



A BRUXA

UMA REVISTA DE BIOLOGIA CULTURAL

www.revistaabruxa.com

ISSN 2594-8245

Volume 6

julho 2022

Número 6



Nabor, A.C.T.R. & Limeira, D.M. Análise dos filmes *HOMEM-ARANHA* (2002) e *O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA* (2012) em relação aos conceitos e à terminologia concernente à biotecnologia 92-107

Da-Silva, E.R. & Coelho, L.B.N. Questões científicas periféricas em *NÃO OLHE PARA CIMA*: do bronteroc aos cientistas de vida comum 108-121



Análise dos filmes *HOMEM-ARANHA* (2002) e *O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA* (2012) em relação aos conceitos e à terminologia concernente à biotecnologia

Ana Cláudia Trece Rolin Nabor* & Daniel Meneguello Limeira

Instituto Federal do Paraná - Campus Londrina, PR, Brasil

*acnnaborpdl@gmail.com

Resumo

Durante o século XX, diversas ficções científicas começaram a abordar a ciência moderna, como as histórias em quadrinhos e suas adaptações no cinema. Sendo assim, este trabalho faz uma análise dos filmes *HOMEM-ARANHA* (2002) e *O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA* (2012) em relação aos conceitos e a terminologia concernente à biotecnologia, abordando a criação dos personagens a partir de bases biotecnológicas, além de conceitos biológicos, técnicas de biologia molecular e relação ficcional existente nos filmes com a realidade acadêmica. A metodologia aplicada foi a de análise de conteúdo, desenvolvida por BARDIN (1977), organizada em três fases: pré-análise, exploração do material e, por fim, tratamento dos resultados, sua inferência e interpretação. Os resultados mostram que diversos termos e técnicas voltados à biotecnologia foram esclarecidos e informações acerca de conceitos biológicos, atualizadas.

Palavras-chave: cinema; histórias em quadrinhos; personagem.

Abstract

Analysis of *THE SPIDER-MAN* (2002) and *THE AMAZING SPIDER-MAN* (2012) movies in relation to the concepts and the terminology concerning biotechnology

In the twentieth century, many of the science fiction stories deal with modern science, such as comics books and its cinema adaptations. Therefore, this work makes an analysis of *THE SPIDER-MAN* (2002) and the *THE AMAZING SPIDER-MAN* (2012) movies, about the concepts and the terminology concerning biotechnology, in order to examine the importance of biotechnology for characters creation, besides to verify the processes of molecular biology and the fictional relationship of the movie with reality. The methodology used was the analysis of content by BARDIN (1977), organized in three phases: pre-analysis, material exploring and in conclusion treatment of the results, inference and interpretation. The results have showed that many terms and techniques turned to biotechnology were explained and the information about the biological concepts updated.

Keywords: character; cinema; comics books.

Introdução

Sendo utilizada desde os povos antigos, a biotecnologia é uma área ampla do conhecimento que visa a obtenção de produtos e processos de interesse social através da manipulação de microrganismos, plantas e animais, estando empregada em variadas disciplinas



científicas do âmbito biológico (BRASIL, 2020). Após a descoberta da dupla-hélice do DNA, em 1953, os avanços biotecnológicos cresceram vertiginosamente, aprimorando os conhecimentos da sociedade acerca da biologia molecular (CARRER *et al.*, 2010) e o desenvolvimento de diversas técnicas e processos.

A biotecnologia está diretamente relacionada ao que chamamos de “ciência do futuro”, entrelaçando a ciência e a tecnologia durante toda a sua evolução (BRUNO *et al.*, 2014). Para a sociedade, portanto, a crença de que a engenharia genética poderá resolver todos os problemas, tais como a fome e as doenças, se faz presente desde os avanços dessa área do conhecimento (FORATTINI, 1999). Dessa forma, muitos filmes baseados em histórias desenvolvidas no século XX abordam esse vínculo da ciência com a tecnologia e agregam a significância da ciência e suas relações com o cotidiano (OLIVEIRA, 2006).

O imaginário científico, entretanto, se torna mais amplo, partindo das diversas representações da ciência e suas outras dimensões. Carl Sagan aborda essa concepção ilusória da ciência:

“A pseudociência fala às necessidades emocionais poderosas que a ciência frequentemente deixa de satisfazer. Nutre as fantasias sobre poderes pessoais que não temos e desejamos ter (...)” (SAGAN, 2006).

Ao retomar as imagens da ciência, deve-se notar o vínculo dessa com a tecnologia após os seus avanços, tornando-se evidente em filmes, que visam agregar significância à ciência e suas relações no cotidiano. Um filme, ao ser produzido, possui todo seu processo histórico, visão do seu público alvo, seu universo de referência, conhecimentos e expectativas.

Nesse viés, muitos filmes auxiliaram o desenvolvimento do imaginário científico da sociedade, ao mesmo tempo em que são produtos dele, construindo uma nova visão de ciência e dos cientistas (CUNHA & GIORDAN, 2009). Com a tecnologia moderna no século XXI, a reprodução dos personagens se tornou ainda mais próxima da realidade e, segundo Rosa (2014, *apud* XAVIER, 2018), desde a estreia do filme *HOMEM-ARANHA*, em 2002, há pelo menos um filme por ano de um dos personagens da Marvel.

O objetivo da pesquisa consistiu em realizar uma análise de conteúdo dos filmes *HOMEM-ARANHA* (2002) e *O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA* (2012) acerca dos conceitos e da terminologia concernente à biotecnologia, a fim de examinar a relação ficcional dos filmes com a realidade. Desse modo, esta pesquisa buscou verificar os processos de biologia molecular, os conceitos biológicos e a importância da biotecnologia como meio de criação dos personagens.

Material e métodos

Para a realização desta pesquisa, foi utilizada a metodologia de análise de conteúdo, descrita por Laurence BARDIN (1977). O método se organiza de três formas: a pré-análise, a exploração do material e, por fim, o tratamento dos resultados, sua inferência e interpretação.

A pré-análise apresenta-se para sistematizar as ideias principais, sendo equivalente a uma etapa de intuição. Geralmente, esse primeiro período possui três objetivos: a escolha dos documentos submetidos à análise, o desenvolvimento das hipóteses e dos objetivos e a organização de indicadores que evidencie a interpretação final. Sendo assim, para a seleção dos filmes, foram levados em consideração os de super-heróis que se destacaram no início dos anos 2000, tendo relevância o *HOMEM-ARANHA*. A escolha pelo primeiro filme da franquia se deu pela



explicação aprofundada da criação do protagonista, principalmente a origem de seus poderes. No entanto, ao invés de optar pelo segundo e terceiro filmes da mesma franquia, surgiu a alternativa de acrescentar a franquia de O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA à pesquisa, possibilitando a comparação do mesmo personagem em épocas e universos distintos. Após a escolha, os filmes foram assistidos entre março e junho do ano de 2020, viabilizando a obtenção de uma prévia em relação à existência de conceitos relacionados à biotecnologia e suas áreas. À vista disso, diversos termos técnicos se destacaram e foram selecionados para a pesquisa: “DNA”, “genoma”, “RNA sintético”, “geneticamente modificado”, “modificação genética”, “soro”, “algoritmo da taxa de decaimento”, “cruzamento genético de espécies”, “biocabos”, “regeneração de membros”, “proteínas”, “cromatografia”, “antígeno”, “toxina”, “cobaia”, “imune” e “peptídico”.

