Introdução

Os fungos do Brasil

Leonor C. Maia
Anibal A. de Carvalho Junior

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

MAIA, LC., and CARVALHO JUNIOR, AA. Introdução: os fungos do Brasil. In: FORZZA, RC., org., *et al.* INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. *Catálogo de plantas e fungos do Brasil* [online]. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. p. 43-48. Vol. 1. ISBN 978-85-8874-242-0. Available from SciELO Books <http://books.scielo.org>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial-ShareAlike 3.0 Unported.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição - Uso Não Comercial - Partilha nos Mesmos Termos 3.0 Não adaptada.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.

OS FUNGOS DO BRASIL

Leonor C. Maia & Anibal A. de Carvalho Junior

CARACTERIZAÇÃO DOS FUNGOS E RECENTES CLASSIFICAÇÕES

Os fungos são organismos heterotróficos unicelulares ou pluricelulares, estes últimos caracterizados pela formação de estruturas filamentosas, as hifas, que constituem o micélio. Na fase reprodutiva, o micélio forma estruturas assexuadas e/ou sexuadas que originam os esporos, principais responsáveis pela propagação das espécies. Vivendo nos mais diversos ambientes aquáticos e terrestres, dos trópicos às regiões árticas e antárticas, muitos fungos são tão pequenos que só podem ser observados ao microscópio, enquantos vários outros são capazes de formar estruturas visíveis a olho nu e facilmente reconhecíveis (mofos, bolores, boletos, orelhas-de-pau, dedos-do-diabo, estrelas-da-terra, ninhos-de-passarinho, cogumelos, etc.).

O registro fóssil dos microrganismos muitas vezes apresenta limitações em sua interpretação devido às frequentes alterações no sedimento em que são encontrados, por possuírem estrutura muito delicada e por sofrerem mudanças genéticas não refletidas na sua morfologia, entre outras. Grande parte do registro fóssil dos fungos passou por muita desagregação ao longo do tempo, tornando-se muitas vezes inadequado para análises mais minuciosas. Evidências recentes tanto por meio da reinterpretação de dados quanto por aquisição de novos fósseis têm contribuído para fundamentar novos conhecimentos (Alexopoulos et al. 1996). Segundo este autor, o primeiro registro de fósseis de fungos data do Proterozoico posterior (há cerca de 900-570 milhões de anos), nos quais foram identificadas formas semelhantes aos Oomycota (Stramenopila), alguns protistas e provavelmente também fungos verdadeiros. Para essa época não foram encontrados registros de fósseis terrestres; nos oceanos, os mais antigos fósseis de metazoários foram descobertos na região de Ediacara, Austrália, assim como foram localizados também fósseis em forma de vermes e protistas unicelulares.

No período Siluriano (438-408 milhões de anos) foram encontrados esporos de prováveis Ascomycota associados a formas terrestres de microartrópodos (Sherwood-Pike & Gray 1985 apud Alexoupoulos et al. 1996), assim como hifas fósseis associadas a madeira deteriorada e vesículas de Endogonales, Glomales e quitrídios associadas a sítio paleontológico em Rhynie, Escócia (Alexopoulos et al. 1996, Smith & Read 2008). Ao mesmo tempo, surgiam as rinófitas, licófitas e progimnospermas, acarretando a diversificação de plantas terrestres.

Na era paleozoica, a diversidade fúngica aumentou consideravelmente e, na época pensilvaniana (320-286 milhões de anos), todas as classes modernas de fungos já eram encontradas. Da mesma forma, na

era paleozoica houve grande diversificação das gimnospermas, licófitas, esfenófitas, Pterodermales e samambaias (Alexopoulos et al. 1996).

Existe grande diversidade de ciclos vitais nos fungos, mas, em linhas gerais, a maioria apresenta ciclos reprodutivos assexuados (mitose) e sexuados (plasmogamia, cariogamia e meiose). Em Ascomycota e Basidiomycota usualmente ocorre uma fase dicariótica, com a presença de núcleos geneticamente distintos no mesmo segmento de hifa, pois a plasmogamia não é seguida de imediato pela cariogamia, como nos demais fungos.

