



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
CAMPUS SENADOR HELVÍDIO NUNES DE BARROS – CSHNB
LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



MAXILENE MARCIA DE SOUSA RODRIGUES

**FUNGOS PATOGÊNICOS EM POPULAÇÕES DE ANFÍBIOS: Uma
revisão de literatura.**

PICOS – PI
2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca José Albano de Macêdo

- R696f** Rodrigues, Maxilene Marcia de Sousa.
Fungos patogênicos em populações de anfíbios: uma revisão de literatura. / Maxilene Marcia de Sousa Rodrigues. -- Picos,PI, 2018.
26 f.
CD-ROM: 4 ¾ pol.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Piauí, Picos, 2019.
“Orientador(A): Prof. Dr. Luís Evêncio da Luz.”
1. Anfíbios - Biodiversidade. 2. Quitridiomicose. 3. Mudanças climáticas. I. Título.
- CDD 597.6**

MAXILENE MARCIA DE SOUSA RODRIGUES

**FUNGOS PATOGENICOS EM POPULAÇÕES DE ANFÍBIOS: Uma
revisão de literatura.**

Monografia apresentada como pré-requisito
para obtenção do grau de Licenciatura Plena
em Ciências Biológicas, à Universidade
Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio
Nunes de Barros.

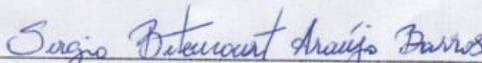
Orientador: Prof. Dr. Luis Evêncio da Luz

Aprovado em: 17/10/2018

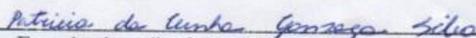
BANCA EXAMINADORA:



Presidente – Prof. Dr. Luis Evêncio da Luz



Examinador – Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo de Barros



Examinador – Prof. Dra. Patrícia da Cunha Gonzaga Silva

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, que me deu o dom da vida e me abençoa todos os dias com seu amor infinito. Em seguida à minha família, especialmente ao meu pai (José) e a minha mãe (Edilene), que juntos enfrentaram dificuldades para que eu pudesse estudar.

Aos meus irmãos, Emerson e Matheus, obrigada pelo apoio e torcida.

Ao meu marido Ulysses David, que ao longo desses meses juntos me deu força e apoio para vencer essa etapa da vida acadêmica.

Agradeço também de forma especial ao meu orientador Luís Evêncio, que nunca me negou ajuda durante o TCC.

Agradeço à Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvidio Nunes de Barros, ao corpo docente, administradores, funcionários do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas, por todas as experiências compartilhadas.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

Nunca Desistir
José de Alencar

RESUMO

Os anfíbios em todo o mundo estão diminuindo tanto em números quanto em área de distribuição. Isso vem ocorrendo devido às rápidas mudanças climáticas causadas pelo aquecimento global. No qual o ambiente modula as características inerentes aos seus componentes, e por meio desses, mudanças nos padrões microclimáticos podem determinar os níveis de vulnerabilidade das populações de anfíbios aos patógenos. Essas mudanças bruscas no ambiente causam imunossupressão dos anfíbios, nos quais afeta, principalmente, a pele dos anfíbios. A pele é de extrema importância para a proteção desses animais, pois oferece barreira física, além de produzir diversas substâncias de defesas. Dessa forma, o presente trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica, em que se procurou conhecer o que existe divulgado, nas suas mais diferentes formas de trabalhos acadêmicos, como artigos científicos, artigos de divulgação, resumos de congressos, livros, apostilas, manuais, revistas técnicas e leigas, monografias, dissertações, teses, bem como outros tipos de apresentações publicadas, sobre a variedade de fungos patogênicos que acarretam doenças sobre populações de anfíbios. Em que o principal objetivo foi realizar um estudo de revisão acerca de fungos patogênicos sobre populações de anfíbios. Nossos resultados apontam cinco tipos de doenças causadas por fungos em anfíbios. Dessas cinco, aquela que causa maiores danos aos anfíbios é a quitridiomicose, responsável por dizimar populações inteiras de anfíbios. Apontam ainda que a atividade antrópica vem causando alterações ambientais, como o aquecimento global, o que afeta diretamente a biodiversidade de anfíbios existente. Dessa forma, esse trabalho pode auxiliar na criação de planos de desenvolvimento sustentável e, com isso, ajudar com a conservação da biodiversidade de anfíbios existente.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Quitridiomicose. Biodiversidade de anfíbios.

