

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

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

SILVA, Agnaldo Plácido da. PLÁCIDO, Eloá Jessica Mendes dos Santos. MORAES, Walber Breno de Souza. Воздействие трансгенного комара на человека и окружающую среду. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. 05-й год, Эд. 10, Вол. 09, стр. 158-176. Октябрь 2020 года. ISSN: 2448-0959, Ссылка доступа: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/биология/трансгенного-комара>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/ru/68434/

## Contents

- РЕЗЮМЕ
- ВВЕДЕНИЕ
- ПОДАВЛЕНИЕ ПОПУЛЯЦИИ НАСЕКОМЫХ С ДОМИНИРУЮЩИМ СМЕРТЕЛЬНЫМ ГЕНОМ
- СТРАТЕГИИ ЗАМЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ
- ПЕРЕХОДНЫЙ ЭТАП
- ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
- СТАЦИОНАРНАЯ ФАЗА
- ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
- ОБСУЖДЕНИЕ
- ЗАКЛЮЧЕНИЕ
- БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

## РЕЗЮМЕ

Одной из самых больших проблем в настоящее время для общественного здравоохранения в Бразилии и во всем мире являются трансмиссивные болезни, и нынешние меры контроля неэффективны. Комары являются одними из переносчиков различных заболеваний, потому что они гематофагии, женщины требуют крови в период овуляции для размножения и после заражения, комар может содержать

бактерии, простейшие и вирусы, которые выделяются в их слюнных желез, тем самым заражая человека непосредственно в кровоток. *Aedes aegypti* отвечает за заболевания: денге, зика, чикунгунья и желтая лихорадка. Формы борьбы с переносчиками комаров до сих пор неэффективны, и с этим несколько технологий были разработаны в качестве альтернативы в борьбе и борьбе с комарами *Aedes aegypti*. С недавними утверждениями на высвобождение генетически модифицированных насекомых, существует необходимость в более подробных исследованиях для оценки их экологического потенциала и эволюционного воздействия. Эти эффекты могут происходить в два этапа: переходная фаза, когда фокусная популяция изменяется в плотности, и устойчивая фаза состояния, когда она достигает новой и постоянной плотности. С инновациями в борьбе с переносчиками через генетически модифицированных насекомых дать нам новый взгляд в связи с генетическими манипуляциями. Это исследование направлено на оценку потенциальных последствий быстрого изменения плотности комаров *Aedes aegypti*, связанных с биологическим контролем с помощью генетически модифицированных комаров. Поэтому мы задаемся вопросом, может ли биотехнология быть решением проблем общественного здравоохранения в случае комаров *Aedes aegypti* или проблемы? Поскольку трансформация или модификация этих живых существ в лабораториях являются новыми методами, которые до сих пор невозможно знать, каковы будут долгосрочные последствия.

Ключевые слова: Генетический отбор, трансгенные животные, *Aedes aegypti*, комары, борьба с комарами.

## ВВЕДЕНИЕ

Комары были интенсивно изучены с 19-го века, когда они были впервые связаны с переносчиками болезней для мужчин и других позвоночных (WILKE; GOMES *et al.*, 2009). Роды *Culex*, *Anopheles* и *Aedes* являются переносчиками трех групп патогенных микроорганизмов человека: малярии рода *Plasmodium*, филии родов *Wuchereria* и *Brugia* и многочисленных арбовирусов, а также агентов денге и желтой лихорадки (TAIPE-LAGOS и NATAL, 2003).

В национальном законодательстве пункт I статьи 3 Национальной экологической политики (Федеральный закон № 6938/81) определяет окружающую среду как “набор условий, законов, влияний и взаимодействий физического, химического и биологического порядка, который позволяет, укрывает и регулирует жизнь во всех ее формах” (FARIAS, 2017).

