



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
BOTÂNICA TROPICAL**



ALINE CARVALHO DE CARVALHO

**FUNGOS CAUSADORES DE FERRUGENS (PUCCINIALES) EM PLANTAS
DA RESERVA FLORESTAL ADOLPHO DUCKE, AMAZÔNIA CENTRAL,
BRASIL**

Belém-Pará

2016



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
BOTÂNICA TROPICAL**



ALINE CARVALHO DE CARVALHO

**FUNGOS CAUSADORES DE FERRUGENS (PUCCINIALES) EM PLANTAS
DA RESERVA FLORESTAL ADOLPHO DUCKE, AMAZÔNIA CENTRAL,
BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Área de concentração Botânica Tropical, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dr^a Helen Maria Pontes Sotão

Belém-Pará

2016

Carvalho, Aline Carvalho de

Fungos causadores de ferrugens (Pucciniales) em plantas da
reserva florestal Adolpho Duck, Amazônia Central, Barsil / Aline
Carvalho de Carvalho. – Belém, PA, 2016.

86 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Botânica
Tropical) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu
Paraense Emílio Goeldi, 2016.

Orientador: Helen Maria Pontes Sotão

1. Fungos – Amazônia 2. Basidiomycota 3. Biodiversidade 4.
Pucciniomycetes 5. Taxonomia I. Sotão, Helen Maria Pontes,
(Orient.) II. Título

CDD – 579.5654098115



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
BOTÂNICA TROPICAL



ALINE CARVALHO DE CARVALHO

FUNGOS CAUSADORES DE FERRUGENS (PUCCINIALES) EM PLANTAS
DA RESERVA FLORESTAL ADOLPHO DUCKE, AMAZÔNIA CENTRAL,
BRASIL

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Área de concentração Botânica Tropical, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 23 de Março de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Helen M. P. Sotão

Dr^a Helen Maria Pontes Sotão - Orientadora
Museu Paraense Emílio Goeldi

Isadora F. de França

Prof. Dr^a. Isadora Fernandes França
Universidade Federal do Pará (1º Avaliadora)

Iris Lettiere do Socorro Santos da Silva

Prof. Dr^a. Iris Lettiere do Socorro Santos da Silva
Universidade Federal Rural da Amazônia (2º Avaliadora)

Solange do Perpétuo Socorro Evangelista Costa

Prof. Dr^a. Solange do Perpétuo Socorro Evangelista Costa
Universidade Federal do Pará (3º Avaliador)

Belém-Pará
2016

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora Auxiliadora, pela graça alcançada, por sempre ser o meu auxílio nos momentos difíceis e alegres. Por ter colocado pessoas boas em nosso caminho que nos ajudaram e apoiaram o nosso trabalho.

A Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, pelo curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas Botânica Tropical, por toda a infraestrutura disponibilizada para a execução deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

A Coordenação, professores, secretários e funcionários da Coordenação de Botânica e Pós-Graduação pelos ensinamentos transmitidos e pelo apoio ao longo do curso.

A minha orientadora Dr^a Helen Sotão pela orientação, amizade, paciência e os momentos alegres e divertidos que trabalhamos juntas.

A banca que avaliou este trabalho pelas importantes correções, contribuições e sugestões para a dissertação.

A Dr^a Isadora França pela valiosa ajuda e contribuição para a realização deste trabalho.

A Dr^a Noemíia Kazue Ishikawa (INPA) e ao técnico João Vitor Soares, por todo apoio e logística durante o período em que passei na Reserva Florestal Adolpho Ducke e no Herbário do INPA (coleção de fungos)

Ao técnico do MPEG, Luís Carlos Lobato pela identificação das espécies botânicas.

A Dr^a. Laura Migleo e ao Dr. Rolf Silva do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) que me auxiliaram nas imagens que compõem este trabalho.

Aos meus amigos do Laboratório de Micologia: Luana do Carmo, Jamille Oliveira, Renato Ferreira e Edmar Fernandes pela ajuda, companhia diária, amizade e momentos divertidos no qual passamos juntos.

Aos meus estimados amigos Fabiano Brito e Luana do Carmo, pela companhia, ajuda e ensinamentos, e por todos momentos alegres no qual passamos juntos.

A minha querida turma de mestrado, especialmente para Margoula Ribeiro, Elayne Braga, Flávio Nóvoa, Renato Ferreira, Isaías da Conceição, Juliana Almeida, Catarina de Carvalho, Cyntia Porfírio, Camilo Verissímo e Paula Cruz, pela amizade construída, companheirismo e por todos os momentos inesquecíveis no qual passamos juntos.

Aos meus pais, Moacir Carvalho e Maria Estela Carvalho e a minha irmã Jéssica, pela torcida, por toda dedicação, apoio e confiança que depositam em mim.