ABSTRACT

Amphibians around the world are declining both in numbers and in area of distribution. This has been happening because of the rapid climate change caused by global warming. In which the environment modulates the inherent characteristics of its components, and through these changes in microclimatic patterns can determine the levels of vulnerability of populations of amphibians to pathogens. These sudden changes in the environment cause immunosuppression of amphibians, in which they mainly affect the skin of amphibians. The skin is of extreme importance for the protection of these animals, since it offers physical barrier, besides producing diverse substances of defenses. In this way, the present work deals with a bibliographical review, in which one tried to know what is disclosed, in its most different forms of academic works, such as scientific articles, articles of diffusion, abstracts of congresses, books, handbooks, manuals , technical and lay journals, monographs, dissertations, theses, as well as other types of published presentations, on the variety of pathogenic fungi that cause diseases on amphibian populations. In that the main objective was to carry out a review study on pathogenic fungi on amphibian populations. Our results point to five types of diseases caused by fungi in amphibians. Of these five, the one that causes the greatest damage to amphibians is chytridiomycosis, responsible for decimating entire populations of amphibians. They also point out that anthropic activity has been causing environmental changes, such as global warming, which directly affects the existing amphibian biodiversity. In this way, this work can help in the creation of sustainable development plans and, with this, help with the conservation of existing amphibian biodiversity.

Keywords: Climate change. Chytridiomycosis. Amphibian biodiversity

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 Objetivos específicos	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 Aspectos ecológicos dos anfíbios	12
3.2 Aspectos gerais e ecológicos dos fungos	14
3.3 Relações entre fungos patogênicos e outros seres vivos.....	15
4 METODOLOGIA	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5.1 Principais doenças em anfíbios causadas por fungos patogênicos	18
5.2 Mecanismos de defesas presentes nos anfíbios para combater doenças causadas	19
por fungos	19
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

Existem mais de seis mil espécies de anfíbios na natureza (MMA, 2014). Para o Brasil a fauna de anfíbios compreende 1.080 espécies. A grande maioria das espécies são anuros, incluindo 1.039 espécies representando 20 famílias e 90 gêneros, seguidos por cecílias, com 36 espécies em quatro famílias e 12 gêneros e salamandras, com cinco espécies em uma única família e gênero (SEGALLA et al., 2016). Possuem complexas histórias de vida, que frequentemente incluem uma forma larval aquática e um adulto terrestre (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Os anfíbios em todo o mundo estão diminuindo tanto em números quanto em área de distribuição (VAN ROOIJ et al., 2015). Declínios de populações de anfíbios em escala global têm sido registrados desde meados de 1980 (OLIVEIRA, 2014). Esses declínios podem ser causados pelas mudanças climáticas, em sinergismo com outros impactos antropogênicos, estando atrelado às possíveis mudanças dos microclimas nos habitats ocupados. Nesse contexto, os eventos de epidemias merecem destaque, uma vez que, é provável que as modificações no meio ambiente contribuam para a crescente disseminação de doenças (ASSIS, 2012).

O ambiente modula as características inerentes a esses componentes, e por meio desses, mudanças nos padrões microclimáticos poderiam determinar os níveis de vulnerabilidade das populações de anfíbios aos patógenos (ASSIS, 2012). Além de afetar populações de anfíbios diretamente, mudanças climáticas podem interferir na virulência de patógenos e ação de parasitas (COSTA, 2012). Principalmente pela alteração da pele dos anfíbios, que coloca o indivíduo em condição de vulnerabilidade a infecções por microrganismos patógenos, tais como fungos (OLIVEIRA, 2014).

Os fungos são um grupo de organismos chamados heterotróficos, pois podem usar matéria viva ou morta para crescimento e reprodução. Não são plantas, portanto, são incapazes de produzir seu próprio alimento por fotossíntese. Podem ser encontrados em qualquer ambiente – água salgada ou doce, em baixa ou alta temperatura e, em muitos casos, possuem um valor ecológico, pois processam restos orgânicos em decomposição (HIPOLITO, 2009).

Formam um grupo de extrema importância do ponto de vista ecológico e econômico, pois juntamente com as bactérias heterotróficas, são os principais decompositores de matéria orgânica da biosfera (RAVEN, 2010). A variedade de fungos é estimada em 1,5 milhões de

espécies, colocando os fungos como o segundo maior grupo de organismos, somente suplantado pelos insetos. Contudo cerca de 100 mil são conhecidas e menos de 200 espécies são patogênicas para mamíferos. (HAWKSWORTH, 2001; CHAKRABARTI, 2005; RAVEN, 2010).

Os fungos podem ser um sério problema para peixes e anfíbios quando estes se encontram estressados ou doentes por diversos motivos: condições ambientais inadequadas; falhas nutricionais; condições higiênicas sanitárias deficientes; má qualidade da água ou quando feridos. Em todas estas situações de fragilidade orgânica ou de lesão tecidual, os fungos podem infectar os peixes e anfíbios, podendo também invadir as ovas e os ovos destes animais (HIPOLITO, 2009).

Os fungos são agrupados pela morfologia de seus vários estágios de vida. Todos produzem esporos e é por meio destes que a sua presença e, em alguns casos, as doenças causadas por eles são disseminadas. Os esporos são resistentes ao calor, à seca, à desidratação, a desinfetantes e às defesas naturais dos peixes e anfíbios. (HIPOLITO, 2009).

Os fungos patogênicos incluem um grande e heterogêneo grupo de organismos que ocupam posições de grande importância nas populações naturais. Eles demonstram uma enorme diversidade no modo pelo qual interagem com seus hospedeiros, sendo que enquanto alguns podem viver por longos períodos em tecidos mortos do hospedeiro ou saprofiticamente no solo, outros dependem completamente das células vivas de seu hospedeiro (BURDON; SILK, 1997).