O termo teleomórfico é utilizado para o fungo que se encontra na etapa sexuada do ciclo, enquanto anamórfico é usado para a fase assexuada. Assim, dois nomes poderão ser atribuídos a uma mesma espécie (um para a fase anamórfica, outro para a teleomórfica), sendo prioritário o do teleomorfo no caso de as duas fases estarem presentes. No caso das Pucciniales, até três nomes podem ser aplicados a uma única espécie: dois correspondentes a estádios anamórficos e um ao estádio teleomórfico ou ao holomórfico (fungo que apresenta ao mesmo tempo as duas fases reprodutivas).

Aproximadamente 99.000 espécies de fungos estão descritas (Kirk et al. 2008), o que representa apenas 6,6% das 1.500.000 estimadas no mundo (Hawksworth 2001, Kirk et al. 2001). Historicamente houve muitas controvérsias e dificuldades em delimitar os fungos como um grupo, com inclusões e exclusões comuns no último século. Em anos recentes os esforços dos taxonomistas na direção de uma definição filogenética baseada principalmente em similaridades de sequências relevantes de DNA aliadas à morfologia e aspectos fisiológicos, como produção de açúcares e outros compostos, agregaram informações importantes para a delimitação do grupo.

Jahn & Jahn (1949) e Whittaker (1969) foram os primeiros a propor a classificação dos fungos em um reino à parte, exclusivo para organismos eucarióticos com modo de nutrição por absorção, que vivem como sapróbios, parasitas e simbiontes. Essas classificações já sugeriam que grupos como Oomycota, Myxomycota, Acrasiomycota e Labyrinthulomycota não seriam monofiléticos. De fato, Barr (1992) e, posteriormente, Hawksworth et al. (1995) sugeriram sua classificação em outros reinos, ou seja: Oomycota em Stramenopila e os demais dentro de Protista. Entretanto, estes organismos continuam sendo estudados por micologistas e, por conveniência, são aqui apresentados numa categoria denominada "fungos *lato sensu*" (fungos "falsos").

A classificação mais recente dos fungos "verdadeiros" (*stricto sensu*), baseada em estudos filogenéticos e proposta por um grupo representativo de micologistas especialistas nos diversos grupos (Hibbett et al. 2007), considera os seguintes filos: Chytridiomycota, Blastocladiomycota, Neocallimastigomycota, Microsporidia, Glomeromycota, Ascomycota e Basidiomycota. Esses autores não reconhecem Zygomycota e o separam em quatro subfilos (Mucoromycotina, Kickxellomycotina, Zoopagomycotina e Entomophthoromycotina). Assim, na nova classificação do reino dos fungos, são considerados sete filos, 10 subfilos, 35 classes, 12 subclasses e 129 ordens (Hibbett et al. 2007).

Apesar de ainda persistirem controvérsias em relação à monofilia dos Chytridiomycota, esse grupo continua sendo incluído entre os fungos "verdadeiros". Quanto aos filos Blastocladiomycota e Neocallimastigomycota, eles foram segregados dos fungos flagelados. A inclusão de Microsporidia, que congrega organismos unicelulares parasitas de animais e protistas, não está confirmada. Chytridiomycota, Zygomycota e Glomeromycota apresentam hifas contínuas, asseptadas ou cenocíticas, enquanto Ascomycota e Basidiomycota apresentam hifas regularmente interrompidas por septos. Os Chytridiomycota possuem centríolos e flagelos, enquanto nos demais fungos verdadeiros essas estruturas estão ausentes. Esse filo de fungos zoospóricos produz esporos sexuados conhecidos como oosporos. Zygomycota, que inclui, entre outros, os "mofos" do pão e das frutas, produzidos por espécies de gêneros diversos, como *Rhizopus* e *Mucor*. Seus esporos sexuados são denominados zigosporos. Os Glomeromycota são simbiontes obrigatórios que formam micorriza arbuscular; não se conhece reprodução sexuada no grupo e os esporos, caracteristicamente unicelulares e multinucleados, são denominados glomerosporos. Os Ascomycota produzem, por reprodução sexuada, esporos endógenos, delimitados por estruturas especializadas denominadas ascos, que, em geral, ficam protegidas em ascomas. Incluem fungos filamentosos e leveduras, sendo comuns espécies de *Aspergillus* e *Penicillium*, entre outras. Os Basidiomycota são fungos de morfologia bastante diversificada que, na reprodução sexuada, formam esporos (basidiosporos) em estruturas especializadas, os basídios, encontrados em basidiomas que podem ser vistosos e alcançar tamanho destacado. Incluem os boletos, as orelhas-de-pau, as estrelas-da-terra, os ninhos-de-passarinho e os cogumelos, entre outros, como as ferrugens e os carvões, conhecidos fitopatógenos que não formam basidiomas.