Процессы деградации окружающей среды, происходящие в основном в результате антропогенной деятельности, изменяют экологический баланс и создают подходящие среды обитания, чтобы переносчики болезней, такие как комары, могли воспроизводить, развиваться и передавать болезни (KWEKA; KIMARO and MUNGA, 2016). Экологические бедствия, вызванные неупорядоченной эксплуатацией человека природными ресурсами и развитием процесса урбанизации и индустриализации, достигли невообразимых масштабов, подвергая риску здоровье человека (BARBIERI, 1998). Эти серьезные экологические дисбалансы, которые достигли глобального масштаба, подчеркивая ситуацию разрушения природы, эти ситуации экологических преобразований – это то, что больше всего способствует появлению новых болезней (SCHMIDT, 2007) (KWEKA; KIMARO и MUNGA, 2016). В интервью, данном в Diálogo Chino Ulysses Confalonieri, исследователь из Фонда Oswaldo Cruz заявил, что «вырубка лесов всегда была одной из основных причин тропических болезней в Бразилии» (VEIGA, 2017). Исследования показали, что изменения окружающей среды и экологические нарушения, будь то естественные или антропогенные, могут оказывать заметное влияние на возникновение и распространение определенных заболеваний (SACCARO JUNIOR; MATION и SAKOWSKI, 2015). Уже было предложено несколько механизмов для объяснения того, каким образом нарушение экологического баланса способствовало росту заболеваний, вызываемых комарами (SACCARO JUNIOR; MATION и SAKOWSKI, 2015).

Национальная и международная научная литература показывает, что вирусы и бактерии в природе ждут идеального момента для достижения людей. Разрывы создаются человеком на протяжении десятилетий изменения и разрушения окружающей среды, учитывая пространство времени между развитием примитивного человеческого общества и по сей день, и то, каким образом природные ресурсы были использованы человеком, повлияло в контексте того, что происходит сегодня, так как леса уходят в сельское хозяйство и городские центры различных размеров (UJVARI ,

2003).

С изменением окружающей среды некоторые живые существа, которые имели в качестве среды обитания леса, начали жить в городах с человеком, среди этих существ мы можем найти комаров, насекомых, которые можно найти почти во всех частях мира, будучи, однако, переносчик малярии, желтой лихорадки, денге, чикунгунья, Зика и других серьезных заболеваний. Для этого комару нужны некоторые факторы, такие как проблемы в инфраструктуре городов, отсутствие элементарных санитарных условий, которые способствуют распространению и распространению комаров (NEVES; MELO *et al.*, 2005).

Эти патологии имеют в общем комаров *Aedes aegypti*, который является передатчиком заболеваний, известных как арбовирусы и который представляет собой важную эпидемиологическую известность (SANTOS; SILVA и др., 2017) (LOURENÇO и RODRIGUES, 2017). *Aedes aegypti* может быть определена его устойчивостью и способностью адаптироваться к различным средам, это комар из Африки, из семьи Culicidae, в настоящее время распространяется почти на всех территориях мира, *Aedes aegypti*, по мнению Европейского агентства по профилактике и контролю заболеваний, чтобы быть одним из самых облученных видов комаров на планете (BRAGA и VALLE, 2007).

В прошлом столетии, в 1950-х и 60-х годах, в ряде стран было создано несколько программ борьбы с переносчиками, использующих химические стратегии без ограничений использования, такие как DDT. И сегодня эти меры по борьбе с комарами *Aedes aegypti* были менее эффективными, чем при использовании в 1950-х годах (WILKE; GOMES и др., 2009). В настоящее время разработано несколько стратегий борьбы с популяцией комаров *Aedes aegypti*, таких как картирование рисков, природные соединения, *Wolbachia*, инсектициды, рассеивающие комаров, стерильная техника насекомых, трансгенные комары и другие (ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, 2019) (ZARA; SANTOS *et al.*, 2016). В борьбе с комарами *Aedes aegypti* могут быть использованы некоторые типы основных механизмов контроля: механические, химические и биологические (HOY, 1985) (ZARA; SANTOS *et al.*, 2016).

Генетические стратегии, разработанные для борьбы с переносчиками, можно разделить на два этапа. На первом этапе предлагается сократить или даже

ликвидировать виды комаров путем развития смертоносных генов, или способных сделать насекомых стерильными, в этой технике насекомые не требуют радиационной стерилизации (POST-PN-360, 2010) (DONOVAN, 2009). На втором этапе предполагается преобразование или замена популяции путем введения гена-эффектора для уменьшения или блокирования передачи болезни в популяции диких насекомых (ARAÚJO; CARVALHO *et al.*, 2015), (ANDRADE; ARAGÃO *et al.*, 2016).