Por natureza, esses micro-organismos não são agentes patogênicos primários para anfíbios e não apresentam um comportamento epidêmico. Seu processo agressivo está sempre associado a prévias condições estressoras, ferimentos, de debilidade orgânica ou doença presente na criação animal e a principal via de transmissão é pelo ambiente contaminado ou alterado (HIPOLITO, 2009).

A literatura vem apresenta diversos estudos que mostram como fungos patogênicos têm causado transtornos em populações de anfíbios, que vai desde pequenas doenças até extinção em massa. Podemos citar os trabalhos realizados por Green et al. (2002), Weldon et al. (2004), Lips et al. (2005), Daszak et al. (2007), Skerratt et al. (2007),; Berger et al. (1998), Briggs et al. (2010), Pereira (2009), Matthew et al. (2012), Oliveira (2014), Teixeira (2014), Rooij et al. (2015), Closs; Putzke (2017).

Dessa forma, a intenção desta revisão, é de procurar conhecer o que existe divulgado, nas suas mais diferentes formas como artigos científicos, artigos de divulgação, resumos de

congressos, livros, apostilas, manuais, revistas técnicas e leigas, monografias, dissertações, teses, bem como outros tipos de apresentações publicadas, sobre a variedade de fungos patogênicos que acarretam doenças sobre populações de anfíbios.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar um estudo de revisão acerca de fungos patogênicos sobre populações de anfíbios.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar os principais táxons de fungos patogênicos para populações de anfíbios;
- Identificar os principais táxons de anfíbios afetados por fungos patogênicos;
- Caracterizar os processos biológicos que os anfíbios adquiriram ao longo de sua evolução para se defenderem desses microrganismos patogênicos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aspectos ecológicos dos anfíbios

Os anfíbios correspondem a um grupo de grande importância ecológica, tanto por sua grande diversidade quanto pelo fato de corresponderem a um grupo de interface entre a água e a terra. Apresentam ciclo de vida bifásico, com uma fase larval aquática e outra fase terrestre, pós-metamórfica. Cada uma dessas fases tem ecologia particular (HADDAD, 2008). E estão inclusos em três ordens: Anura, Urodela e Gymnophyona (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Os anfíbios são animais de pele fina e úmida, na qual não o correm pêlos ou escamas externas. São animais incapazes de manter a temperatura de seu corpo constante apenas por mecanismos internos, por isso são chamados animais de sangue frio ou peilotérmicos (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

São animais ectotérmicos, com pele lisa e úmida possuindo diversas glândulas (algumas venenosas). Além disso, são dotados de respiração pulmonar (ausente em algumas salamandras) cutânea e branquial em alguns, atuando separadamente ou em combinação. As glândulas granulares dos anfíbios se encontram sob controle nervoso e hormonal, e secretam um fluido ácido e leitoso, muitas vezes tóxica aos predadores. Estas glândulas estão agrupadas nas “verrugas” dos sapos (HICKMAN; GOSLOW, 2006).

De acordo com a classificação taxonômica, os anfíbios pertencem ao Filo Chordata, o qual possui algumas características distintivas, como: a presença de notocorda, cordão nervoso dorsal oco e uma faringe (ou fendas faríngeas), além de uma tendência a concentrar seus principais órgãos dos sentidos na cabeça (encefalização) (HILDEBRAND; GOSLOW, 2004).

A família Bufonidae, composta por 62 espécies, também conhecida como a dos sapos verdadeiros, se caracteriza por uma grande glândula paratóide no lado da cabeça e a maioria das espécies apresenta tubérculos na pele do dorso. São terrestres e insetívoras, sendo as formigas sua dieta principal (FROST et al., 2006).

O hábito alimentar está relacionado à capacidade de captura e ingestão, tendo uma correlação positiva com a cabeça do animal e a disponibilidade de alimento. Possivelmente existem correlações entre as flutuações das dietas alimentares dos anfíbios com essa disponibilidade e diversidade de presas, principalmente no cerrado, onde existe uma flutuabilidade bem acentuada devido a sazonalidade de ambiente (VIEIRA, 2010).

Dentre os vertebrados, os anfíbios são os que apresentam uma das maiores diversidades reprodutivas, normalmente o comportamento está associado às vocalizações, emitidas pelos machos para atrair as fêmeas (POUGH; JANIS; HEISER, 2008). Possuem estratégias reprodutivas que inclui a postura de muitos ovos, cuja maioria não sobrevive, no entanto, as flutuações ambientais, principalmente relacionadas à pluviosidade, podem determinar se a taxa de sobrevivência será alta ou baixa (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Em termos ecológicos é um grupo importante no fluxo de energia na cadeia trófica de um ambiente porque convertem cerca de 90% do que consomem em massa corpórea, diferentemente dos seres endotérmicos. Dessa forma, os anfíbios apresentam taxas de crescimento muito elevadas, e por isso tornam-se ótimas presas de seres maiores (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Contudo, no final dos anos noventa, foram observadas mortalidades de massa repentinas em populações de anfíbios de áreas intocadas ou protegidas. Especialmente nos hotspots de biodiversidade como a América Central, o Caribe e a Austrália, os anfíbios expurgaram declínios “enigmáticos” (VAN ROOIJ et al., 2015).