Deste modo, os fungos podem ser delimitados pelas seguintes características: nutrição heterotrófica, principalmente por absorção; estádio vegetativo sobre o substrato ou no interior dele, com micélio tipicamente não móvel (estádios reprodutivos móveis podem ocorrer); paredes celulares usualmente contendo glucanas e quitina e raramente glucanas e celulose (Oomycota); eucariotos, uni- ou multinucleados sendo homo- ou heterocarióticos, haploides, dicarióticos ou diploides; ciclo de vida simples ou mais usualmente complexo; reprodução sexual (cariogamia e meiose) e/ou parassexual (cariogamia seguida de aneuploidia) e/ou assexual (divisão nuclear mitótica) podem estar presentes; propágulos formados por esporos microscópicos produzidos em grande número (esporos móveis confinados a certos grupos); esporocarpos microscópicos ou macroscópicos e com formas características constituídos por pseudotecidos; muito frequentes em ambientes terrestres ou de água doce e menos frequentes em ambientes marinhos; saprofíticos, simbiontes ou parasitas; cosmopolitas.

COMPILAÇÃO DOS DADOS

Para a elaboração deste catálogo, num primeiro momento foram contactados micologistas que trabalham com taxonomia dos diversos grupos, sendo que a maioria enviou suas listas. Em certos casos as listas enviadas eram exclusivas da especialidade (por exemplo, anamórficos, fungos liquenizados, Glomeromycota, Myxomycota, grupos de Basidiomycota); em outros casos, basearam-se em determinados estados do país, como Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Após análise do material recebido, decidiu-se incluir no sistema apenas o que estivesse publicado em periódicos, livros ou catálogos impressos ou *on-line* e com dados revistos por especialistas.

De modo a acomodar todos os organismos estudados pelos micologistas, o presente catálogo foi dividido em dois grandes grupos: o dos fungos "verdadeiros" (*stricto sensu*) e o dos fungos "falsos" (*lato sensu*). Procurou-se seguir a classificação proposta por Hibbett et al. (2007), também adotada nos índices gerais de fungos, como Kirk et al. (2008), Cooper & Kirk (2009) e Blackwell et al. (2009). No entanto, aceitou-se aqui Zygomycota como filo, devido à sua praticidade. Foram considerados *stricto sensu* os filos Ascomycota, Basidiomycota, Blastocladiomycota, Chytridiomycota, Glomeromycota, Neocallimastigomycota e Zygomycota. Como *lato sensu* foram incluídos os Myxomycota e os zoospóricos que não foram classificados em Blastocladiomycota e Chytridiomycota. Os liquens foram distribuídos nas respectivas ordens em Ascomycota. Mesmo considerando que já se conhece a conexão teleomórfica de vários fungos anamórficos, imperfeitos, mitospóricos ou conidiais, optou-se pela inclusão dos mesmos em anamórficos, dentro de Ascomycota.

DIVERSIDADE DOS FUNGOS NO BRASIL

No mundo estão descritas aproximadamente 99.000 espécies de fungos (Kirk et al. 2008), das quais cerca de 13.800 existiriam no Brasil (Lewinsohn & Prado 2006), ou seja, aproximadamente 14% da diversidade mundial. Entretanto, os autores alertam que esses números se referem a inferências e estimativas que podem ter sido afetadas por uma combinação de problemas, uma vez que na época não havia qualquer lista de controle de nomes (*check-list*) para o país.

No presente catálogo estão registradas 78 ordens, 924 gêneros e 3.608 espécies, correspondendo a apenas 3,7% das descritas mundialmente. Esse número está muito aquém dos 14% estimados por Lewinsohn & Prado (2006). Independentemente dos problemas encontrados nas estimativas, esses valores denotam que muito esforço ainda deve ser despendido na sistematização de dados e na composição de coleções para se obter uma lista mais aproximada da condição real. Há que considerar também que o resultado aqui disponibilizado representa o que foi possível fazer dentro das circunstâncias para coleta de informações. Destacam-se como dificuldades enfrentadas na elaboração do catálogo a exiguidade de tempo para inclusão de registros e a necessidade de extensivas e minuciosas revisões dos dados recebidos.