Oxford Insect Technology (Oxitec Ltd. Oxford, England), компания, которая фокусируется на разработке технологии борьбы с комарами с использованием трансгенных штаммов, разработала линию *Aedes aegypti* для контроля населения. В настоящее время линия OX513A была первой, которая показала лучшие результаты в лаборатории, и получила техническое одобрение от Национальной технической комиссии по биобезопасности (CTNBio) для коммерческого выпуска в Бразилии (ZARA; SANTOS *et al.*, 2016) (POST-PN-360, 2010).

#### ПОДАВЛЕНИЕ ПОПУЛЯЦИИ НАСЕКОМЫХ С ДОМИНИРУЮЩИМ СМЕРТЕЛЬНЫМ ГЕНОМ

Это метод, известный как система RIDL, предложенная Thomas, который состоит из механизма, в котором доминирующий смертельный ген связан с конкретным промоутером женщин, таких как промоутер теленка (WILKE; GOMES *et al.*, 2009) (ALPHEY; BENEDICT *et al.*, 2010).

В этом методе, доминирующий смертельный ген, который был введен в комаров могут быть отключены в присутствии тетрациклина. Во время отделения самцов и самок комаров тетрациклин удаляется из системы, вызывая смерть всех самок (OLIVEIRA; CARVALHO и CAPURRO, 2011). Система блокируется, когда тетрациклин существует внутри комара, потому что tTA имеет больше сродства к тетрациклину, чем tetO (ALPHEY, 2002). Таким образом, все избавленные однородные самцы, выпущенные в окружающую среду, будут совокупляться с дикими самками и все потомство будет нести трансген, при отсутствии тетрациклина в их рационе эти комары умрут от токсичности, вызванной высоким уровнем tTA в клетках (OLIVEIRA; CARVALHO и CAPURRO, 2011) (WILKE; GOMES *et al.*, 2009).

## СТРАТЕГИИ ЗАМЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Эти стратегии включают постоянную замену дикой популяции насекомых GM сортами, которые были изменены, с тем чтобы сделать их менее способными к передаче заболеваний (TERENIUS; MARINOTTI *et al.*, 2008). “Эта настройка основана на гипотезе о том, что увеличение частоты в популяции переносчиков гена, который мешает патогену, приведет к сокращению или ликвидации передачи этого патогена” (COLLINS и JAMES, 1996).

Этот подход заключается в создании трансгенного насекомого, способного убивать или предотвращать репликацию или распространение конкретного патогена, то есть способного умереть после инфицирования микроорганизмом (TERENIUS; MARINOTTI *et al.*, 2008).

Это произойдет во время преобразования клеток комара с микроорганизмом, который транскрибируется перевернутой повторной RNA (RNAir), полученных из генома. В качестве примера можно привести вирус денге типа 2, этот вирус способен генерировать двухстуберную RNA, которая, в свою очередь, активирует интерференционный RNA -путь (RNAi), который способен ингибировать вирусный цикл, предотвращая репликацию вируса у комаров (ADELMAN; SANCHEZ-VARGAS *et al.*, 2002).

Во всех случаях создания GMs -комаров для высвобождения в окружающую среду необходимо использовать технологии секса, где могут быть освобождены только самцы, поскольку они не питаются кровью, например самки, снижая риск укусов и передачи заболеваний (WISE DE VALDEZ; NIMMO *et al.*, 2011).

По мнению Дэвида, выпуск GMs-насекомых следует рассматривать как экологическое нарушение, отрицательные последствия которого могут проявляться в двух фазах: в первой есть переходная фаза, во время которой популяция насекомых, включая выпущенных GMs-насекомых, быстро изменяется по плотности, во второй – фаза устойчивого состояния, во время которой популяция стабилизируется при постоянной плотности (DAVID; KASER *et al.*, 2013).

## ПЕРЕХОДНЫЙ ЭТАП

На этом этапе мы можем оценить эволюционные эффекты, возникающие в результате временных изменений в потоке генов. Этот поток генов – это все механизмы, возникающие в результате обмена информацией и перемещения генов от одной популяции к другой, которые могут происходить в гаметам или сегментах внеклеточной ДНК между популяциями одного и того же вида, однако известны некоторые случаи обмена межвидовой генетикой (WHITTEMORE, SCHAAL, 1991) (SLATKIN, 1985). Если полезный ген может действовать положительно, легко распространяясь в растущей популяции, когда это происходит в течение длительного периода, может образоваться новый вид из-за снижения влияния генетического дрейфа, некоторые из этих изменений также могут перейти к фазе устойчивого состояния (GOULD и SCHLIEKELMAN, 2004). Хотя поток генов между популяциями и подвидами может быть желательным в случае выпуска трансгенных насекомых, несущих доминантный летальный ген (RIDL), необходимо принимать во внимание важность эффектов потока генов, которые могут быть катастрофическими (GOULD и SCHLIEKELMAN, 2004).