Dessa forma, vê-se a necessidade de procurar meios para proteger os anfíbios, principalmente em países megadiversos como o Brasil. Haddad (2008), diz que a principal forma de proteger esse grupo de organismos é por meio da conservação *in situ*, dentro de áreas protegidas. Onde mostra que a criação e a manutenção de reservas com diversidade representativa dos ecossistemas seriam, portanto, as melhores saídas para evitar extinções em massa.

Diversas ações para salvar espécies da extinção, da fauna e da flora – como mamíferos, pássaros, répteis, anfíbios, árvores grandiosas ou plantas com belas flores – são utilizadas há muito tempo. Faziam parte da tradição a criação de parques nacionais e reservas, que, além da preservação da fauna e da flora selvagens, objetivava a proteção de paisagens e aspectos geológicos de grande beleza (DE ANDRADE FRANCO, 2013).

Dessa forma, é de extrema importância o conhecimento em diversos aspectos desse grupo de organismo. No entanto, a verdade é que, nos países megadiversos em anfíbios, ainda não há programas de monitoramento populacional em larga escala e, portanto, quase nada se sabe sobre os tamanhos populacionais das diferentes espécies de anfíbios e sobre suas oscilações (HADDAD, 2008).

3.2 Aspectos gerais e ecológicos dos fungos

Os fungos constituem um reino, diferenciado de plantas e animais por várias características, entre as quais a mais marcante é o modo de nutrição absorptiva. Entre os demais caracteres incluem-se a formação de estruturas vegetativas filamentosas, as hifas, que constituem o micélio, e estruturas especializadas para reprodução sexuada e assexuada, próprias de cada grupo taxonômico, a partir das quais se formam os esporos (MAIA et al., 2006).

Os fungos são organismos eucarióticos e heterotróficos encontrados em diversos nichos ecológicos, como água, solo e ar, ou em relações de comensalismo/parasitismo com plantas e animais (ALMEIDA, 2008). São sésseis e de rápido crescimento. Suas hifas podem ser septadas ou asseptadas. Em sua maioria são terrestres, reproduzem-se por esporos, os quais são dispersos pelo vento. Compreendem quatro filos: Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota e Basidiomycota (RAVEN et al., 2010).

Basidiomycota é o grupo de fungos considerado mais evoluído no reino, dada a complexidade de estruturas que pode formar. A principal característica do grupo é a formação de esporos sexuados (basidiosporos) em estruturas especializadas denominadas basídios, por sua vez contidos em basidiocarpo (= basidioma). Estes, em geral, são macroscópicos, variando em tamanho, forma, coloração (marrom, laranja, branco, negro, amarelo, vermelho). São comumente conhecidos como cogumelos de chapéu, orelhas de pau, ninhos de pássaro, estrelas da terra, etc. (MAIA et al., 2006).

Vivendo como sapróbios, parasitas ou simbioses e sendo primordialmente decompositores, os fungos desempenham papel fundamental nos ecossistemas aquáticos e terrestres. Na condição de sapróbios são encontrados onde quer que exista matéria orgânica a ser decomposta, e os fungos são extremamente eficazes nesse aspecto (MAIA et al., 2006).

Associados à matéria orgânica, encontram-se fungos que garantem, junto com outros organismos, a ciclagem de nutrientes, disponibilizando-os aos vegetais e promovendo a manutenção desse ecossistema. Tais fungos exibem grande variedade morfológica e adaptativa a esse tipo de ambiente, favorecidos pelas condições adequadas de temperatura e umidade (MARQUES; GUSMAO; MAIA, 2008).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) podem ser utilizados como biofertilizantes naturais na produção de mudas, pois, nesse estágio de formação, a inoculação pode garantir o sucesso do estabelecimento da simbiose, reduzindo a necessidade de aplicação de insumos químicos, como verificado em aceroleiras (COSTA et al., 2001).

Como parasitas, atacam plantas, animais e mesmo outros fungos. Entre os que vivem em simbiose, os mais conhecidos são os líquens e as micorrizas. Os fungos endofíticos, que vivem no interior de plantas sem causar qualquer dano aparente, têm despertado grande interesse por parte dos micologistas. Entretanto, a natureza dessa relação ainda não está devidamente esclarecida, supondo-se que seja uma forma evoluída de simbiose que, eventualmente, pode se tornar parasítica (MAIA et al., 2006).

Além disso, têm-se os fungos de importância médica, destacando os dimórficos e os oportunistas, os quais são responsáveis pela maioria das infecções sistêmicas em humanos e outros mamíferos (DERENGOWSKI, 2011).