Considerando os Domínios, há mais registros de espécies de fungos na Mata Atlântica (1.664 spp.), seguida pela Caatinga (734 spp.) e a Amazônia (519 spp.), com número menos representativo no Cerrado (291 spp.). Quase nenhuma informação foi registrada a respeito de espécies no Pantanal (28 spp.) e no Pampa (1 sp.) (fig. 1). A Região Nordeste é a que possui registro de maior diversidade de espécies, com 1.749, seguida pela Sudeste com 1.411, Sul com 1.320, Norte com 743 e Centro-Oeste com 296 (fig. 2).

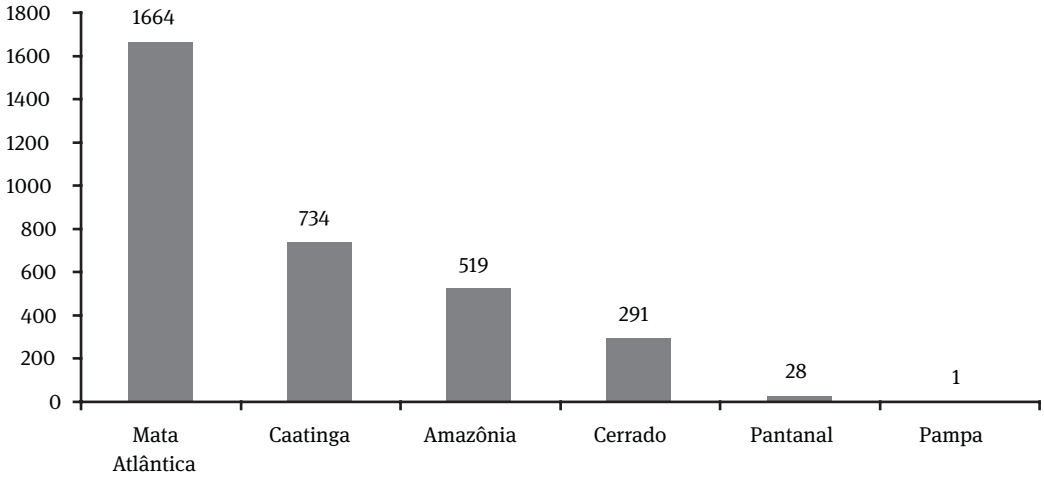

Figura 1.
Número de espécies de fungos por Domínio Fitogeográfico.

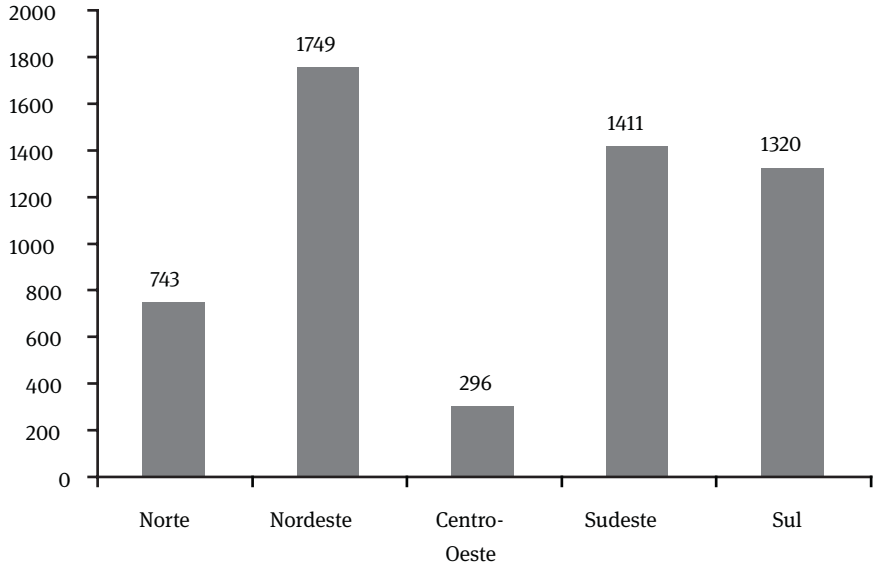

Figura 2.
Número de espécies de fungos por Região.