A segunda etapa consiste em procedimentos de codificação em função de normas anteriormente elaboradas. Para tanto, foram separadas cenas dos filmes em que elementos voltados às áreas de biotecnologia e processos de biologia molecular apareceram. A anotação dessas cenas foi feita a partir do significado de cada palavra, sendo, posteriormente, pesquisada em livros, artigos acadêmicos e dicionários.

Por último, tem-se a terceira etapa, denominada “tratamento dos resultados obtidos e interpretação”. Nessa fase, os resultados brutos são abordados de forma significativa e válida. Dessa forma, a abordagem desses conceitos foi feita durante a explicação de cada personagem principal no decorrer da pesquisa, caracterizando-o e verificando sua concordância com os fundamentos científicos. Para isso, todas as anotações feitas anteriormente durante as fases da análise de conteúdo foram revisadas, detalhadas e interpretadas, correlacionando-as com as referências bibliográficas estudadas.

Resultados e discussão

Análise do filme HOMEM-ARANHA (2002)

Peter Parker

De acordo com NUNES (2017), o jovem Peter Parker, considerado nerd, faz uma visita a um departamento de ciências nos Estados Unidos. Durante essa visita, Peter aproveita para registrar fotos do laboratório e dos alunos, com intuito de escrever para o jornal da escola em que estuda.

Ao longo da apresentação do departamento e de seus objetos de pesquisa, a cientista que os guia ensina à turma sobre as aranhas e sobre seu projeto, oferecendo dados acerca de seu trabalho. Eis que, então, surgem as primeiras cenas relacionadas à biotecnologia: a explicação da aranha geneticamente modificada (Figura 1).

Na cena, termos como “DNA”, “genoma”, “RNA sintético” e “geneticamente modificadas” são mencionados, a fim de explicar o processo de criação das aranhas. Sabe-se que o DNA (ácido desoxirribonucleico) e o RNA (ácido ribonucleico) são formados por bases nitrogenadas, um carboidrato e um grupamento fosfato. O DNA, localizado, em sua maior parte, no núcleo da célula, possui uma dupla-hélice, isto é, duas fitas interligadas. Seu carboidrato, definido como uma pentose, é do tipo desoxirribose e suas bases nitrogenadas são adenina, guanina, citosina e timina. O RNA, no entanto, assemelha-se quimicamente com o DNA, possuindo algumas diferenças. Composto por apenas uma fita simples, o RNA é constituído por uma pentose do tipo ribose e possui três bases nitrogenadas que também estão no DNA (adenina, guanina e citosina), diferenciando-se pela presença da uracila, ao invés da timina (Cox *et al.*, 2012) (Figura 2).





Figura 1. Cena voltada a processos biotecnológicos. Fonte: HOMEM-ARANHA (2002)

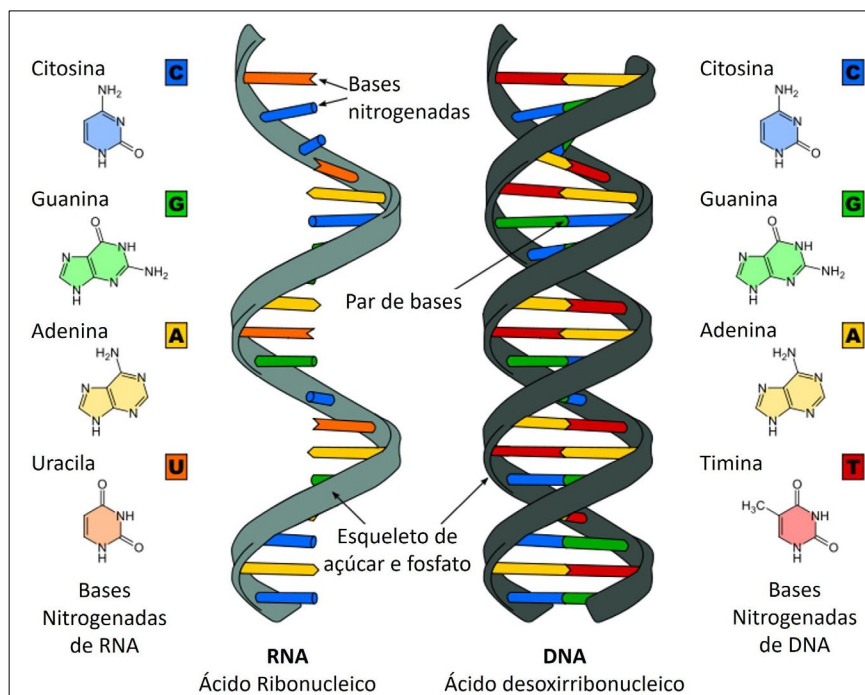


Figura 2. Representação esquemática das moléculas do ácido ribonucleico (RNA) e do ácido desoxirribonucleico (DNA), destacando suas principais diferenças estruturais. Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Difference_DNA_RNA-EN.svg#/media/File:Difference_DNA_RNA-EN.svg (modificado). Acesso em 06/06/2022. Tradução nossa.



O genoma, portanto, é definido como um conjunto de informações hereditárias existentes, isto é, a sequência total de genes de um ser vivo, estando presente no núcleo da célula (RIBEIRO & NEVES, 2020). Dessa forma, a criação de um novo genoma seria o desenvolvimento de um novo conjunto de genes e, pelo que se apreende da cena, inexistente na natureza. Nesse sentido, a tecnologia do DNA recombinante, popularmente conhecida como engenharia genética, propiciou isso.

Segundo RAMALHO *et al.* (2012), o marco da tecnologia do DNA recombinante ocorreu em 1972, quando Berg uniu a sequência de DNA de uma bactéria à de um vírus. O primeiro exemplo bem-sucedido, no entanto, foi a insulina humana. Embora houvesse procedimentos de decodificação dos aminoácidos, não era possível alterar o genoma por completo. Nos dias atuais, há outras técnicas utilizadas para a modificação dos genes, caracterizando-se pela classe nucleases sendo guiada pelo RNA (NABAIS, 2015). Esses métodos de modificação genética, como a CRISPR, surgiram após o ano de 2002, não tornando possível sua aplicação para análise da cena acima.