Os fungos de interesse médico, agentes de micoses, são de dois tipos morfológicos: leveduras, que são unicelulares e bolores ou fungos filamentosos, que são multicelulares. Existe um subgrupo dentro dos filamentosos, chamados fungos dimórficos, que se apresentam sob ambas as formas, dependendo principalmente da temperatura, mas sob influência também do teor de CO₂ e condições nutricionais (BRASIL, 2004).

3.3 Relações entre fungos patogênicos e outros seres vivos.

As interações entre as plantas e os fungos patogênicos são de extremo interesse para a humanidade, uma vez que grande parte da economia mundial tem por base a utilização de espécies vegetais, as quais podem sofrer sérios danos em virtude do ataque de patógenos (BARBIERE; CARVALHO, 2001).

Os fungos patogênicos incluem um grande e heterogêneo grupo de organismos que ocupam posições de grande importância tanto na agricultura como nas populações naturais. Eles demonstram uma enorme diversidade no modo pelo qual interagem com seus hospedeiros, sendo que enquanto alguns podem viver por longos períodos em tecidos mortos do hospedeiro ou saprofiticamente no solo, outros dependem completamente das células vivas de seu hospedeiro (BURDON & SILK, 1997).

Os fungos coevoluem com representantes de todas as formas de vida, de bactérias ao homem. Na interação com os outros organismos, eles invadem as células em busca de nutrientes, abrigo ou transporte, estabelecendo uma relação de parasitismo ou de patogenicidade (BARBIERE; CARVALHO, 2001).

Um dos grupos de fungos patogênicos são as leveduras, fungos capazes de colonizar o homem e animais e, frente à perda do equilíbrio parasita-hospedeiro, podem causar diversos quadros infecciosos com formas clínicas localizadas ou disseminadas. De modo contrário,

fungos filamentosos, ou bolores, normalmente, não fazem parte da microbiota animal e, portanto, o homem não é um reservatório importante para esse grupo de fungos. As portas de entrada no hospedeiro são as vias aéreas superiores ou quebra na barreira epidérmica após traumatismos com objetos perfuro-cortantes (BRASIL, 2004).

4 METODOLOGIA

O trabalho desenvolvido seguiu os princípios do estudo exploratório, através de uma pesquisa bibliográfica, que, segundo Gil (2008), se desenvolve a partir de materiais já elaborados, como livros e artigos científicos.

Nessa perspectiva, proposta por Gil (2008), O estudo foi constituído por meio de revisão de materiais escritos em português e inglês, selecionados pelos critérios de inclusão encontrados na base de dados da Literatura: 18 Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Medical Literature Analysis and Retrieval System on-line (Medline), Google Acadêmico, Scielo, Portal Capes, trabalhos publicados, monografias, dissertações, revistas indexadas, e teses de doutorado que forneçam informações sobre fungos patogênicos ocorrentes em populações de anfíbios, independente do período da publicação.

Para a busca nas bases de dados, como há problemas e diferenças nos processos de indexação nas bases, optou-se, portanto, pela busca por termos livres, sem o uso de vocabulário controlado (descritores). Com essa estratégia, houve uma recuperação de um número maior de referências, garantindo a detecção da maioria dos trabalhos publicados dentro dos critérios pré-estabelecidos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Principais doenças em anfíbios causadas por fungos patogênicos

Os fungos patógenos de anfíbios estão entre os maiores vilões à biodiversidade de anuros, sendo de extrema importância um maior conhecimento destes organismos causadores de doenças (CLOSS; PUTZKE, 2017).

A literatura analisada nesta pesquisa mostra quatro tipos principais de doenças causadas por fungos em anfíbios, são elas: Cromomicose/Cromoblastomicose, Saprolegniose, Mucormicose e Quitridiomicose. Essas doenças estão citadas na tabela 1. que conta também com informações sobre o táxon dos fungos que provocam cada doença, principais anfíbios acometidos e a referência dos autores da fonte da obtenção de tais informações.

Quadro 1: Doenças em anfíbios causadas por fungos. Com informações sobre o táxon dos fungos que provocam cada doença e os principais anfíbios acometidos.

Doença	Espécie de fungo	Anfíbios acometidos	Autor
Cromomicose/ cromoblastomicose;	<i>Cladosporium</i> sp. E/ou <i>curvularia</i> sp.;	Rã-touro	(HIPOLITO, 2009)
Quitridiomicose	<i>Batrachochytrium dendrobatidis</i>	Anuros	(BRIGGS, 2010).
Mucormicose	Não identificado	Anfíbios silvestre	(HIPOLITO, 2009 (HIPOLITO, 2009
Saprolegniose;	<i>Saprolegnia</i> sp. E <i>achlya</i> sp.;	Girinos de rã-touro e anfíbios silvestres	
Zigomicose subcutânea ou Entomofotoromicose	<i>Basidiobolus ranarum</i> e <i>Conidiobolus coronatus</i>	-----	OLIVEIRA, 2015

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Das doenças citadas no quadro 1, a quitridiomicose é a que acarreta mais danos aos anfíbios, o que foi constatado em diversos estudos publicados em diferentes tipos de trabalhos, como artigos, dissertações, teses e entre outros. Briggs (2010) e Berger et al. (1998), apontam que a quitridiomicose, doença causada pelo fungo quitrídio *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), contribuiu para o declínio e extinção de populações

de anfíbios em todo o mundo. Sendo a quitridiomycose considerada a doença mais devastadora da vida selvagem no registro (BERGER et al., 1998).