“Для Пракаша введение гена в различные клетки может привести к различным результатам, и общая картина экспрессии генов может быть изменена путем введения одного гена” (PRAKASH; BERMA *et al.*, 2011).

Необходимо также принимать во внимание последствия гибридизации, смесь может иметь несколько эффектов, начиная от снижения пригодности к гетерозу (FACON; CRESPIAN *et al.*, 2011).

По словам Дэвида, смесь наблюдалась в нескольких видах насекомых, таких как *Apis mellifera carnica* и *Apis mellifera* лингвист гибридизированы с коренными популяциями *Apis mellifera* в северо-западной Европе и введение африканского *Drosophila* меланогастер в американских популяциях. (DAVID; KASER *et al.*, 2013)

Гибридизация может означать новые генетические преимущества для смешанной особи (FACON; CRESPIAN *et al.*, 2011). В литературе можно найти несколько примеров

внутривидового генетического потока между трансгенными организмами, в основном в отношении трансгенных культур. Хотя некоторые исследователи утверждают, что существует разница между генетически модифицированными культурами и насекомыми-вредителями в их физиологии и назначении, следует иметь в виду, что трансгенные культуры могут предложить нам много ценной информации о различных типах эффектов, возможных между трансгенными организмами. . Многочисленные исследования показали, что внутривидовой поток манипулируемого гена может происходить между GMs и не GMs разновидностями различных культур. В качестве примера можно привести Мексику, где трансгены сортов кукурузы Bt были обнаружены на плантации кукурузы (MERCER and WAINWRIGHT, 2008). Временный межвидовой поток генов может происходить в результате спаривания, гибридизации и интрогрессии между GMs и не GMs организмами. Если такая гибридизация происходит в естественной системе, она может иметь множество экологических последствий, которые могут привести к сильным негативным последствиям для местных видов (KENIS; AUGER-ROZENBERG et al., 2009).

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Биология каждый день показывает нам различные типы экологических взаимодействий между живыми существами, которые можно считать гармоничными или дисгармоничными. Трансгенный организм может выполнять одну из многих экологических функций в качестве потребителя, конкурента или переносчика заболевания. Этот тип изменений может произойти во время переходной фазы и может привести к нескольким экологическим последствиям. Если на изменение плотности популяции насекомого влияет высвобождение GMs-насекомых, это может привести к увеличению популяции хищников из-за доступности добычи (ROYAMA, 1984), даже если высвобождение GMs-насекомых не обязательно вызывает изменения. в биомассе увеличение популяции насекомого может иметь непредвиденные последствия: если большое количество агентов будет выпущено в дополнение к естественной популяции, это может увеличить популяцию его хищников (SNYDER и EVANS, 2006).



## СТАЦИОНАРНАЯ ФАЗА

Если учесть, что высвобождение GMs насекомых было успешным, местная популяция насекомых должна иметь новую устойчивую плотность состояния после переходных изменений плотности. При этом состоянии можно выявить эволюционные и экологические последствия, возникшие на этом этапе (DAVID; KASER *et al.*, 2013).

Для Myers эволюция не предсказуема, несмотря на нашу неспособность предсказать продукты эволюции, мы можем предсказать значительные оценки эволюционных процессов, поскольку они будут затронуты истощением биологического разнообразия (MYERS и KNOLL, 2001).

“Для David как сообщества приспосабливается к измененной плотности фокусной популяции, изменения в частоте некоторых видов взаимодействий может привести к новым давлениям отбора в короткие сроки” (DAVID; KASER *et al.*, 2013).

Несколько случаев быстрой эволюции уже были задокументированы после видовых вторжений, у нас есть в качестве примера в Австралии клоп *Leptocoris tagalicus*, который развивался развивающихся устных частей от 5 до 10% дольше, в период от 30 до 40 лет, что позволяет ему питаться семенами инвазивных лозы *Cardiospermum grandiflorum* (CARROLL; LOYE *et al.*, 2005), следует учитывать, что быстрая эволюция может произойти у вида насекомых, выпущенных для подавления местных видов, эти вымирания могут иметь большие эволюционные последствия (ANDERSON; KELLY *et al.*, 2011).

