LOURENÇO, A. F.; RODRIGUES, F. M. Doenças Transmitidas pelo *Aedes Aegypti* (Linnaeus, 1762) no Brasil nos Últimos Dez Anos. Revistas pucgoias, Goiânia, v. 44, p. 72-77, novembro 2017.

MARTIN, W. Mosaic bacterial chromosomes: a challenge en route to a tree of genomes. BioEssays, v. 21, n. 2, p. 99-104, 1999.

MAY , R. M.; NOWAK, M. A. Coinfection and the Evolution of Parasite Virulence. Proc Biol Sci,

v. 261, p. 209-215, 1995.

MERCER, K. L.; WAINWRIGHT, J. D. Gene flow from transgenic maize to landraces in Mexico: An analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* , v. 123, p. 109-115, 2008.

MYERS , N.; KNOLL, A. H. The biotic crisis and the future of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 98, n. 10, p. 5389-5392, 8 May 2001.

NEVES, D. P. et al. *Parasitologia Humana*. 11^a. ed. Teresina: Atheneu, 2005. 07-25 p.
Disponível em:
<<https://gpicursos.com/interagin/gestor/uploads/trabalhos-feirahospitalarpiaui/5bbf097e27399cce54fad4d13040ae39.pdf>>. Acesso em: 12 Fevereiro 2020.

NIELSEN, K. M.; TOWNSEND , J. P. Monitoring and modeling horizontal gene transfer. *Nature Biotechnology* , v. 22, n. 9, p. 1101-1114, 2004.

OCHMAN, ; LAWRENCE, J. G.; GROISMAN , E. A. Lateral gene transfer and the nature of bacterial innovation. *Nature*, v. 405, n. 6784, p. 299-304, 2000.

OLIVEIRA, S. D. L.; CARVALHO, D. O.; CAPURRO, M. L. Mosquito transgênico: do paper para a realidade. *Revista da Biologia*, v. 6b, p. 38-43, 2011.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Avaliação das estratégias inovadoras para o controle de *Aedes aegypti*: desafios para a introdução e avaliação do impacto dessas, Washington, 2019. Disponível em:
<http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/51374/9789275720967_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 Fevereiro 2020.

ORTEGA, C. A. ; CAPRONI, W. H.; ROZZATTI,. SOLUÇÃO GENÉTICA CONTRA DENGUE. Unimep, 08 Novembro 2011. Disponível em:
<<http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/9mostra/4/140.pdf>>. Acesso em: 14 Fevereiro 2020.

PEDRANCINI, V. D. et al. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação

do saber científico e biotecnológico. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

POST-PN-360. Genetically Modified Insects. The Parliamentary Office of Science and Technology, 01 June 2010. Disponível em: <<https://researchbriefings.parliament.uk/ResearchBriefing/Summary/POST-PN-360>>. Acesso em: 27 Fevereiro 2010.

PRAKASH, et al. Risks and Precautions of Genetically Modified Organisms. International Scholarly Research Notices, p. 1-14, 2011.

RANVESTEL, A. W. et al. Neotropical tadpoles influence stream benthos: Evidence for the ecological consequences of decline in amphibian populations. Freshwater Biology, v. 49, n. 3, p. 274-285, March 2004.

REISKIND , M. H.; WUND , M. A. Experimental assessment of the impacts of northern long-eared bats on ovipositing Culex (Diptera: Culicidae) mosquitoes. J Med Entomol. , v. 46, n. 5, p. 1037-1044, Sep. 2009.

ROMERO-VIVAS, C. M.; WHEELER , J. G.; FALCONA, A. K. An inexpensive intervention for the control of larval Aedes aegypti assessed by an improved method of surveillance and analysis. J Am Mosq Control Assoc. , v. 18, n. 1, p. 40-46, Mar 2002.

ROYAMA, T. Population Dynamics of the Spruce Budworm Choristoneura Fumiferana. Ecological Monographs, v. 54, n. 4, p. 429-462, February 1984.