Destacam-se pelo maior número de espécies os estados de São Paulo (1.161 spp.), Pernambuco (937 spp.), Rio Grande do Sul (856 spp.), Bahia (584 spp.), Paraná (529 spp.), Santa Catarina (482 spp.), Rio de Janeiro (443 spp.), Amazonas (408 spp.), Minas Gerais (399 spp.) e Pará (302 spp.). A despeito dos dados referentes ao Amazonas e ao Pará, observa-se que a Região Norte carece de coletores e estudiosos de fungos pois, nos demais estados, o número de registros é extremamente baixo: Rondônia (116 spp.), Amapá (88 spp.), Roraima (75 spp.), Acre (61 spp.) e Tocantins (5 spp.). Além desses, destacam-se ainda a Região Centro-Oeste (Mato Grosso 135 spp., Goiás 104 spp., Mato Grosso do Sul 82 spp., Distrito Federal 77 spp.), o Maranhão e o Espírito Santo como locais em que pouco se conhece acerca da diversidade micológica (tab. 1).

Do total de espécies, 523 são mencionadas como endêmicas do Brasil, porém esse número deve ser considerado com reservas, uma vez que para fungos ainda é difícil discutir endemismos, tendo em vista a pequena parcela mundialmente conhecida.

O gênero *Puccinia* destaca-se entre os demais com 252 espécies, seguido por *Uromyces*, *Xylaria*, *Uredo*, *Aecidium*, *Physarum*, entre outros (tab. 2).

ESTADO	NÚMERO DE ESPÉCIES
São Paulo	1.161
Pernambuco	937
Rio Grande do Sul	856
Bahia	584
Paraná	529
Santa Catarina	482
Rio de Janeiro	443
Amazonas	408
Minas Gerais	399
Pará	302
Alagoas	290
Paraíba	261
Sergipe	215
Rio Grande do Norte	148
Piauí	139
Mato Grosso	135
Rondônia	116
Ceará	106
Goiás	104
Amapá	88
Mato Grosso do Sul	82
Distrito Federal	77
Roraima	75
Acre	61
Maranhão	52
Espírito Santo	45
Tocantins	5

Tabela 1.
Número de espécies de fungos por unidade da Federação

Certamente o número de espécies de fungos disponibilizado no presente catálogo não reflete a totalidade do que existe no Brasil. Diversas publicações, entre as quais listas estaduais, regionais (Maia et al. 2002, Meijer 2008, Gusmão & Maia 2006, Biota Fapesp – www.biota.org.br) e gerais, como a de Mendes et al. (1998), atualizada e disponibilizada pela Embrapa (http://pragawall.cenargen.embrapa.br/aiqweb/michtml/fgbanco01.asp), não puderam ser incorporadas neste momento.

Esta é, portanto, uma lista preliminar e como tal deve ser considerada. Entretanto, representa uma rara oportunidade de dar início a uma sistematização de dados que estavam dispersos em diversas publicações e de disponibilizar informações sobre fungos que ocorrem no Brasil.

FUNGOS	TOTAL DE ESPÉCIES	ESPÉCIES ENDÊMICAS
Puccinia	252	64
Uromyces	102	32
Xylaria	91	8
Uredo	73	41
Aecidium	67	43
Physarum	50	2
Phellinus	48	5
Glomus	43	0
Ravenelia	43	28
Pythium	41	0
Penicillium	37	0
Hypoxylon	35	2
Prospodium	30	13
Graphis	30	0
Phakopsora	29	8
Achlya	27	0
Hymenochaete	26	2
Phytophthora	24	0
Mucor	23	0
Rhizophydium	23	0

Tabela 2.
Os 20 gêneros mais diversos de fungos ocorrentes no Brasil, mostrando o total de espécies e o número de endêmicas.

Apesar das dificuldades iniciais, as perspectivas de uma participação mais ampla e efetiva de colaboradores apontam para um grande incremento das informações disponíveis. Somente a abrangente adesão dos taxonomistas proporcionará a continuidade do processo de melhoria da versão *on-line* da lista.

O conhecimento mais avançado de certas regiões do Brasil coincide com os locais onde há grupos mais ativos de micologistas, enquanto para algumas unidades da Federação os dados são praticamente inexistentes. Para conhecer efetivamente as espécies de fungos do país é preciso intensificar as coletas, os estudos taxonômicos e a formação de recursos humanos especializados, de modo a atingir as áreas insuficientemente conhecidas, que são inúmeras, e disseminar de modo mais eficaz o conhecimento micológico.