Para ocorrer alguma técnica de modificação genética, no entanto, torna-se relevante a leitura e decodificação do código genético. Possuindo pequenas variações, o código genético revela suas informações através de trincas, denominadas códon. Essas trincas, descritas por meio das bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina e uracila), caracterizam os aminoácidos existentes nas proteínas dos organismos (ZAHA *et al.*, 2014). O RNA sintético, desenvolvido por volta de 1960, foi uma das maiores descobertas para aperfeiçoar e facilitar as técnicas de decifração do código genético (GRIFFITHS *et al.*, 2009). Formando-se através de uma reação, o RNA sintético possui seus nucleotídeos agrupados de maneira aleatória, visando a criação de sequências específicas de RNAm e seus respectivos aminoácidos.

Dessa forma, um OGM (organismo geneticamente modificado) se origina através da engenharia genética, por meio de processos de biologia molecular (BRUNO *et al.*, 2014). Segundo ALBAGLI (1998), a biotecnologia pode abordar desde a produção e modificação de produtos até o aperfeiçoamento genético de determinados seres vivos, podendo realizar metodologias *in vivo* ou *in vitro*. Um tipo de OGM muito conhecido são os desenvolvidos através do método de transgenia, como a soja e o milho.

O DNA recombinante, no entanto, é uma técnica utilizada para a modificação dos genes, podendo ser isolados e reintroduzidos em um organismo ou célula (ZAHA *et al.*, 2014). Desenvolvida em meados de 1970, está inserida na biotecnologia moderna, sendo um dos principais pilares da engenharia genética (BRUNO *et al.*, 2014).

Como citado na Figura 3, as “habilidades genéticas” de diversas aranhas foram agrupadas em um só DNA, ilustrando didaticamente as diferentes habilidades de cada cor e a recombinação genética, gerando uma nova espécie. Essa nova espécie possuiria uma teia resistente, sentido aranha, velocidade, força e a capacidade de saltar das aranhas mencionadas durante a apresentação da cientista, sendo todas elas já modificadas.

Consequente à cena, Peter se distrai ao tirar uma foto de Mary Jane ao lado das 14 aranhas geneticamente modificadas e é picado pela nova espécie que escapou de seu ambiente de pesquisa. De acordo com NUNES (2017), após o acidente no laboratório, a picada da aranha geneticamente modificada possuía uma toxina capaz de alterar o DNA de Peter. Portanto, para ocorrer uma modificação genética, é necessário que o indivíduo ainda esteja em processo de formação, isto é, como célula-ovo/embrião. Segundo ZAHA *et al.* (2014), as técnicas mais conhecidas de engenharia genética são aplicadas quando um indivíduo ainda está ou irá começar seu processo de formação, partindo desde a utilização de óvulos até a aplicação de técnicas em



células-tronco. Portanto, o método de inoculação mostrado no filme, isto é, em um indivíduo adulto, é incompatível com as biotécnicas atuais.

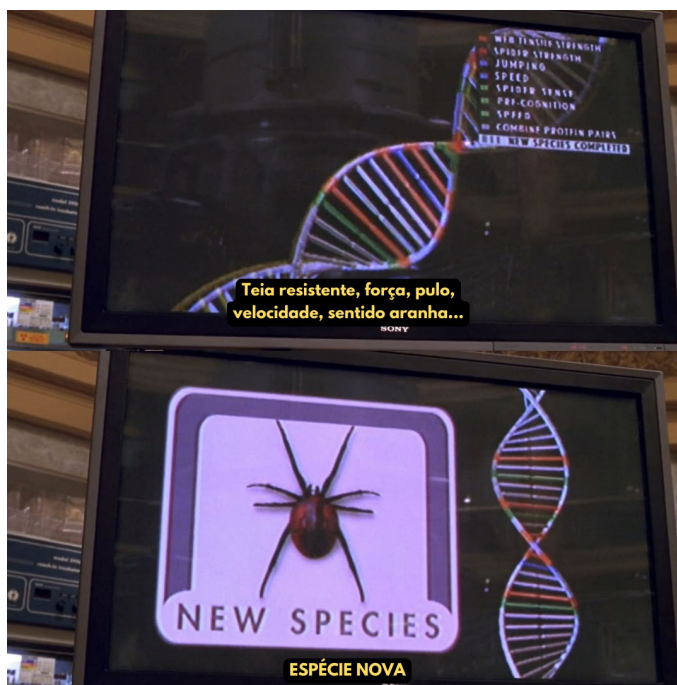


Figura 3. Cena da criação da nova espécie. Fonte: HOMEM-ARANHA (2002).

Duende-Verde

Conhecido como o primeiro aqui-inimigo do Peter Parker, o Duende-Verde, na realidade, é o pai de seu melhor amigo, Harry: o milionário Norman Osborn (NUNES, 2017). Sendo proprietário das empresas Oscorp, Norman estava desenvolvendo um soro estimulante para a força militar (Figura 4), porém o seu prazo de entrega estava chegando ao fim.

Como demonstrado na Figura 4, o termo “soro” foi mencionado, sendo o produto da pesquisa. Segundo LOPES & AMARAL (2012), o soro é composto de anticorpos preparados e isolados para derrotar um antígeno, enquanto que antígeno é qualquer molécula estranha a um organismo capaz de gerar uma resposta imune. De acordo com RIBEIRO & NEVES (2020), estimulante seria, no entanto, aquilo que incentiva o crescimento temporário da atividade funcional de um organismo, um estimulador.

Sendo assim, um soro estimulante consistiria num soro que teria o objetivo de combater um antígeno específico e estimular o aumento do funcionamento do corpo. No filme, percebe-se que o soro visaria uma “arma” militar, aumentando o desempenho de soldados durante um conflito. Portanto, como citado pelo cientista, houve alguns efeitos colaterais nos ratos testados em relação ao soro, resultando em violência, agressividade e insanidade.

Os militares, no entanto, pressionam Norman, falando que se o soro estimulante não estiver pronto dentro de duas semanas eles passariam o investimento nas empresas Osborn para outras empresas de pesquisa. Norman, ao se ver pressionado pela força militar, perde a cabeça e decide testar o experimento em si, para comprovar que o soro estava pronto para humanos (SANTOS *et al.*, 2016). Contudo, o teste apresenta uma falha semelhante à dos ratos, levando Norman a sofrer muitas consequências e se tornar o Duende-Verde, aqui-inimigo do Homem-Aranha.





Figura 4. Cena da chegada dos militares à Oscorp. Fonte: HOMEM-ARANHA (2002).

Análise do filme O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA (2012)

Peter Parker

Filho de um grande cientista, Peter Parker é deixado com os seus tios quando criança após uma tentativa de roubo em sua casa. Seu pai, responsável por pesquisas voltadas à genética, põs sua vida e a de sua família em perigo ao desenvolver um avanço significativo para a ciência: o algoritmo da taxa de decaimento (Figura 5).