E a todos os meus amigos que convivem comigo, torcem por mim e sempre acreditaram no meu potencial. Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
RESUMO	8
ABSTRACT	9
1.CONTEXTUALIZAÇÃO	10
1.1.Revisão de literatura	14
1.1.1. Caracterização da ordem Pucciniales	14
1.1.2. Importância econômica das ferrugens	15
1.1.3. Taxonomia	18
1.1.4. Pucciniales na Amazônia	21
Referência Bibliográficas	25
2. Fungos causadores de ferrugens (Pucciniales) em plantas da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Amazônia Central, Brasil	32
Resumo	33
Abstract	34
Introdução	35
Material e Métodos	36
Área de estudo	36
Coleta de dados e identificação	37
Resultado e discussão	39
Agradecimentos	64
Bibliografia citada	65
APÊNDICES	72
ANEXO 1– NORMAS DA REVISTA ACTA AMAZONICA	81

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Localização da Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD) no estado do Amazonas.....**23**

Figura 2. A-B. Área de estudo na Reserva Florestal Adolpho Ducke.....**24**

CAPÍTULO 2

Figura 1. Fungos da ordem Pucciniales em plantas da RFAD. **(A-F)** *Aecidium amazonense* P. Hennings; **(G-K)** *Aecidium juruense* P. Hennings; **(L-O)** *Aecidium xyloiae* P. Hennings.....**77**

Figura 2. Fungos da ordem Pucciniales em plantas da RFAD. **(A-B)** *Aecidium xyloiae* P. Hennings; **(C-H)** *Aecidium* sp.; **(I-L)** *Dietelia duguetiae* (Thrust.) Buriticá & J. F. Hennen.....**78**

Figura 3. Fungos da ordem Pucciniales em plantas da RFAD. **(A-B)** *Edythea palmaea* (J. F. Hennen & Y. Ono) Cummins & Hirats.; **(C-F)** *Porotenus biporus* Hennen & Sotão; **(G-J)** *Uredo pusilla* F. Kern, Thrust. & Whetzel; **(K-O)** *Sorataea* sp.....**79**

Figura 4. Fungos da ordem Pucciniales em plantas da RFAD. **(A-B)** *Chaconia heliconiae* Berndt; **(C-D)** *Uredo* sp.; **(E)** *Crossopsora piperis* Berndt, F. O. Freire & C. N. Bastos; **(F)** *Sphenospora smilacina* H. Sydow.....**80**

RESUMO

Fungos causadores de ferrugens em plantas da Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), localizada na cidade de Manaus (AM), foram estudados com base nas características morfológicas dos soros, esporos e microestruturas de interesse taxonômico, e também foi considerada a especificidade desses fitopatógenos, em relação as plantas hospedeiras. Identificou-se 21 táxons, pertencentes a onze gêneros da ordem Pucciniales (Pucciniomycetes – Basidiomycota), classificados nas famílias: Chaconiaceae (*Chaconia*), Pucciniaceae (*Puccinia*), Puccinosiraceae (*Dietelia*), Phakopsoraceae (*Crossopsora*), Raveneliaceae (*Sphenospora*) e Uropyxidaceae (*Desmella*, *Edythea*, *Porotenus* e *Sorataea*), e dois gêneros anamorfos (*Aecidium* e *Uredo*). Todas as espécies identificadas representam o primeiro registro para área de estudo, entre estes se destacam os novos registros para o Brasil: *Uredo pusilla* F. Kern, Thrust. & Whetzel; para Amazônia: *Dietelia duguetiae* (Thrust.) Buriticá & J. F. Hennen e para o Estado do Amazonas: *Aecidium xylopiae* Henn., *Chaconia heliconiae* Berndt., *Crossopsora piperis* Berndt, F. O. Freire & C. N. Bastos, *Edythea palmaea* (J. F. Hennen & Y. Ono) Cummins & Hirats., *Porotenus biporus* J. F. Hennen & Sotão e *Sphenospora smilacina* Syd. Os espécimes estudados estavam parasitando 20 gêneros de plantas hospedeiras, distribuídas em 13 famílias botânicas (Annonaceae, Arecaceae, Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Heliconiaceae, Marantaceae, Moraceae, Piperaceae, Poaceae, Rubiaceae, Smilacaceae e Tectariaceae), entre estas, a família Annonaceae que se destacou com cinco gêneros de plantas hospedeiras, parasitadas por cinco espécies de ferrugens. Uma chave de identificação é apresentada para estas espécies de ferrugens sobre Annonaceae. Descrições das microestruturas, ilustrações fotográficas, distribuição geográfica e comentários taxonômicos são apresentados para estas espécies e para os novos registros para o Brasil, Amazônia e Estado do Amazonas.

Palavras-chave: Amazônia. Basidiomycota. Biodiversidade. Pucciniomycetes. Taxonomia.