No entanto, os efeitos da quitridiomycose, como também de outras doenças, variam acentuadamente entre as populações de anfíbios em diferentes espécies de anfíbios e mesmo dentro de uma espécie (BRIGGS, 2010; VAN ROOIJ et al., 2015). Isso pode ser explicado pelo fato dessas doenças estarem bastante associadas aos estresses climáticos que acarretam distúrbios nos mecanismos de defesas desses organismos, como afirma os estudos feitos por Assis (2012), Costa (2012) e Oliveira (2014).

Três das cinco doenças presentes na tabela foram citadas por Hipólito (2009), que de forma bem sucinta apontou-as como doenças causadas por fungos patogênicos em anfíbios. O autor ainda trouxe informações de quais táxons de anfíbios são acometidos por tais enfermidades.

Sobre a Zigomicose subcutânea ou Entomofotoromicose, Oliveira (2015) relata que os agentes etiológicos dessa doença podem ser isolados em fezes de répteis e anfíbios. No entanto, o autor não relata se tal doença pode causar danos a esses organismos.

Raffael et al. (2006) aponta que a Imunodepressão dos anfíbios está frequentemente associada ao estresse climático causado pelo aquecimento global, o qual causa impactos negativamente ao sistema imune de muitas espécies de anfíbios, deixando-os mais suscetíveis às infecções.

O diagnóstico dessas doenças baseia-se na presença “visível” do agente, como o crescimento miceliano (presença de hifas); nas lesões de pele, boca e guelras; no exame das ovas e ovos para verificar o crescimento fúngico; nos exames histopatológicos e histoquímicos; na morfologia do agente e na cultura micológica em meios apropriados. Ainda, as condições ambientais também devem ser estudadas visando sua associação com a ocorrência da doença (HIPÓLITO, 2009).

5.2 Mecanismos de defesas presentes nos anfíbios para combater doenças causadas por fungos

As principais defesas que os anfíbios adquiriram ao longo da sua evolução estão associadas à pele dos anfíbios. Segundo Mortari et al., (2004), a pele dos anfíbios tem múltiplas funções importantes associadas à sobrevivência do animal, pois é um órgão de características fisiológicas complexas, com importantes funções para a preservação da espécie.

As funções da pele constituem-se fator de extrema importância para a sobrevivência dos anfíbios, devido ser a primeira barreira entre o animal e o ambiente. Confere proteção mecânica, impede a entrada de patógenos, além de detectar as alterações ambientais (OLIVEIRA, 2014; TEIXEIRA, 2014).

A pele é composta por duas camadas, a epiderme e a derme. A epiderme é composta por três camadas, o estrato córneo, mais externo e geralmente formado por uma camada de células achatadas, podendo ou não ser queratinizado. Já a derme é subdividida em dois estratos, o mais externo, o estrato esponjoso ou derme esponjosa, formada por tecido conjuntivo frouxo, com diferentes tipos celulares, como cromatóforos, mastócitos, fibroblastos, fibrócitos e glândulas exócrinas, sendo as mais comuns as glândulas mucosas e as granulares, também conhecidas como glândulas de veneno (TEIXEIRA, 2014).

Entretanto, é importante mencionar que as intoxicações de envenenamento por anuros são raras, o que não significa que não existam. Tais animais possuem um veneno defensivo, produzido por glândulas situadas na região dorsal da pele, em especial por glândulas retro auriculares (paratóides), sem a presença de aparelho inoculador (AUTO, 2005).

As glândulas de veneno são as responsáveis pela produção e armazenamento dos compostos bioativos que são utilizados pelos anfíbios na proteção passiva contra predadores, e na defesa ativa contra agentes patogênicos, tais como bactérias, fungos e protozoários (OLIVEIRA, 2014).

A coloração da pele também atua como um mecanismo de defesa. Estudos com nos anuros mostra que a coloração é importante, pois ajuda na camuflagem, no controle da temperatura, nos comportamentos social e sexual, bem como nas descrições taxonômicas desses indivíduos (HILDEBRAND; GOSLOW, 2004).

Além disso, a secreção cutânea de anfíbios é uma rica fonte de novas moléculas farmacologicamente ativas. Tais moléculas são também importantes no entendimento de como esse grupo evoluiu e se adaptou às diferentes pressões seletivas existentes no meio onde se encontram, visto que ajudam esses animais na defesa contra parasitas e predadores (OLIVEIRA, 2014).

As secreções de pele de anfíbios são fontes ricas de substâncias biologicamente ativas com diversas funções fisiológicas e de defesa, a maioria de baixa massa molecular como as aminas biogênicas, alcalóides, esteróides e pequenos peptídeos, além de polipeptídeos, proteínas e glicoproteínas de massa molecular mais elevada (COSTA, 2005).