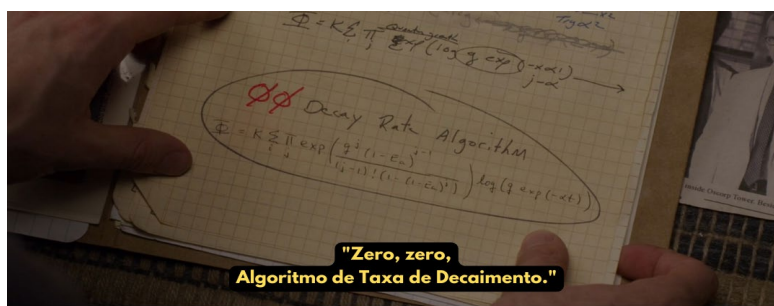


Figura 5. Cena do algoritmo da taxa de decaimento. Fonte: O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA (2012).

Sendo a base das pesquisas efetuadas no decorrer do filme, o algoritmo de taxa de decaimento possui algumas complexidades visuais, principalmente variáveis. James Kakalios, professor de Física em Minnesota, atuou como consultor científico para O ESPETACULAR HOMEM-



ARANHA. De acordo com Kakalios, o produtor do filme perguntou sobre uma equação que desse para relacionar a mortalidade humana com a regeneração de células, de uma maneira que mantivesse uma falsa realidade (UNIVERSITY OF MINNESOTA, 2012). Após a proposta, o físico correlacionou-a com a lei de Gompertz, desenvolvida no século XIX, que torna possível o cálculo acerca da mortalidade do ser humano, possuindo uma probabilidade exponencialmente crescente em relação à morte do indivíduo a partir do seu envelhecimento (AMERICAN PHYSICAL SOCIETY, 2012).

Para a criação do algoritmo da taxa de decaimento, Kakalios solicitou a ajuda de Boris Shklovskii, físico especialista em matéria condensada. Com a participação de Shklovskii, o algoritmo obteve uma teoria simples que explica seu funcionamento:

“Shklovskii sugere que as células mutantes aumentam exponencialmente com a idade, e as células imunológicas desenvolvem cada vez mais uma probabilidade menor de lutar contra essas células mutantes.” (AMERICAN PHYSICAL SOCIETY, 2012).

No filme, após alguns anos morando com seus tios, Peter conseguiu acessar os documentos de seu pai acerca do algoritmo da taxa de decaimento, ficando extremamente interessado e envolvido no assunto. Peter passa alguns dias analisando e tentando resolver a equação, quando decide ir atrás do colega de laboratório de seu pai: Dr. Curt Connors.

Ao chegar no centro de pesquisa em que o Dr. Connors trabalha, Peter acompanha um grupo de adolescentes que está fazendo uma visita técnica ao local e se depara com o Dr. Connors, se envolvendo em um diálogo sobre genética (Figura 6).

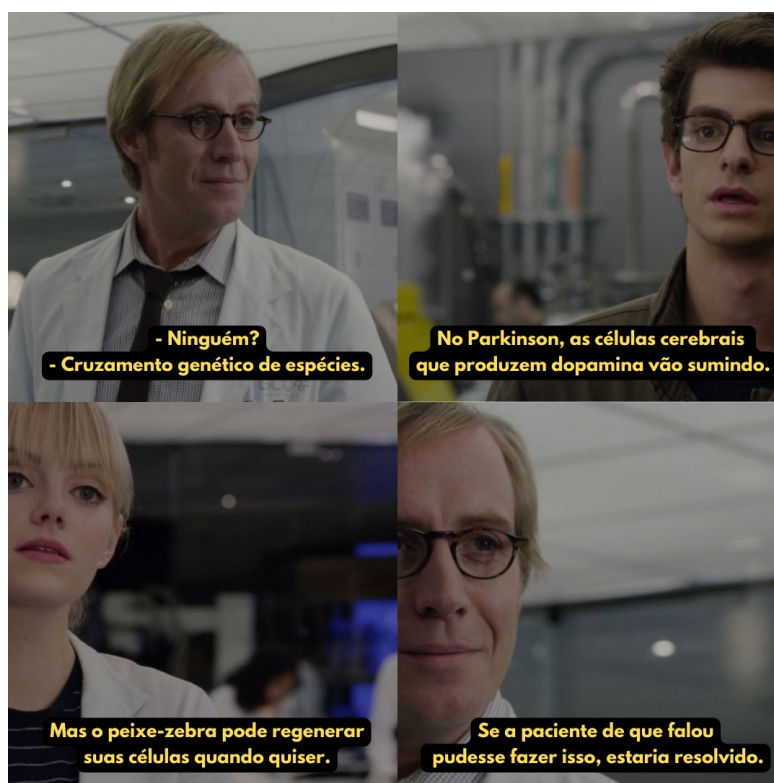


Figura 6. Cena do primeiro diálogo entre Connors e Parker. Fonte: O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA (2012).

Dessa forma, surge o primeiro termo relacionado à genética: o “cruzamento genético entre espécies”, podendo ser esse natural ou artificial. Dessa forma, o isolamento reprodutivo possibilita a evolução de populações e concretiza a diferenciação de espécies, sendo elas em experimentos laboratoriais ou de análises biogeográficas. De acordo com RIDLEY (2007), há dois tipos de isolamento: o pré-zigoto e o pós-zigoto. O isolamento pré-zigótico ocorre antes da fecundação do gameta feminino. Como exemplo, pode-se citar a incompatibilidade entre as estruturas de cópula masculina e feminina ou a ausência de atração entre machos e fêmeas. Já o isolamento pós-zigótico ocorre após a fecundação, impossibilitando o desenvolvimento embrionário ou tornando o organismo oriundo de duas espécies diferentes estéril.

Consequente à cena acerca do cruzamento entre espécies, Peter continua a explorar o laboratório no objetivo de encontrar pistas em relação à pesquisa de seu pai. O personagem adentra em uma área restrita do laboratório, tendo acesso a várias aranhas e ao desenvolvimento de teias sintéticas.

De acordo com TSUNEDA *et al.* (2015), fora da ficção científica, as pesquisas voltadas à bioengenharia eram escassas nos anos 2000, dificultando o desenvolvimento de bioprodutos e a sua divulgação no âmbito científico. Houve um grande aumento de pesquisas com moléculas recombinantes após 2007, abrindo uma nova visão para as técnicas de biotecnologia. Contudo, o desenvolvimento de produtos como a teia sintética tem grande potencial e alto valor farmacêutico e medicinal, assim espera-se que o investimento nessa área cresça em um futuro próximo.