ABSTRACT

Fungi that cause rust on plants Adolpho Ducke Forest Reserve (ADRF), located in the city of Manaus (AM), were studied based on morphological characteristics of serums, spores and microstructures of taxonomic interest, and was also considered the specific nature of pathogens, in relation to the host plant. It identified 21 taxa belonging to eleven genera of Pucciniales order (Pucciniomycetes - Basidiomycota), classified in families: Chaconiaceae (*Chaconia*), Pucciniaceae (*Puccinia*), Puccinosiraceae (*Dietelia*), Phakopsoraceae (*Crossopsora*), Raveneliaceae (*Sphenospora*) and Uropyxidaceae (*Desmella*, *Edythea*, *Porotenus* and *Sorataea*), and two anamorphic genera (*Aecidium* and *Uredo*). All identified species represent the first record for the study area, among them stand out the new records for Brazil: *Uredo pusilla* F. Kern, Thrust. & Whetzel; for Amazon: *Dietelia duguetiae* (Thrust.) Buriticá & J. F Hennen and the State of Amazonas: *Aecidium xylopiiæ* Henn, *Chaconia heliconiae* Berndt, *Crossopsora piperis* Berndt, F. O Freire & C. N. Bastos, *Edythea palmaea* (J. F. Hennen & Y. Ono). Cummins & Hirats., *Porotenus biporus* J. F Hennen & Sotão and *Sphenospora smilacina* Syd. The specimens studied were parasitized 20 genera of host plants, distributed in 13 botanical families (Annonaceae, Arecaceae, Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Heliconiaceae, Marantaceae, Moraceae, Piperaceae, Poaceae, Rubiaceae, Smilacaceae and Tectariaceae), among these, the Annonaceae family that stood out with five genera of host plants parasitized by five species of rusts. A key is presented for these species of rusts on Annonaceae. Descriptions of microstructures, photographic illustrations, geographical distribution and taxonomic comments are presented for these species and new records for Brazil, the Amazon and the State of Amazonas.

Keywords: Amazon. Basidiomycota. Biodiversity. Pucciniomycetes. Taxonomy.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Os fungos fitopatógenos causadores de ferrugens estão reunidos na ordem Pucciniales, classificada atualmente no reino Fungi, sub-reino Dikarya, filo Basidiomycota, subfilo Pucciniomycotina e classe Pucciniomycetes (BAUER et al., 2006; AIME et al., 2006; HIBBET et al., 2007). A ordem Pucciniales é de origem monofilética, sendo uma das ordens mais expressivas deste reino, onde são conhecidas cerca de 8.000 espécies (KIRK et al., 2008).

As ferrugens são assim denominadas, devido a algumas espécies causarem soros e esporos de cor vermelho-ferruginoso (YEPES; CARVALHO-JR, 2010). Porém, nem todas as espécies têm esta coloração e podem ocasionar vários sintomas como: manchas foliares, galhas, pústulas, cancros e anomalias de crescimento (hiperplasia, hipertrofia e vassoura de bruxa) (SOTÃO et al., 2009). Os sintomas manifestam-se predominantemente nas folhas, podendo ocorrer em outras partes vegetais como: bainhas, colmos, ramos novos, órgãos florais e frutos. São parasitas obrigatórios, ou seja, necessitam da planta viva para sobreviver, e apresentam alta especificidade em relação aos seus hospedeiros, sendo capazes de infectar um grande número de plantas vasculares, cultivadas ou silvestres (CUMMINS; HIRATSUKA, 2003).

As ferrugens têm ocorrência mundial e são relatadas sobre uma ampla gama de hospedeiros: samambaias, coníferas e angiospermas (mono e eudicotiledôneas) e em todos os sistemas terrestres. Famílias botânicas como Polypodiaceae, Pinaceae, Malpighiaceae, Euphorbiaceae, Leguminosae, Poaceae e Asteraceae, nas quais as famílias citadas apresentam uma ampla variedade de gêneros e espécies de ferrugens hospedeiras (CUMMINS; HIRATSUKA, 2003). Apresentam alta especificidade em relação aos seus hospedeiros, sendo capazes de infectar um grande número de plantas vasculares, cultivadas ou silvestres. Como exemplo de especificidade temos a ferrugem que ocorrem na família Mirtaceae causada por *Puccinia psidii* Winter e da Solanaceae causada por *Puccinia pampeana* Speg, entre outras espécies que são consideradas como de distribuição mundial que infectam plantas cultivadas, causando prejuízos significativos à agricultura (APARECIDO; PASSADOR, 2009). Neste trabalho foram encontrados 13 famílias hospedeiras de ferrugens entre espécies cultivadas e silvestres.

Alguns gêneros de Pucciniales, destacando-se *Puccinia* e *Uromyces*, contém espécies que são capazes de parasitar plantas de diferentes famílias, porém muito gêneros aparentemente são restritos a certas plantas, como por exemplo de especificidade os gêneros *Prospodium*, *Kernkampella* e *Ravenelia*, geralmente estão associadas apenas as plantas da família Bignoniaceae, Euphorbiaceae e Leguminosae, respectivamente (CASTRO, 2012).