GMs могут влиять на эволюцию вирулентности и передачу векторизованного патогена, во-первых, когда штаммы, конкурирующие внутри хозяина, могут влиять на вирулентность, а во-вторых, как отдельные штаммы, передаваемые между потенциальными хозяевами, могут привести к отбору, который воздействует на вирулентность паразита. сложнее, когда хозяин может одновременно содержать несколько разных штаммов или генотипов паразита. При которой существует иерархия доминирования, так что передается только самый вирулентный штамм хозяина (MAY и NOWAK, 1995).

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Как указывалось ранее, живые существа держат между собой различные виды экологических взаимодействий, когда происходит долгосрочное сокращение вида насекомых, может иметь последствия для других взаимодействующих видов (PRAKASH; VERMA *et al.*, 2011). Эти последствия можно легко наблюдать, когда вид удаляется или вынужден, создавая косвенное воздействие на экосистему. Необходимо определить их, прежде чем какой-либо конкретный выброс трансгенных насекомых, больше для этого необходима твердая экологическая информация о взаимодействии сообщества и экосистемных функциях местных видов. Большая проблема заключается в том, что эта информация редко существует, но не следует интерпретировать как отсутствие возможных косвенных последствий (DAVID; KASER *et al.*, 2013).

Мы можем привести в качестве примера исследование Crawford, которое показывает, что популяции земноводных во всем мире переживают беспрецедентное снижение, это снижение было связано с грибковым патогеном, *Batrachochytrium dendrobatidis* (CRAWFORD; LIPS и BERMINGHAM, 2010). Это недавнее сокращение числа земноводных показывает нам пример того, как сокращение популяции видов может повлиять на экосистемные процессы (DAVID; KASER *et al.*, 2013). Немногие исследования на сегодняшний день оценили роль головастиков и их важность в поддержании биотурбации отложений в воде, их удаление из водных систем уменьшает повторное поглощение отложений, что приводит к увеличению биомассы и диатомов, создавая снижение доступности водорослей, используемых другими видами в качестве пищи, влияющих на изобилие и разнообразие базальных ресурсов, а также под влиянием динамики пищевой сети других первичных потребителей (RANLVESTE; LIPS *et al.*, 2004).

В экологических системах все живые существа взаимодействуют с другими организмами и окружающей средой (PRAKASH; VERMA *et al.*, 2011). Это одна из причин, которые делают биологическую систему так трудно изучать, эти возможности различных взаимодействий с организмами и с окружающей средой, что делает его настолько сложным (JUNIOR, 2013). Мы должны учитывать, что на экологическую систему может влиять истереза, которая заключается в неспособности системы вернуться в исходное состояние из альтернативного государства (BEISNER; HAYDON и CUDDINGTON, 2003). истеричныйВможет сделать его трудным восстановить местную

растительность в вторглись среды обитания, такие как удаление инвазивных растений может увеличить количество экзотических растений, а не увеличить количество местных растений в среде обитания. То же самое может произойти с выпуском GMs насекомых, которые могут вызвать нежелательное устойчивое состояние фазы делает разворот невозможно (DAVID; KASER *et al.*, 2013).