“A maior parte das publicações analisadas no presente estudo mostra que o material da teia de aranha é testado para produção de próteses e para o nanoencapsulamento de medicamentos, além das aplicações em polímeros em busca de maior resistência.” (Flores *et al.*, 2012 e Frandsen & Ghandehari, 2012 *apud* TSUNEDA *et al.*, 2015).

Dessa forma, Peter decide “puxar” um dos fios de seda, denominados “biocabos”. As aranhas presentes no equipamento do laboratório, no entanto, começam a cair em Peter, resultando em uma picada próxima ao pescoço. Diferentemente do primeiro Peter Parker apresentado pela Marvel em 2002, em O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA ele não produz teia, desenvolvendo seu próprio equipamento para o lançamento de biocabos, o bioproduto criado pela empresa Oscorp (Figura 7). No interior do aparelho, existem cápsulas que contêm centenas de metros de biocabo, sendo super leves.



Figura 7. Cena em que Peter cria o “lança-teia”. Fonte: O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA (2012).



Lagarto

Famoso por suas pesquisas acerca do desenvolvimento da biologia molecular, Curt Connors possui um objetivo em sua pesquisa: a “regeneração de membros”. Para que isso ocorra, o logaritmo da taxa de decaimento precisa funcionar, e isso se torna o maior obstáculo para um bom resultado (CLYMAN, 2012).

Como citado anteriormente, Peter possui grande interesse na resolução da equação, uma vez que isso está ligado ao seu pai. Após várias pesquisas sobre tal logaritmo, o garoto consegue resolvê-lo e decide se encontrar com o Dr. Connors, ajudando-o. Ao chegar ao laboratório, Dr. Connors menciona quais itens e metodologias ele possui para a realização de pesquisas, apontando-os para o Peter (Figura 8).



Figura 8. Cena acerca das técnicas laboratoriais. Fonte: O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA (2012).

Na cena, termos como “proteínas” e “cromatografia” são citados pelo cientista. Segundo MURRAY *et al.* (2014), partindo do ponto de vista físico e funcional, as proteínas são macromoléculas variadas, compostas de aminoácidos, que possuem uma função relevante no organismo.

As proteínas são sintetizadas em um processo bioquímico denominado tradução, sendo posteriormente processadas para amadurecimento. As proteínas com funções catalíticas, denominadas enzimas, fornecem energia, sintetizam e degradam as biomoléculas, além de verificarem os mRNAs e transcreverem os genes, entre outros (MURRAY *et al.*, 2014).

Algumas técnicas de purificação e análise das proteínas são poderosas, como a



cromatografia em coluna e a eletroforese. Para separar as proteínas, existem quatro tipos de técnicas cromatográficas: por exclusão por tamanho, de troca iônica, por interação hidrofóbica e por afinidade. Possuindo o maior poder de resolução, a cromatografia em coluna é realizada através da mistura de proteínas inseridas em uma coluna incluindo uma resina e interagindo com várias proteínas (Cox *et al.*, 2012).

Dentre as quatro técnicas de cromatografia existentes, a cromatografia por afinidade é uma das metodologias mais eficientes na purificação de proteínas. Segundo Cox *et al.* (2012), a maioria das proteínas não é capaz de desenvolver uma ligação com um ligante viável de mobilização de modo conveniente na matriz de coluna. A partir do uso de proteínas de fusão, no entanto, tornou-se possível a purificação de, praticamente, qualquer proteína por meio da cromatografia de afinidade.

Na cena seguinte, Peter se lembra de um equipamento que estava ilustrado no escritório de seu pai e Dr. Connors explica qual a sua função (Figura 9).



Figura 9. Cena da explicação do Dr. Connors acerca do aparelho. Fonte: O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA (2012).

Dois termos citados, no entanto, se tornam relevantes para análise: “antígeno” e “toxina”. Segundo ABBAS *et al.* (2015), os antígenos podem ser definidos como substâncias desconhecidas que induzem as respostas imunes particulares, podendo ser reconhecidas por anticorpos. Contudo, nos dias atuais, a concepção pode abordar substâncias que se ligam a receptores característicos em linfócitos, podendo estimular respostas imunes ou não. As toxinas, no entanto,



caracterizam-se como um “sinônimo” de veneno, podendo ser desenvolvida por microrganismos (RIBEIRO & NEVES, 2020).

Consequente à cena, o Dr. Connors inicia sua explicação acerca da pesquisa relacionada ao algoritmo da taxa de decaimento, mostrando o seu objetivo e apresentando sua cobaia (Figura 10).

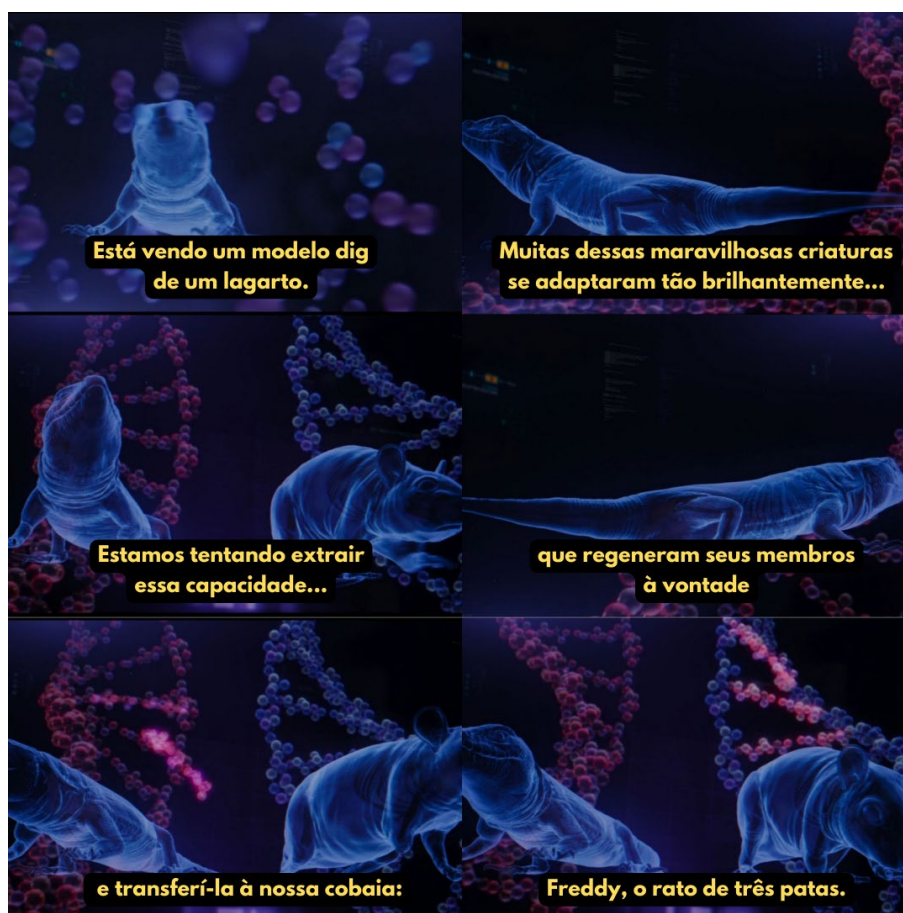


Figura 10. Cena da explicação do lagarto. Fonte: O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA (2012).