Por serem parasitas obrigatórios que necessitam de um hospedeiro vivo para completar o seu ciclo de vida e são específicos em relação aos seus hospedeiros. E assim possuem influência direta sobre a forma de sobrevivência destes patógenos. Portanto, estes fungos sobrevivem principalmente na forma de urediniósporos que geralmente permanecem sobre plantas hospedeiras, e em outras situações os teliósporos podem atuar como estrutura de resistência, garantindo assim a sobrevivência do patógeno na ausência do hospedeiro. A disseminação pode ocorrer principalmente através do vento, água e insetos, sendo a água e o vento os principais fatores na disseminação dos esporos dentro da planta ou para plantas vizinhas.

O vento pode ser o responsável por levar os esporos a grandes distâncias, promovendo uma distribuição eficiente do inóculo em amplas áreas. Assim, os esporos ao atingirem uma planta suscetível passam a desenvolver a etapa de infecção, com a germinação do esporo. A penetração pode ocorrer através dos estômatos e a colonização a partir do micélio intercelular com a emissão de haustórios no interior das células. Como consequência da colonização do tecido foliar, surgem os sintomas, geralmente na forma de manchas puntiformes de coloração levemente amarelada, porém os sintomas podem ter coloração diferente desta dependendo do hospedeiro e condições climáticas (BERGAMIN FILHO et al., 1995).

Segundo Zuluaga et al. (2008), a classificação das ferrugens nos níveis taxonômicos se fundamentam nos caracteres morfológicos dos soros e esporos, e no estudo das relações com seus hospedeiros. Recentemente a taxonomia de Pucciniales vem sendo complementada com as sequências de regiões do DNA, tornando-se muito importante na sistemática e taxonomia de fungos e na compreensão das relações evolutivas.

As ferramentas moleculares têm se tornado um grande auxílio na taxonomia através do sequenciamento de regiões conservadas, como exemplo as regiões LSU (*Large*

Subunit) e ITS (Internal Transcribed Spacer). O rDNA consiste em regiões conservadas com baixo nível de polimorfismo na unidade de transcrição, permitindo assim, a caracterização de cada espécie, por isso tem sido muito utilizada para estudos de identificação de raças com o objetivo de caracterizar aspectos adicionais dos patógenos que poderiam contribuir para o melhor entendimento da sua evolução, bem como obter um controle mais eficaz do mesmo (WHITE et al., 1990).

Trabalhos recentes analisam o sequenciamento de DNA das regiões ITS, LSU e SSU (*Small Subunit*) como bem exemplificado nos trabalhos: Aime et al. (2006) que fizeram um estudo filogenético de classes e ordens que pertencem ao subfilo Pucciniomycotina; Beenken et al. (2012) onde estudando a espécie monoespécifica *Dasyspora gregaria* (Kunze) Henn através de microscopia e sequenciamento do DNA concluiu-se que *D. gregaria* não é uma única espécie mas pode ser dividida em 11 espécies distintas todas parasitando o gênero *Xylopia* (Annonaceae); Beenken (2014) estudando quatro espécies de ferrugens que ocorrem no gênero *Annona* (Annonaceae) verificou-se que *Batistopsora* é sinônimo de *Phakpsora* e assim fez novas combinações e a descrição da nova espécie *Aecidium verannonae* Beenken; Beenken e Wood (2015) estudando os gêneros teleomorfos que ocorrem em Annonaceae foi observado que eles não pertencem aos gêneros que foram originalmente atribuídos, sendo assim, foi proposto a criação de dois novos gêneros *Puccorchidium* e *Sphenorchidium* e feito novas combinações. Souza et al. (2015) estudando a espécie *Aecidium goyazense* Henn através de microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura e sequenciamento de DNA que essa espécie é muito semelhante ao *Uromyces*, na qual foi nomeada como *Uromyces hawksworthii* E. S. C. Souza, Z. M. Chaves, W. R. O. Soares, D. B. Pinho & Dianese ocorrendo em Loranthaceae.

No Brasil cerca de 750 espécies e 66 gêneros de Pucciniales estão registrados no Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil (CARVALHO-JR; SOTÃO, 2010) e no Catálogo de Ferrugens do Brasil (HENNEN et al., 2005), constituindo uma das micobiotas mais diversas do mundo e uma das mais estudadas na América do Sul (YEPES; CARVALHO-JR, 2010).

Sotão et al. (2007) comenta o déficit de informações sobre a ocorrência destes fungos para a Amazônia brasileira, onde estão registradas cerca de 184 espécies para a região Norte do Brasil (CARVALHO-JR; SOTÃO, 2016).

Coletas de fungos realizadas em áreas não visitadas ou a ampliação sistematizada das coletas em regiões pouco estudadas nos diferentes biomas brasileiros têm resultado em novos registros, fato bem exemplificado com alguns artigos envolvendo fungos Pucciniales na Amazônia (HENNEN; SOTÃO, 1996, 1997; SOTÃO et al., 1997, 2001, 2006; FRANÇA; SOTÃO, 2009; FRANÇA et al., 2010), na Mata Atlântica (CARVALHO-JR et al., 2007; YEPES; CARVALHO-Jr, 2010) e no Cerrado (REZENDE; DIANESE, 2001, 2003; SOUZA et al., 2015).