“Для David эволюционные эффекты переходной фазы могут сохраняться в устойчивой фазе состояния, и может также произойти несколько новых эффектов” (DAVID; KASER *et al.*, 2013). По словам Цецаркина, обмен переносчиками уже наблюдался у комаров, вирус чикунгунья претерпел адаптивные мутации для перехода на переносчик *Aedes albopictus* других видов *Aedes* (TSETSARKIN и WEAVER, 2011). На способность переносчика могут влиять некоторые факторы: поскольку срок службы переносчика, частота контакта между комарами и хозяевами и общая восприимчивость или устойчивость переносчика к комару, эти факторы могут развиваться и в других переносчиках, снижение среды обитания, может способствовать появлению новых видов для колонизации пространств из-за конкурентного высвобождения (CONUET; HARRIS *et al.*, 2010). Сокращение популяции может повлиять на популяцию хищников (DAVID; KASER *et al.*, 2013), комары, как правило, составляют значительную часть рациона различных летучих мышей, пауков и обычных рыб, сокращение комаров может сократить популяцию этих хищников (REISKIND и WUND, 2009). “Это может привести к каскадным последствиям для общин, нарушению работы продовольственных сетей и потенциальной утрате разнообразия в пострадавшем сообществе” (DAVID; KASER *et al.*, 2013).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Наука и техника присутствуют во всех секторах современной жизни, а также способствуют глубоким социальным, культурным и экономическим преобразованиям (BRAGA и VALLE, 2007) (ROMERO-VIVAS; WHEELER и FALCONA, 2002). В этом сценарии биология занимает видное место в области науки, в основном в области молекулярной биологии и генетики с трансгенными организмами. По этой причине очень важно, чтобы люди были призваны размышлять и давать заключение об этических, моральных и социальных выгодах, рисках и последствиях, вытекающих из биотехнологий,

порожденных исследованием. Однако одна из основных проблем заключается в том, что информация, получаемая людьми, не позволяет им присваивать научные знания, с тем чтобы понять, поставить их под сомнение и использовать их в качестве инструмента мышления, можно проверить, что часто существуют интуитивные концепции, сильно под влиянием средств массовой информации, как правило, лишенных научных знаний (ORTEGA; CAPRONI и ROZZATTI, 2011) (PEDRANCINI; CORAZZA-NUNES *et al.*, 2007).

Для добра или зла, “траектория ясна”, введение гена, который снижает плодовитости комаров или их способность передавать патоген можно контролировать? Это вопрос, на который нужно ответить. Если что-то пойдет не так, кто будет брать на себя ответственность? Как можно возместить ущерб? Кто должен иметь право внедрять эту технологию в природу? Мы говорим об устранении вида или изменении его поведения.

В журнале Science в апреле 2015 года предупреждение было опубликовано Valentino Gantz и Ethan Bier из Калифорнийского университета в Сан-Диего. В одном из своих исследований ученые модифицировали ген, названный *yellow*, у самца *Drosophila melanogaster* и скрестили освобожденного модифицированного самца с дикой самкой. Мутация, произошедшая из-за этого гена, изменила цвет мух, который стал светлее. Поскольку аллель был рецессивным, самки, полученные в результате этого скрещивания, должны быть дикими, но аллель самца изменил аллель самки, и все потомство показало желтый цвет, устраняя любые вариации, которые существовали у насекомого, или, скорее, все оставались прежними. Если бы эти особи были выпущены в окружающую среду, все дикие насекомые вида *Drosophila melanogaster* теперь имели бы этот аллель, проблема в том, что неизвестно, произошло ли это изменение в одной из областей генома или было вставлено в нежелательную область генома ( GANTZ и BIER, 2015).

Для Stewart , микроорганизмы, которые были генетически улучшены имеют возможность размножаться и утвердиться в качестве постоянной популяции, которые могут иметь тонкие и долгосрочные последствия для биологических сообществ и природных экосистем (STEWART JR; RICHARDS и HALFHILL, 2000). Модификации ДНК не могут ограничиваться только характеристиками замененного гена. Важно принять определенные меры для обеспечения того, чтобы, когда эти GMs комары

высвобождаются в дикую природу, они не наносят вреда окружающей среде или здоровью человека (ANDERSSON; BARTSCH *et al.*, 2006). Мы можем выделить некоторые экологические риски, которые могут возникнуть в результате использования комаров GMs в этой области, потому что это имеет большое значение, чтобы подчеркнуть, что каждый ген может контролировать несколько различных характеристик в одном организме.

Генетическое загрязнение можно рассматривать как реальность, когда мы вводим гм комаров в среду обитания, эти комары могут пересекать с дикими или сексуально совместимых родственников. Эти новые характеристики могут исчезнуть или предоставить селективное преимущество получателю, изменяя отношения и экологическое поведение местных видов.

Воздействие экосистемы или воздействие изменений на один вид может выходить далеко за пределы экосистемы. Уникальные последствия всегда связаны с риском повреждения и разрушения экосистемы.

Отсутствие средств делает невозможным мониторинг этих комаров GMs введены в окружающую среду, с появлением некоторых проблем, это будет практически невозможно устранить их.