Apesar da sua ampla distribuição, os alcalóides têm sido detectados em poucas espécies de anfíbios, particularmente na família Dendrobatidae (SCHWARTZ, 2005).

Já as aminas biogênicas, diferente dos demais compostos bioativos encontrados na pele de anfíbios, têm ampla distribuição entre representantes de diversas famílias, tendo sido identificadas em diversos trabalhos e sua estrutura química e farmacológica elucidadas (OLIVEIRA, 2014).

Os esteróides são compostos que contém um núcleo básico ciclopentanoperidrofenantreno . É uma classe de compostos naturais com ampla distribuição na natureza. A diversidade de suas atividades biológicas compreende o desenvolvimento e o controle do sistema reprodutor, ecdise de insetos e indução da produção sexual em fungos aquáticos (COSTA, 2005). Um exemplo desses esteroides são os bufadienolídeos , encontrados em venenos de anuros da família Bufonidae e são representados por dois grupos: as bufogeninas, também denominadas bufaginas e as bufotoxinas, que são formadas da união da suberilarginina com bufogeninas (OLIVEIRA, 2014).

Esses dados ressaltam ainda o valor da biodiversidade dos anfíbios, e a grande importância de suas substâncias, que além de ser uma fonte de proteção para esses indivíduos, ainda servem como fonte real de benefícios para a sociedade, desenvolvimento de medicamentos próprios, aperfeiçoamento e produção de moléculas já existentes (VIEIRA, 2010).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas fontes de dados estudadas, pode-se constatar que os anfíbios em todo o mundo estão diminuindo tanto em números quanto em área de distribuição. Isso vem ocorrendo devido às rápidas mudanças climáticas causadas pelo aquecimento global. Essas mudanças bruscas no ambiente causam imunossupressão do organismo e afeta, principalmente, a pele dos anfíbios. Tal órgão é de extrema importância para a proteção desses animais, oferecendo barreira física e produzindo diversas substâncias de defesas.

Essas consequências, resultantes do aquecimento global, tornam os anfíbios mais vulneráveis aos patógenos, incluindo os fungos. Com isso, esses organismos patogênicos conseguem se instalar nos indivíduos mais enfraquecidos, isto é, com respostas químicas e imunidade afetada pelas mudanças climáticas.

Das doenças causadas por fungos patogênicos em anfíbios, a quitridiomycose é a que apresenta os sintomas mais severos. Estudos mostraram que ela já foi responsável por dizimar e até extinguir populações inteiras de anfíbios em diversos locais no mundo. Dessa forma, foi considerada a doença mais devastadora da vida selvagem no registro.

Portanto, esse estudo, é de extrema importância para a comunidade científica e também para sociedade, pois trás uma quantidade de dados considerável, com informações de doenças causadas por fungos em anfíbios e suas causas. Aponta ainda que a atividade antrópica vem causando alterações ambientais, como o aquecimento global, o que afeta diretamente a biodiversidade de anfíbios existente. Dessa forma, esse trabalho pode auxiliar a criação de planos de desenvolvimento sustentável e, com isso, ajudar com a conservação da biodiversidade de anfíbios existente.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S.R. **Micologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. 2008.
- ASSIS, A. B. Microbiota, secreções cutâneas e microclima: consequências para os anfíbios. **Revista da Biologia**, v. 8, p. 45-48, 2012.
- AUTO, H. J. F. **Animais peçonhentos**. Editora da Universidade Federal de Alagoas, 2005.
- BARBIERI, R.; CARVALHO, F. Coevolução de plantas e fungos patogênicos. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 7, n. 2, 2001.
- BERGER, L. et al. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 95, n. 15, p. 9031-9036, 1998.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Deteção e identificação dos fungos de importância médica**. Módulo VII, 2004. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/microbiologia/mod_7_2004.pdf>. Acessado em: 28/08/2018.
- BRASIL-MMA (Ministério do Meio Ambiente). Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. Conservation International do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversidades, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Instituto Estadual de Florestas, MG., 2014. 40p.
- BRIGGS, C. J.; KNAPP, R. A.; VREDENBURG, V. T. Enzootic and epizootic dynamics of the chytrid fungal pathogen of amphibians. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, p. 200912886, 2010.
- BURDON, J.J.; SILK, J. Sources and patterns of diversity in plant-pathogenic fungi. **Phytopathology**, St. Paul, v. 87, p. 664-669, 1997.
- CLOSS, F. K.; PUTZKE, J. Fungos aquáticos (Oomycota, Chytridiomycota) ocorrentes em anfíbios anuros em dois remanescentes de Mata Mtlântica, localizados em Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires, RS, Brasil. **Caderno de Pesquisa**, v. 29, n. 1, p. 01-08.
- COSTA, C. M. C. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 225-232, 2005.

COSTA, T. O. G. Purificação e Determinação Estrutural de Substâncias Bioativas em Três Espécies de *Osteocephalus* (Amphibia:Anura:Hylidae). Tese (Doutorado em Ciências)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

COSTA, T. R. N.; CARNAVAL, A. C. O. Q.; TOLEDO, L. F. Mudanças climáticas e seus impactos sobre os anfíbios brasileiros. **Revista da Biologia**, v. 8, p. 33-37, 2012.