De acordo com Figueiredo e Hennen (1998), os trópicos brasileiros possuem vastas áreas que vão do semi-árido à região de floresta tropical ao cerrado, sendo áreas provavelmente ricas em espécies de ferrugem que oferecem oportunidade para obtenção de informações essenciais para o aperfeiçoamento do estudo desses fungos.

Uma das maneiras para ampliar o conhecimento sobre a biodiversidade de nosso país foi a criação de programas de pesquisa para inventariar e monitorar a biota brasileira, como o Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD) e o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), ambos com vários sítios de pesquisa em todos os biomas brasileiros. Um destes sítios, a Reserva Florestal Adolpho Ducke (Manaus – AM), foi objeto de estudo deste trabalho (Figuras 1–2).

A Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD) é uma unidade de conservação com cerca de 100 km², localizada no município de Manaus, no estado do Amazonas e administrada pelo Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA). É uma das áreas mais bem estudadas da Amazônia brasileira que vem sofrendo com a pressão antrópica devido o crescimento da região metropolitana de Manaus. Estudos mostram que a reserva sofre grande pressão devido ao surgimento cada vez mais intenso de ocupações irregulares em seu entorno (NOGUEIRA et al., 2007).

Mediante o exposto e considerando a importância de se realizar um estudo sobre a riqueza e composição dos fungos Pucciniales, em uma área do bioma Amazônia sem dados relatados da ocorrência destes fungos, este trabalho foi preparado a partir das seguintes questões: Quais espécies de fungos Pucciniales compõem a micobiota da RFAD? Qual a riqueza na área da RFAD? Quais as plantas hospedeiras de ferrugens na RFAD? Ocorre especificidade de espécie na categoria de gêneros de hospedeiros?

Os objetivos deste estudo foram: inventariar as espécies de fungos da ordem Pucciniales presentes na RFAD; efetuar estudos taxonômicos e morfológicos, descrever

e ilustrar possíveis novas espécies e os novos registros para o Brasil, Amazônia, estado do Amazonas e espécies identificadas sobre plantas da família Annonaceae; elaborar chaves de identificação para os fungos identificados na família Annonaceae; organizar coleção de referência para a área de estudo e incorporar o material identificado em herbários; relacionar os fungos Pucciniales estudados com seus hospedeiros, avaliando a especificidade de gêneros dos vegetais; levantar a riqueza das espécies na área; divulgar os resultados obtidos, visando oferecer conhecimento sobre a diversidade dos fungos na Amazônia.

Os resultados deste trabalho estão apresentados na forma de artigo: **Fungos causadores de Ferrugens em plantas da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Amazônia Central, Brasil** (Capítulo 2). O artigo está formatado conforme as normas solicitadas pela Revista Acta Amazonica, à qual será submetido, cuja escrita ainda em português, a ser traduzida posteriormente. A norma da revista está anexada neste manuscrito (Anexo I). A numeração de página segue a formatação das normas de apresentação de dissertação estabelecida pela UFRA.

1.1 Revisão de literatura

1.1.1 Caracterização da ordem Pucciniales

Os fungos causadores de ferrugens são pleomórficos, podendo apresentar vários tipos de estruturas esporogênicas e esporos com diferentes morfologias e funções, produzidas nos diversos estágios ou fases de seus ciclos vitais. Algumas espécies podem apresentar até cinco tipos de esporos diferentes. Podem desenvolver todo seu ciclo de vida em um único hospedeiro (autoécio) ou em dois hospedeiros (heteroécios). Muitas ferrugens, mesmo pertencendo ao grupo que requer dois hospedeiros diferentes para seu ciclo completo, podem sobreviver em um único hospedeiro por meio de reprodução vegetativa ou clonal (urediniósporos) (FIGUEIREDO; PASSADOR, 2008).

Os soros e esporos são tradicionalmente identificados por uma combinação de algarismos arábicos e romanos que vão de 0 a IV, de acordo com suas respectivas denominações: espermogônio e espermárias – 0; écios e eciósporos – I; uredínios e urediniósporos – II; télios e teliósporos (probasídio) – III; basídio (metabasídios) e basidiósporos – IV (FIGUEIREDO, 1989). Além destes, algumas espécies podem

apresentar outros tipos de esporos denominados de anfisporos que são esporos de resistência e mesósporos que são teliósporos unicelulares que se desenvolvem em télios com teliósporos bicelulares (CUMMINS; HIRATSUKA, 2003).

Segundo Cummins e Hiratsuka (2003), o uso de terminologias como écio uredinóide ou uredínio ecióide e as abreviações como I^{II}, II^I e III^I, respectivamente (écio uredóide, uredínio ecidióide e télia ecidióide) não são aconselhadas para designar morfologia e a posição no ciclo. Os autores sugerem mencionar o tipo morfológico do gênero de um anamorfo juntamente com o estágio do ciclo de vida, ou seja, écio do tipo *Aecidium*, uredínio do tipo *Aecidium* ou écio do tipo *Uredo*.