Segundo FISHER *et al.* (2012), alguns lagartos possuem a capacidade de regenerar sua cauda após perdê-la em situações de ameaças. *Anolis carolinensis* Voigt, 1832 (Squamata: Polychrotidae) é alvo de estudos acerca da regeneração de sua cauda, sendo encontrada em todo sudeste dos Estados Unidos. De acordo com Alföldi *et al.* (2011, *apud* FISHER *et al.*, 2012), a publicação de todo o genoma da espécie é recente, sendo o primeiro réptil não-aviano sequenciado.

Sendo assim, retornando à pesquisa do Dr. Connors, o cientista visava uma regeneração eficiente que, ao ocorrer o cruzamento genético, segundo o filme, pudesse ser realizada em outros animais, até mesmo em humanos. Quando Connors aplicou o logaritmo da taxa de decaimento, os resultados obtidos não foram os esperados, tendo a proporção de cinco tentativas para apenas um acerto (Figura 11).



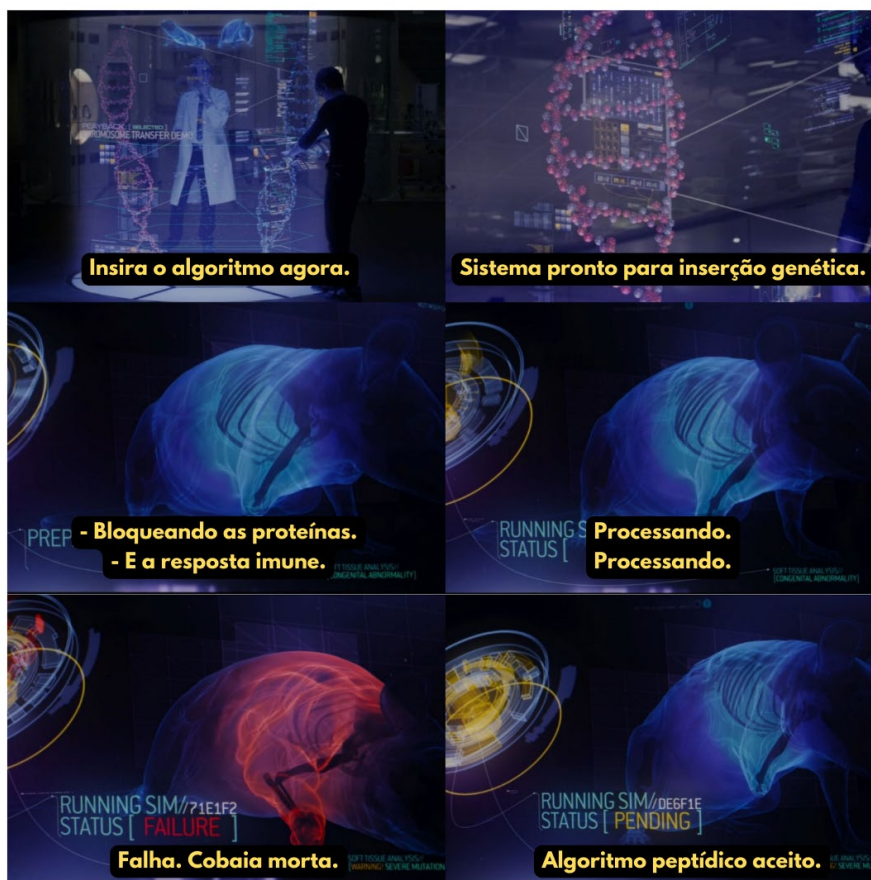


Figura 11. Cena da aplicação do logaritmo da taxa de decaimento. Fonte: O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA (2012).

Embora os erros de leitura fossem maiores do que o único acerto, isso não impediu o Dr. Connors de prosseguir com a pesquisa, desenvolvendo o soro e aplicando-o em sua cobaia, mencionando a Peter que os testes em seres humanos seriam apenas a partir da semana que vem. Na cena acima, tem-se termos como “cobaia”, “imune” e “peptídico”, explicando a aplicação e reação do algoritmo da taxa de decaimento. Segundo RIBEIRO & NEVES (2020), a palavra cobaia vem do latim *cobaya*, podendo significar: 1) roedor de pequeno porte da família dos cavídeos (*Cavia porcellus* Linnaeus, 1758 - Rodentia: Caviidae), utilizado em testes laboratoriais; 2) aquele que é alvo de experimentos científicos em laboratórios.

Freddy, portanto, é a cobaia da pesquisa, sendo um rato de laboratório. Possuindo uma função essencial para as pesquisas, existem dois tipos de ratos de laboratório: o *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1759) e o *Mus musculus* (Linnaeus, 1758) (Rodentia: Muridae). Ambas as espécies possibilitam a investigação nas mais diversas áreas biomédicas, como genética, fisiologia, farmacologia, dentre outras (OLIVEIRA & FAUSTINO, 2019).

Outra palavra utilizada na cena acima é a “imune”. De acordo com ABBAS *et al.* (2015), de maneira histórica a imunidade define-se como uma proteção contra doenças, especificamente as infecciosas. A resposta imune, isto é, uma reação coletiva e coordenada ao acesso de substâncias desconhecidas, pode ocorrer não apenas com doenças infecciosas, mas com outras partículas estranhas.



“A imunologia é o estudo das respostas imunes em seu sentido mais amplo e de eventos celulares e moleculares que ocorrem após um organismo encontrar microrganismos e outras macromoléculas estranhas.” (ABBAS *et al.*, 2015).

O sistema imune, no entanto, estava reagindo a um algoritmo peptídico. Segundo MURRAY *et al.* (2014), os peptídeos são polímeros curtos de aminoácidos, possuindo funções no sistema neuroendócrino como a liberação de hormônios, neuromoduladores ou neurotransmissores. Contudo, para a biologia molecular, os peptídeos possuem uma importância significativa, uma vez que sua síntese torna possível a neutralização de cargas negativas nos fosfatos no RNA, além de incrementarem o metabolismo primitivo e estabilizar a estrutura de RNA de outras maneiras (Cox *et al.*, 2012).