DASZAK, P. et al. Experimental evidence that the bullfrog (*Rana catesbeiana*) is a potential carrier of chytridiomycosis, an emerging fungal disease of amphibians. **Herpetological Journal**, v. 14, p. 201-208, 2004.

DE ANDRADE FRANCO, J. L. O conceito de biodiversidade e a história da biologia da conservação: da preservação da wilderness à conservação da biodiversidade. **História (São Paulo)**, v. 32, n. 2, 2013.

DERENGOWSKI, L. S. **Caracterização da resposta de fungos patogênicos a diferentes condições de interação intra e inter-reinos**. 2011.

FROST, D.R. et al. **The Amphibian tree of life**. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, 297: 1–370, 2006.

HADDAD, C. F.B. Uma análise da lista brasileira de anfíbios ameaçados de extinção. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**, v. 2, p. 287-295, 2008.

HILDEBRAND, M., GOSLOW, G. Análise da estrutura dos vertebrados. 2.ed. Atheneu, São Paulo, 2004.

HIPOLITO, M. **Fungos em peixes e anfíbios: diagnóstico, prevenção e tratamento**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/FungosPeixes/index.htm>. Acesso em: 22/8/2018

GREEN, D. E; CONVERSE, K. A.; SCHRADER, A. K. Epizootiology of sixty-four amphibian morbidity and mortality events in the USA, 1996-2001. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 969, n. 1, p. 323-339, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6º ed. São Paulo: Atlas, 2008.

- LIPS, K. R. et al. Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 9, p. 3165-3170, 2006.
- MAIA, L. C.; CAVALCANTI, M. A; GIBERTONI, T.; GOTO, B. T.; MELO, A. M. M.; BASEIA, I. G.; SILVÉRIO, M. I. Fungos. In: BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Diversidade biológica e conservação da Floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco**. 2006.
- FISHER, M. C. et al. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. **Nature**, v. 484, n. 7393, p. 186, 2012.
- OLIVEIRA, C. L. Análise in vitro da atividade de secreções cutâneas de anfíbios do Cerrado brasileiro à proliferação do fungo *Batrachochytrium dendrobatidis*. Dissertação (Mestrado em Biologia Anima) – Universidade de Brasília – UNB, Brasília, 2014.
- OLIVEIRA, J. C. **Micologia Médica ao Microscópio – Respostas**. Rio de Janeiro, 2015.
- PEREIRA, V. B. R. Ecologia molecular de fungos patogênicos onygenales em animais silvestres do interior do estado de São Paulo. Tese (doutorado em Biologia Geral e Aplicada) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu-SP, 2009.
- POUGH, F.H.; JANIS, C.M.; HEISER J.B. **A vida dos vertebrados**. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.
- RAFFEL, T. R. et al. Negative effects of changing temperature on amphibian immunity under field conditions. **Functional Ecology**, v. 20, n. 5, p. 819-828, 2006.
- RAVEN, P.H. EVERT, R.F., EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.
- SEGALLA, M. V. et al. Brazilian amphibians–List of species. **Herpetologia Brasileira**, v. 5, n. 2, p. 34-46, 2016.
- SKERRATT, Lee Francis et al. Spread of chytridiomycosis has caused the rapid global decline and extinction of frogs. **EcoHealth**, v. 4, n. 2, p. 125, 2007.
- TEIXEIRA, S. A. M. V. **Anuros, morfologia do tegumento de anfíbios**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, 2014.

VAN ROOIJ, P. et al. Amphibian chytridiomycosis: a review with focus on fungus-host interactions. **Veterinary research**, v. 46, n. 1, p. 137, 2015.

VIEIRA, D. M. L. Taxonomia e ilogenia molecular do grupo *Rhinella margaritifera* (Amphibia, Anura, Bufonidae) da Amazônia brasileira. 2010. 124 f. Dissertação (Mestrado em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2010.

WELDON, C. et al. Origin of the amphibian chytrid fungus. **Emerging infectious diseases**, v. 10, n. 12, p. 2100, 2004.



TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DIGITAL NA BIBLIOTECA
"JOSÉ ALBANO DE MACEDO"

Identificação do Tipo de Documento

- () Tese
() Dissertação
(X) Monografia
() Artigo

Eu, Maxilene Márcia de Sousa Rodrigues,
autorizo com base na Lei Federal nº 9.610 de 19 de Fevereiro de 1998 e na Lei nº 10.973 de 02
de dezembro de 2004, a biblioteca da Universidade Federal do Piauí a divulgar, gratuitamente,
sem ressarcimento de direitos autorais, o texto integral da publicação
Funções Patogênicas em Populações de Anfíbios:
revisão de literatura
de minha autoria, em formato PDF, para fins de leitura e/ou impressão, pela internet a título de
divulgação da produção científica gerada pela Universidade.

Picos-PI 18 de novembro de 2019.

Maxilene Márcia de Sousa Rodrigues
Assinatura

Assinatura