Carvalho-Jr et al. (2007) adotaram simbologias para expressar a função e morfologia dos estádios e esporos das ferrugens, sendo estas notações adaptadas por Yepes e Carvalho-Jr (2010), mantendo as notações com números romanos e arábicos (0, I, II, III, IV), significando as funções e com adição de letras que representam alguns traços morfológicos mais comuns utilizados nas descrições e particularidades do grupo. As letras “p”, “c” ou “s” que acompanham os referidos estádios esporíferos que correspondem aos esporos “pedicelados”, “catenulados” ou “sésseis” e as letras “e”, “v” ou “r” dizem respeito às ornamentações “equinulada”, “verrugosa” ou “rugosa”. Completando esse sistema, há ainda o símbolo formado por duas setas paralelas (➡➡) em direções contrárias que demonstra espécies heteróicas.

Os ciclos de vida destes fungos, em geral, são pouco conhecidos e de considerável complexidade, pois apresentam estruturas com grande variedade morfológica e funcional. Mediante a expansão e redução do seu ciclo de vida, têm capacidade de se adaptar a condições climáticas extremas (BURITICÁ, 2001).

Dependendo do número dos estágios esporíferos, existem três tipos básicos de ciclos de vida que são denominados: macrocíclico, demicíclico e microcíclico. Ferrugem macrocíclica é que tem seu ciclo completo, ou seja, possui a capacidade de desenvolver cinco tipos de esporos diferentes. As ferrugens demicíclicas são as quais se conhecem apenas a fase uredinal (II). No entanto, as ferrugens microcíclicas são as que produzem apenas teliósporos (III) ou espermogônio e teliósporos (0, III) (CUMMINS; HIRATSUKA, 2003).

1.1.2 Importância econômica das ferrugens

Muitas espécies de ferrugens são de grande importância econômica pelas perdas que causam. Como exemplos de cultivos de importância mundial mais atacados por ferrugens estão: café (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome), sorgo (*Puccinia sorghi* Schwein), trigo (*Puccinia graminis* Pers.), soja (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd.), cana-de-açúcar (*Puccinia melanocephala* H. & P. Sydow), milho (*Puccinia sorghi* Schwein), pinho (*Cronartium ribicola* J. C. Fisch.) e eucalipto (*Puccinia psidii* Winter).

A ferrugem do café causada por *Hemileia vastatrix* é uma doença foliar que, inicialmente, causa manchas cloróticas translúcidas com 1–3 mm de diâmetro, observadas na face abaxial. Em poucos dias essas manchas crescem, atingindo 1–2 cm de diâmetro. Na face abaxial, desenvolvem-se soros pulverulentos geralmente de coloração amarelo-laranjado formadas por urediniósporos, quando coalescem, podem cobrir grande extensão do limbo foliar. O fungo ataca algumas variedades de café, porém, dentro do gênero *Coffea*, são observadas diferentes reações à patogenicidade. (NUNES et al., 2005).

Na cultura do trigo temos dois tipos de ferrugens atacando diferentes partes da planta, a *Puccinia triticina* Erikss. sendo encontrada na folha e a *P. graminis* f. sp. *tritici* que parasita o colmo da planta. A primeira é uma doença caracterizada pelo aparecimento de pústulas com esporos de coloração amarelo-escuro a marrom na superfície das folhas, a partir da emergência até o estádio de maturação, causando perdas em produtividade de grãos que podem superar 50 %, devido a redução da área fotossintética e o aumento da respiração da planta. Enquanto a segunda espécie, as plantas geralmente não apresentam sintomas típicos da doença até sétimo ao décimo quinto dia após a infecção, quando os urediniósporos de cor pardo-ferruginoso rompem a epiderme. Esta ferrugem é heteroécia macrocíclica, ou seja, necessita de um hospedeiro secundário para completar o seu ciclo de vida e possui a capacidade de produzir os cinco estágios esporíferos. Geralmente são oriundos de plantas hospedeiras e infectadas, e também através de sementes espalhadas no campo ou nas estradas na época da colheita. Estas plantas podem ser infectadas a partir de esporos produzidos em plantas de trigo de maturação tardia que também podem servir como “abrigos” para o transporte do fungo até a próxima safra (SCHUMANN; LEONARD, 2000).

A ferrugem da soja é causada por duas espécies do gênero *Phakopsora*: *P. meibomiae* (Arth.) Arth., causadora da ferrugem "americana" e a *P. pachyrhizi* Sydow & P. Sydow, causadora da ferrugem "asiática", sendo esta presente na maioria dos países

que cultivam a soja, e a partir da safra 2000/01 também no Brasil e no Paraguai. A distinção entre as duas espécies são feitas através da morfologia dos teliosporos e da análise do DNA. Os sintomas iniciais da doença são caracterizados por minúsculos pontos mais escuros de coloração esverdeada a cinza-esverdeada. Devido ao hábito biotrófico do fungo, em cultivares suscetíveis, as células infectadas morrem somente após ter ocorrido abundante esporulação. Devido a isso, as lesões não são facilmente visíveis no início da infecção. E assim à medida que ocorre a morte dos tecidos infectados, as manchas aumentam de tamanho (1–4mm) e adquirem coloração castanho-avermelhada (EMBRAPA SOJA, 2003).