Dessa forma, após o algoritmo ser aceito pelo organismo de Freddy, o rato de laboratório é levado para outra sala, para ficar em observação. Como resultado, Freddy desenvolveu a sua quarta pata, ficando saudável por dias. Porém, o Dr. Connors estava recebendo uma pressão da empresa que investia em sua pesquisa, pelo fato de ter demorado anos por apenas um resultado. Sendo assim, o Dr. Connors aplica o soro em si, sem esperar o tempo necessário para a análise de Freddy.

Após inserir o soro, o braço de Dr. Connors se regenera com a textura de um lagarto. E então, surgem os primeiros efeitos que levam o cientista a se tornar o Lagarto e, futuramente, o vilão da história.

Conclusão

Diante das análises efetuadas, nota-se que os filmes *HOMEM-ARANHA* (2002) e *O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA* (2012) possuem diversos termos em relação à biotecnologia. Abordados no decorrer da pesquisa, algumas informações acerca dos conceitos biológicos foram atualizadas e técnicas voltadas à biotecnologia esclarecidas, a fim de examinar a relação ficcional existente. A presença da biotecnologia, no entanto, tem seus princípios desde a criação dos personagens protagonistas, sendo essencial no desenvolvimento do herói e/ou vilão.

Também é recorrente, nestes e em outros filmes não analisados neste trabalho, a figura do cientista brilhante que, pressionado por prazos, cumprimento de metas e produtividade, resolve testar em si mesmo os produtos recém-desenvolvidos. Uma série de discussões éticas caberiam aqui, contudo não foram o foco do trabalho.

Correlacionando os filmes, *HOMEM-ARANHA* (2002) possui mais explicações sobre o surgimento do Homem-Aranha, como o processo de criação da aranha geneticamente modificada. Contudo, em *O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA* (2012) a abordagem da teia sintética deu abertura para uma análise aprofundada acerca da biotecnologia de bioprodutos, complementando a pesquisa.

Sendo assim, embora houvesse erros no vocabulário científico e aplicações impróprias de termos científicos, a utilização de filmes como meio de popularização da ciência é importante. Nesse viés, levando-se em consideração a liberdade artística e o seu não compromisso com a exatidão científica, é papel dos operadores da ciência, dos educadores e dos divulgadores científicos a intervenção, para que o imaginário científico não seja desvirtuado. A grande questão seria traçar a tênue linha entre o imaginário e a realidade, já que assuntos socialmente relevantes (como a ciência) podem influenciar a sociedade. Outra importante reflexão é o quanto a liberdade artística deixaria de ser expressa em um *blockbuster* estadunidense, caso ele adotasse terminologia e conceitos científicos com maior verossimilhança.



Referências

- ABBAS, A.K.; LICHTMAN, A.H. & PILLAI, S. 2015. **Imunologia celular e molecular**. 8ª ed. Elsevier.
- ALBAGLI, S. 1998. Da biodiversidade à biotecnologia: a nova fronteira da informação. **Ciência da Informação** 27(1): 7-10.
- AMERICAN PHYSICAL SOCIETY. 2012. **Physicist Contributes equation central to upcoming Spider-man film** [on-line]. Disponível em: <https://bit.ly/3qBhaVC>. Acesso em: 01 de janeiro de 2021.
- BARDIN, L. 1977. **Análise de conteúdo**. Edições 70.
- BRASIL. 2020. Ministério do Meio Ambiente. **Biotecnologia** [on-line]. Disponível em: <https://bit.ly/2whuzLP>. Acesso em: 18 de março de 2020.
- BRUNO, A.N.; HORN, A.C.M. & LANDGRAF, S.S. 2014. **Capítulo 1. Introdução à biotecnologia** [on-line]. Disponível em: <https://bit.ly/2UgBAEB>. Acesso em: 18 de março de 2020.
- CARRER, H.; BARBOSA, A.L. & RAMIRO, D.A. 2010. **Biotecnologia na agricultura** [on-line]. Disponível em: <https://bit.ly/33A1dVi>. Acesso em: 18 de março de 2020.
- CLYMAN, J. 2012. **The amazing Spider-Man: growth over grief - A review of the film** [on-line]. Disponível em: <https://bit.ly/3pLgtZ0>. Acesso em: 02 de janeiro de 2021.
- COX, M.M.; DOUDNA, J.A. & O'DONNELL, M. 2012. **Biologia molecular: princípios e prática**. Artmed.
- CUNHA, M.B. & GIORDAN, M. 2009. A imagem da Ciência no cinema. **Química Nova na Escola** 31(1): 9-17.
- FISHER, R.E.; GEIGER, L.A.; STROIK, L.K.; HUTCHINS, E.D.; GEORGE, R.M.; DENARDO, D.F.; KUSUMI, K.; RAWLS, J.A. & WILSON-RAWLS, J. 2012. A histological comparison of the original and regenerated tail in the green anole, *Anolis carolinensis*. **American Association for Anatomy: The Anatomical Record** 295(10): 1609-1619.
- FORATTINI, O.P. 1999. A ciência e a sociedade. **Revista de Saúde Pública** 33(1): 107-108.
- GRIFFITHS, A.J.F.; WESSLER, S.R.; LEWONTIN, R.C. & CARROLL, S.B. 2009. **Introdução à genética**. 9ª edição. Guanabara Koogan.
- HOMEM-ARANHA**. 2002. Direção: Sam Raimi. Produção: Ian Bryce; Laura Ziskin. Intérpretes: Tobey Maguire; Willem Dafoe e outros. Roteiro: David Koepp. Música: Spider-Man Original Motion Picture Score. Nova Iorque: Sony Pictures Entertainment; Marvel Entertainment, 1 DVD (121 min), son., color.
- LOPES, C. & AMARAL, F. 2012. **Explorando o sistema imunológico** [on-line]. Disponível em: <https://bit.ly/2lJg2oM>. Acesso em: 06 de novembro de 2020.
- MURRAY, R.K.; BENDER, D.A.; BOTHAM, K.M.; KENNELLY, P.J.; RODWELL, V.W. & WEIL, P.A. 2014. **Bioquímica ilustrada de Harper**. 29ª ed. AMGH.
- NABAIS, A.T.G. 2015. **Técnicas de edição de genoma como abordagem promissora na terapia génica** [on-line]. Disponível em: <https://bit.ly/3gcylZD>. Acesso em: 02 de dezembro de 2020.
- NUNES, L.S. 2017. **Identidade e representações nerd: análise do personagem Peter Parker no filme Homem-Aranha** [on-line]. Disponível em: <https://bit.ly/3oWoiMd>. Acesso em: 05 de novembro de 2020.
- O ESPETACULAR HOMEM-ARANHA**. 2012. Direção: Marc Webb. Produção: Laura Ziskin; Avi Arad; Matt Tolmach. Produção Executiva: Stan Lee; Kevin Feige; Michael Grillo; Steve Kloves. Intérpretes: Andrew Garfield; Emma Stone e outros. Roteiro: James Vanderbilt; Alvin Sargent. Música: James Horner. Estados Unidos: Marvel Entertainment; Laura Ziskin Productions; Arad Productions, Inc; Matt Tolmach Productions; Parker/Peters Pictures, 1 DVD (136 min), son., color.