Горизонтальная передача рекомбинантных генов другим микроорганизмам является тревожным риском, связанным с комарами GMs, приобретение иностранных генов организмами является одной из нескольких экологических ситуаций. Это может произойти особенно в ответ на изменение окружающей среды, обеспечивая другие организмы, особенно прокариоты, которые получили значительную часть своего генетического разнообразия за счет приобретения последовательностей генов различных организмов (OCHMAN; LAWRENCE и GROISMAN , 2000) (MARTIN, 1999), это может придать новую характеристику в другом организме, который может быть источником потенциального ущерба для здоровья людей или окружающей среды (BENNETT; LIVESEY *et al.*, 2004). Было бы большой ошибкой предполагать, что рекомбинантные гены в одном организме не распространяются на другие организмы.

Долгосрочные последствия воздействия горизонтальной передачи рекомбинантных

генов могут быть относительно сильными, это может занять тысячи поколений для получения организма, чтобы стать доминирующей формой в популяции. Кроме того, могут помочь и другие факторы. В надлежащее время биотических или абиотических условий окружающей среды и дополнительных изменений в принимающем организме, может задержать неблагоприятные последствия (NIELSEN и TOWNSEND , 2004). В последние годы появилось несколько научных данных о генетически модифицированных организмах, показывающих, что существует несколько явных рисков для здоровья человека и окружающей среды. Когда генетические инженеры создают трансгенный организм, у них нет возможности определить конкретное местоположение, которое будет вставлять ген. Ген попадает в случайное расположение в генетическом материале, и его положение обычно не идентифицируется (CRAIG; TEPFER *et al.*, 2009) (LABRA; SAVINI *et al.*, 2001).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследователи разрабатывают методы генетической модификации с невероятной скоростью и тем самым позволяют найти гены, которые могут контролировать определенные характеристики организма. Путем пренебрежительного использования этих генов из первоисточника и передачи их непосредственно в клетки животного, растения, бактерии или вирусы, предлагая захватывающую возможность для продвижения в глобальной борьбе с вредителями и болезнями, однако, введение этих генетически модифицированных существ в окружающую среду может привести к экологическим и экологическим последствиям. Очень важно тщательно оценить возможные связанные с этим риски, предоставив средства и структуры для выявления возможного экологического воздействия на эволюцию резистентности, иммунитета и переходных изменений во взаимодействии генетически модифицированных видов насекомых. Использование генетически модифицированных организмов имеет большое значение для удовлетворения растущих потребностей, существующих на нашей планете, мы живем в то время тревоги, когда мы хотим решить проблемы, с одной стороны, мы утешаемся угрозами для здоровья и окружающей среды человека, с другой стороны, мы видим новые альтернативы, чтобы изменить то, как обстоят дела, поэтому нам нужны жизненно важные методы мониторинга и обнаружения для оценки и управления рисками использования генетически модифицированных организмов.

Распространение этих трансгенных комаров, воздействие которых, особенно на компоненты биоразнообразия, трудно оценить и хуже, может быть необратимым, вызывая воздействие видов на новые патогенные микроорганизмы или токсичные агенты, ликвидацию неместных видов, генерацию суперпеста или генетическое загрязнение среди других. Учитывая, что эти преобразования или модификации живых существ в лабораториях являются новыми методами и что до сих пор невозможно знать, каковы будут долгосрочные последствия. И столкнувшись с проблемой поиска новых альтернатив для борьбы с патогеном, ученые забыли одно, жизнь всегда найдет способ адаптироваться.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

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,. 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, *GAMBU SI A AFFI NI S. J.* *Av. Mosq. CoNrrrol 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<sup>a</sup>. 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](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.

<sup>[1]</sup> Aspirant в области биомедицинских наук в IUNIR – Итальянский университетский институт Росарио – Аргентина. Специалист по букомаксиллофальной хирургии и травматологии ciodonto – Интегрированная стоматологическая клиника. Окончил стоматологию в ASCES – Каруаруэнсе Ассоциации высшего образования. Окончил биологический факультет UPE – Университет Пернамбуку.

<sup>[2]</sup> Окончил курс физиотерапии колледжа UNISSAU.

<sup>[3]</sup> Магистр природных ресурсов – UFCG. Степень по биологии UPE- Университет Пернамбуку. Профессор УНОПАР.

Отправлено: май 2020 года.

Утверждено: октябрь 2020 года.