A importância da ferrugem da soja causada pelo fungo *P. pachyrhizi* Syd. & P. Syd pode ser avaliada pela sua rápida expansão e pela perda que tem causado, atingindo o rendimento e inviabilizando a colheita. Portanto o total de perdas de grãos atribuídas ao ataque do fungo, no Brasil, durante as safras de 2001/02 a 2003/04 atingiu mais de 8,5 milhões de toneladas ou o equivalente a US \$ 2,06 bilhões, sendo que a única região produtora do país, onde a doença não foi registrada, foi no estado de Roraima durante a safra de 2003/04 (YORINORI et al., 2004).

A ferrugem do eucalipto causada por *Puccinia psidii* é uma doença foliar que ataca espécies arbóreas e nativas da família Myrtaceae. O fungo ocorre nas folhas, pecíolos e ramos principais, onde os primeiros indícios são a presença de pontuações minúsculas, levemente salientes, verde-claras ou vermelho-amareladas. Posteriormente essas pontuações tornam-se pústulas contendo urediniósporos amarelos. Nos dias subsequentes ao surgimento das primeiras pústulas, surgem as infecções secundárias dentro de uma mesma planta, especialmente pela disseminação dos urediniósporos, através do orvalho ou da chuva. E em poucos dias, sob condições favoráveis, o ramo terminal ou haste principal ficam totalmente tomados pela doença. A ferrugem do eucalipto raramente mata as plantas, exceto quando ataca com severidade brotações novas após corte raso. As plantas recuperam-se da doença, emitindo novas brotações, a qual poderá ser novamente atacada pela ferrugem, dependendo das condições ambientais (AUER et al., 2010).

No Brasil, Aparecido e Do Vale (2012), estudando a importância da *Puccinia psidii* na cultura do eucalipto, no estado de São Paulo, observaram que, com a expansão das áreas de plantio para regiões quentes e úmidas, favoreceu a ocorrência da doença em plantios suscetíveis, sendo esta apontada como uma das principais doenças da cultura,

resultando em severos danos às plantações, com a redução na produção de celulose e também trazendo resultados negativos em áreas de reflorestamento.

Para a região Norte do País temos a ferrugem do jambu causada por *Puccinia xanthii* Schwein uma importante doença para a economia regional principalmente para a agricultura familiar, porém ainda pouco estudada, é uma doença que causa perdas na produção devido ser muito severa em plantios de jambu.

Segundo Homma et al. (2011) o sucesso do jambu constitui exemplo de uma produção e consumo invisível, pois apesar da sua importância, não constam nas estatísticas oficiais. A expansão do seu cultivo mostra a importância que se deve dar para os recursos da biodiversidade, na medida em que são domesticados e aqueles que já são cultivados em consonância com o crescimento do mercado.

Outra atividade importante para a região norte é o cultivo da mandioca, com a produção de farinha e fécula, onde a escala de operação das indústrias de processamento de farinha vai desde as pequenas unidades artesanais de processamento (comunitárias ou privadas) existentes no Brasil como um todo, até as unidades de grande porte que processam, em média, 300 sacas de farinha por dia, passando pelas unidades de médio porte (100 sacas por dia). O cultivo da mandioca tem papel importante na geração de emprego e de renda, notadamente nas áreas pobres da região nordeste do País, estima-se que são gerados, no Brasil, um milhão de empregos diretos. (MATTOS; CARDOSO, 2003).

A ferrugem da mandioca é causada por *Uromyces manihotis* Henn. que ataca principalmente tecidos novos, com pústulas de coloração marrom a alaranjada que são encontradas na face abaxial das folhas, nos pecíolos, no caule e nos frutos. Folhas e ramos podem sofrer deformações, causando o crescimento exagerado de células dos tecidos infecionados. Eventualmente pode ocorrer amarelecimento e seca dos ponteiros. Observações no campo revelaram que a fonte principal de inóculo são os uredósporos, sendo que os teliósporos raramente são encontrados (RODRIGUEZ et al., 2008).

1.1.3 Taxonomia

Inicialmente as famílias foram definidas pelas características morfológicas de seus teliósporos: Melampsoraceae com teliósporos não pedicelados (télíos subepidermal, cobertos), Cronartiaceae com teliósporos em cadeias e Pucciniaceae com teliósporos

pedicelados (télios erumpentes) (HUGHES, 1970). Posteriormente, Hiratsuka e Hiratsuka (1980) consideraram a importância dos tipos morfológicos de espermogônios como caracteres taxonômicos fundamentais, reconhecendo assim 12 famílias. A partir destas observações e de outras características tais como posição e número dos poros germinativos, ornamentação dos uredinósporos e na morfologia dos uredosoros e aeciosoros Cummins e Hiratsuka (1983) propõem a definição de 14 famílias para a ordem, as quais foram reduzidas para 13 devido à união das famílias Raveneliaceae e Sphaerophgmiaceae por Cummins e Hiratsuka (2003) que descreveram e ilustraram 119 gêneros holomórficos e 13 anamórficos.