OLIVEIRA, B.J. 2006. **Cinema e imaginário científico** [on-line]. Disponível em: <https://bit.ly/2TWVYKI>. Acesso em: 10 de março de 2020.

OLIVEIRA, P.A. & FAUSTINO, A. 2019. A história do rato de laboratório: do ódio ao amor. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces 20**: 115-225.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.A.B.P.; SOUZA, E.A.; GONÇALVES, F.M.A. & PINTO, J.C.S.B.P. 2012. **Genética na agropecuária**. 5ª ed. Editora UFLA.

RIBEIRO, D. & NEVES, F. 2020. **Dicio - Dicionário online de língua portuguesa**. 2009-2020 [on-line]. Disponível em: <https://bit.ly/35zGTpp>. Acesso em: 16 de novembro de 2020.

RIDLEY, M. 2007. **Evolução**. 3ª ed. Artmed.

SAGAN, C. 2006. A coisa mais preciosa. *In*: SAGAN, C. **O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro**. Companhia das Letras, p. 17-41.

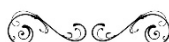
SANTOS, F.S.; SABINO, J.S. & FERNANDES, A.W.G. 2016. **A convergência do olhar: análise transmidiática do Homem-Aranha** [on-line]. Disponível em: <https://bit.ly/3n0qctn>. Acesso em: 05 de novembro de 2020.

TSUNEDA, S.S.; FIGUEIREDO, L.H.M. & LEOPOLDO, E.L. 2015. Monitoramento tecnológico relacionado a genes e proteínas da teia de aranhas no incremento estrutural de materiais. **Cadernos de Prospecção 8**(4): 615-626.

UNIVERSITY OF MINNESOTA. 2012. **Spider-Man and the decay rate algorithm**. 1 vídeo (3min47s). Publicado pelo canal University of Minnesota. [on-line] Disponível em: <https://bit.ly/3m3Xh6M>. Acesso em: 07 de dezembro de 2020.

XAVIER, G.K.R.S. 2018. Histórias em quadrinhos: panorama histórico, características e verbo-visualidade. **Darandina 10**(2): 1-20.

ZAHA, A.; FERREIRA, H.B. & PASSAGLIA, L.M.P. 2014. **Biologia molecular básica**. 5ª ed. Artmed.



Publicado em 21-07-2022



**VIM DA ÁFRICA E ME CHAMO
MARIA-BOLA
SOU GRANDE E POSSO ATÉ
ASSUSTAR, MAS SOU
COMPLETAMENTE INOFENSIVA**

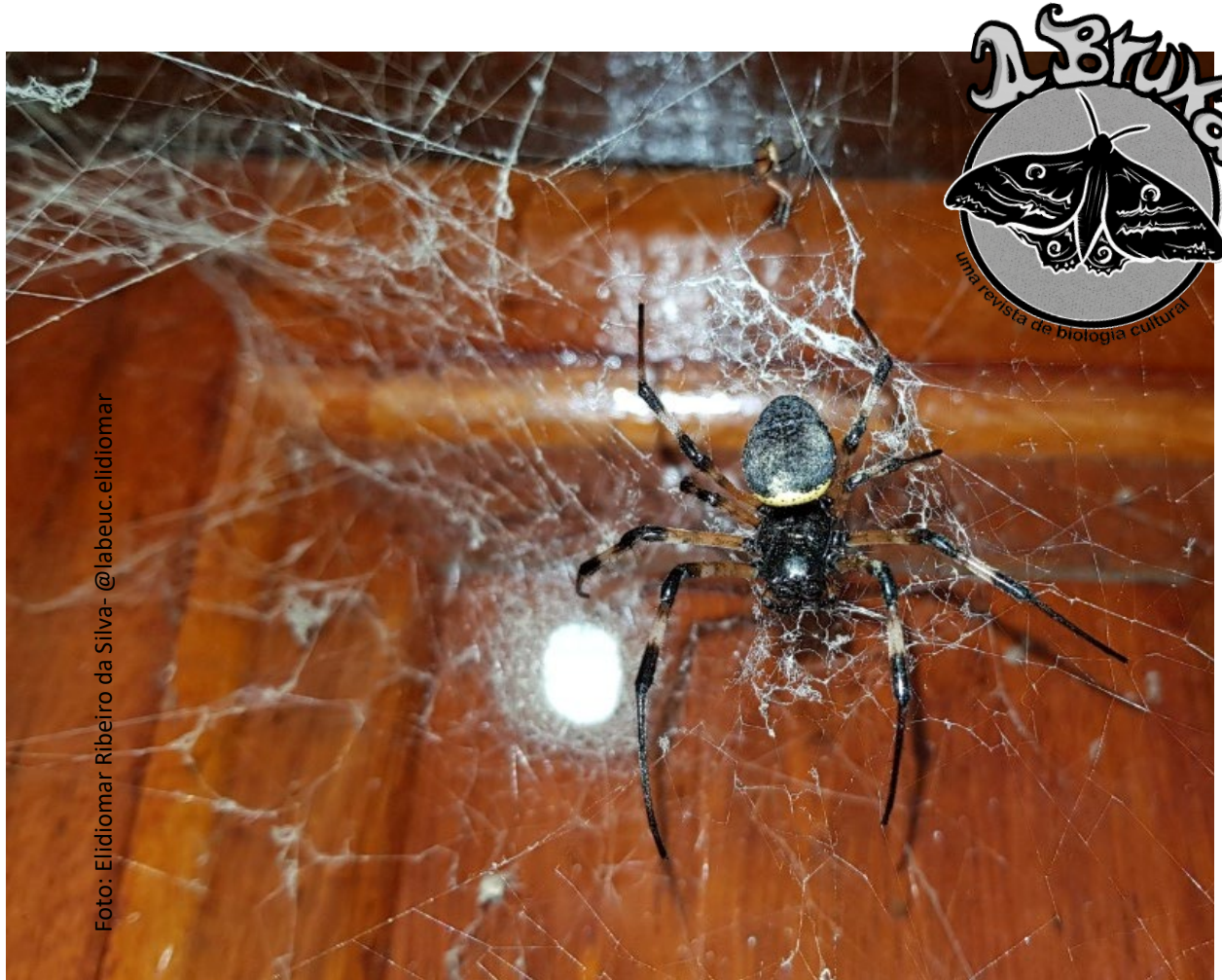


Foto: Elidiomar Ribeiro da Silva - @labeuc.elidiomar

**SE VOCÊ GOSTA DO
HOMEM-ARANHA,
PRESERVE AS ARANHAS**