SACCARO JUNIOR, N. L.; MATION, L. F.; SAKOWSKI, P. A.. IMPACTO DO DESMATAMENTO SOBRE A INCIDÊNCIA DE DOENÇAS NA AMAZÔNIA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea, p. 01-38, 2015.

SANTOS, D. C. M. D. et al. INTERAÇÃO UNIVERSIDADE-ESCOLA: USO DE JOGOS DIDÁTICOS PARA CONHECER E PREVENIR O Aedes aegypti. Revista Eletrônica Extensão & Sociedade – PROEX/UFRN, v. 8, n. 1, p. 57-68, 2017.

SCHMIDT, R. A. C. A questão ambiental na promoção da saúde: uma oportunidade de ação

multiprofissional sobre doenças emergentes. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 02, p. 373-392, 2007.

SLATKIN, M. Gene Flow in Natural Populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 16, p. 393-430, November 1985.

SNYDER, W. E.; EVANS, E. W. Ecological Effects of Invasive Arthropod Generalist Predators. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, n. 37, p. 95-122, 12 December 2006.

STEWART JR, C. N.; RICHARDS, H. A.; HALFHILL, M. D. Transgenic plants and biosafety: science, misconceptions and public perceptions. *BioTechniques*, v. 29, n. 4, p. 832-843, October 2000.

TAIPE-LAGOS, C. B.; NATAL, . Abundância de culicídeos em área metropolitana preservada e suas implicações epidemiológicas. *Revista de Saúde Pública*, v. 37, n. 3, p. 275-279, 2003.

TERENIUS, et al. Molecular Genetic Manipulation of Vector Mosquitoes. *Cell Host Microbe*. 2008 Nov 13; 4(5): 417-423., v. 4, n. 5, p. 417-423., 13 Nov 2008.

TSETSARKIN, K. A.; WEAVER, S. C. Sequential Adaptive Mutations Enhance Efficient Vector Switching by Chikungunya Virus and Its Epidemic Emergence. *PLoS Pathogens*, v. 7, n. 12, p. 1-15, December 2011.

UJVARI, S. C. A História e Suas Epidemias - A Convivência do Homem com os Microorganismos. São Paulo: Senac, 2003.

VEIGA, C. Desmatamento provoca surto de febre amarela no Brasil. *Diálogo Chino*, 10 Fevereiro 2017. Disponível em: <<https://dialogochino.net/8488-deforestation-sparks-yellow-fever-outbreak-in-brazil/>>. Acesso em: 12 Fevereiro 2020.

WHITTEMORE, A. T.; SCHAAL, B. A. Interspecific gene flow in sympatric oaks. *Proc.Nati.Acad.Sci.USA*, v. 88, p. 2540-2544, March 1991.

WILKE, A. B. et al. Controle de vetores utilizando mosquitos geneticamente modificados. *Rev*

Saúde Pública, v. 43, n. 5, p. 869-874, 2009.

WISE DE VALDEZ, M. R. et al. Genetic elimination of dengue vector mosquitoes. Proc Natl Acad Sci U S A. , v. 108, n. 12, p. 4772-4775, 22 Mar. 2011.

ZARA, A. L. D. S. A. et al. Estratégias de controle do Aedes aegypti: uma revisão. Epidemiol. Serv. Saude, Brasília, v. 25, n. 2, p. 391-404, abr-jun 2016.

^[1] Doktorand in Biomedizinischen Wissenschaften am IUNIR – Italienisches Universitätsinstitut von Rosario – Argentinien. Facharzt für Bucomaxillofacial Surgery and Traumatology von Ciodonto – Integrated Dentistry Clinic. Studium der Zahnmedizin an der ASCES – Caruaruense Association of Higher Education. Studium der Biologie an der UPE – University of Pernambuco.

^[2] Absolvent des Physiotherapiekurses des UNISSAU College.

^[3] Master in natürlichen Ressourcen – UFCG. Studium der Biologie UPE- Universität Pernambuco. Professor bei UNOPAR.

Eingesandt: Mai 2020.

Genehmigt: Oktober 2020.