REFERÊNCIAS

Alexopoulos, C.J.; Mims, C.W. & Blackwell, M. 1996. *Introductory Mycology*. 4th ed. New York: John Wiley & Sons.
Barr, D.J.S. 1992. Evolution and Kingdoms of Organisms from the Perspective of a Mycologist. *Mycologia* 84: 1-11.
Blackwell, M.; Vilgalys, R.; James, T.Y. & Taylor J.W. 2009. Fungi. Eumycota. In: The Tree of Life Web Project (http://tolweb.org/Fungi/2377/2009.04.10).
Cooper, J. & Kirk, P. 2009. Index Fungorum (www.indexfungorum.org).
Gusmão, L.F.P. & Maia, L.C. 2006. (eds.) *Diversidade e caracterização dos fungos do semi-árido brasileiro*. v.2. Recife: Instituto do Milênio do Semi-árido, MCT/Associação Plantas do Nordeste.
Hawksworth, D.L.; Kirk, P.M.; Sutton, B.C. & Pegler, D.M. 1995. *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi*. 8th ed. Eghan, United Kingdom: Commonwealth Mycological Institute.
Hawksworth D.L. 2001. The Magnitude of Fungal Diversity: The 1.5 Million Species Estimate Revisited. *Mycological Research* 105: 1422-1432.
Hibbett, D.S.; Binder, M.; Bischoff, J.F.; Blackwell, M.; Cannon, P.; Eriksson, O.; Huhndorf, S.; James, T.; Kirk, P.M.; Lucking, R.; Thorsten, H.; Lutzoni, F.; Matheny, P.; McLaughlin, D.; Powell,M.; Redhead, S.; Schoch, C.L.; Spatafora, J.; Stalpers, J.; Vilgalys, R.; Aime, M.; Aptroot, A.; Bauer, R.; Begerow, D.; Benny, G.; Castlebury, L.; Crous, P.; Dai, Y-W.; Gams,W.; Geiser, D.; Griffith, G.; Gueidan, C.; Hawksworth, D.; Hestmark, G.; Hosaka, K.; Humber, R.; Hyde, K.; Ironside, J.; Ko Ljalg, U.; Kurtzman, C.; Larsson, K.H.; Lichtwardt, R.; Longcore, J.; Dlikowska, M.; Miller, A.; Moncalvo, J-M.; Mozley-Standridge, S.; Oberwinkler, F.; Parmasto, E.; Reeb, V.; Rogers, J.; Roux, C.; Ryvarden, L.; Sampaio, J.P.; Schußler, A.; Sugiyama, J.; Thorn, R.; Tibell, L.; Untereiner, W.; Walker, C.; Wang, Z.; Weir, A.; Weiss,M. White, M.; Winka, K.; Yao, Y-J.; Zhang, N. 2007. A Higher-level Phylogenetic Classification of the Fungi. *Mycological Research* 111: 509-547.
Jahn T.L. & Jahn F.F. 1949. *How to Know the Protozoa*. Dubuque: Wm C. Brown.
Kirk P.M.; Cannon P.F.; David J.C.; Stalpers J.A. (eds.) 2008. Dictionary of the Fungi, 11th ed. Wallingford: CABI Publishing.
Lewinsohn T.M. & Prado P.I. 2006. Síntese do conhecimento atual da biodiversidade brasileira. In: Lewinsohn T.M. (org.). *Avaliação do estado do conhecimento da biodiversidade brasileira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
Maia, L.C.; Melo, A.M.Y. & Cavalcante, M.A. 2002. Diversidade de fungos no estado de Pernambuco. In: M. Tabarelli & J.M.C. da Silva (orgs.). *Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco*. v.1. Recife: Editora Massangana. p. 15-50.
Meijer, A.A.R. 2008. *Macrofungos notáveis das florestas do pinheiro-do-paraná*. Brasília: Embrapa.
Mendes, M.A.S.; Silva, V.L.; Dianese, J.C; Ferreira, M.A.S.V.; Santos, C.E.N., Gomes-Neto, E.; Urben, A.F. & Castro, C. 1998. *Fungos em plantas no Brasil*. Brasília: Embrapa-SPI.
Smith, S. & Read, J.D. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3th ed. London: Academic Press.
Whittaker, R.H. 1969. New Concepts of Kingdoms of Organisms. *Science* 163: 150-160.