Os gêneros anamórficos foram baseados apenas na morfologia, sem a designação do estágio do ciclo de vida (écio ou uredínio) ou discussão das implicações taxonômicas ou filogenéticas. Quando no ciclo de vida de uma espécie se estabelece uma conexão entre o anamorfo e o teleomorfo, fica então definido o holomorfo que se aplica ao conjunto dos estágios do ciclo de vida de uma espécie.

Entretanto alguns grupos de fungos, a classificação das Pucciniales em nível de família, gênero e espécie é baseada quase exclusivamente na morfologia dos teliosporos, sendo que em muitos casos, estas características são variáveis, produzindo informações insuficientes ou imprecisas que conduz à geração de classificações não naturais. Nas últimas décadas, o sequenciamento de regiões funcionais ribossomal tem desempenhado um papel fundamental na inferência de relações evolutivas entre indivíduos e grupos de indivíduos (BLACKWELL et al., 2006).

Os primeiros estudos que utilizaram informação molecular para o grupo foram desenvolvidos por Kropp et al. (1997) e Roy et al. (1998) onde ambos utilizaram as sequências ITS (*Internal Transcribed Spacer*), geradoras de informações relacionada com os gêneros específicos de *Puccinia*. Atualmente muitas contribuições ampliaram o conhecimento do grupo, como os progressos recentes sobre uma compreensão da filogenia de fungos que demonstram que partes da atual classificação de ferrugens são artificiais (AIME et al., 2006). Os dois maiores gêneros *Puccinia* Pers. e *Uromyces* (Link) Unger provaram ser especialmente problemáticos a este respeito devido esses dois clados não serem bem definidos (AIME et al., 2006; ZULUAGA et al., 2011).

Novas espécies e novos registros têm sido publicados para o Neotrópico, com alguns tipos do Brasil, destacando as contribuições mais recentes de Carvalho-Jr e

Hennen (2010) que publicaram novas espécies para o gênero *Prospodium* e o novo gênero *Canasta*. Carvalho-Jr e Hennen (2012) divulgaram seis espécies de *Puccinia* para o Brasil (*Puccinia bipolares*, *P. calida*, *P. douradae*, *P. macumba*, *P. manuelensis* e *P. pipta*).

Berndt e Beenken (2013) descreveram as novas espécies *Chaconia clusiae* Berndt e *Chaconia heliconiae* Berndt sobre *Clusia cf. palmicida* Rich. ex Planch. & Triana (Clusiaceae) e *Heliconia psittacorum* L. f., *H. bihai* (L.) L. e *Heliconia* sp. L. (Heliconiaceae), respectivamente, ocorrendo na Guiana Francesa.

Beenken e Berndt (2010), estudando sete espécies do gênero *Sphaerophragmium* ocorrendo em plantas da família Annonaceae, descreveram a nova espécie, *S. xylopiae* Beenken & Berndt sobre *Xylopia* sp., e recombinaram a espécie *Uropyxis gerstneri* Doidge para *S. gerstneri* (Doidge) Beenken & Berndt.

No trabalho de Beenken et al. (2012), estudando a espécie *Dasyspora gregaria* (Kunze) Henn, monoespecífica dentro do gênero *Dasyspora* pertencente família Uropyxidaceae (Pucciniales) foi investigada através de caracteres morfológicos e o sequenciamento do DNA que esta não é uma única espécie mas pode ser dividida em 11 táxons distintos, sendo que todas elas estão parasitando o gênero *Xylopia* (Annonaceae). Estas espécies foram agrupadas em dois clados: *D. gregaria* e *D. winteri*.

Na continuação dos estudos sobre ferrugens que ocorrem em Annonaceae, Beenken (2014) analisou a partir de caracteres morfológicos e sequenciamento do DNA as seguintes espécies de ferrugens: *Phakopsora cherimoliae* (Lagerh.) Cummins, *Batistopsora crucis-filii* Dianese, Medeiros & Santos, *B. pistila* Buriticá & J. F. Hennen e os gêneros anamorfos *Aecidium annoneae* Henn. e *Uredo rolliniae* W. T. Dale todos ocorrendo sobre Annonaceae, onde foi verificado que o gênero *Batistopsora* é sinônimo de *Phakopsora*, e assim foram feitas novas combinações: *Phakopsora crucis-filii* (Dianese, R. B. Medeiros & L. T. P. Santos) Beenken, *Phakopsora pistila* (Buriticá & J. F. Hennen) Beenken e *Phakopsora rolliniae* (W. T. Dale) Beenken. E a descrição da nova espécie *Aecidium verannonae* Beenken.

No trabalho mais recente de Beenken e Wood (2015), onde foram realizados estudos através de caracteres morfológicos e análise molecular usando as sequências de LSU e SSU que confirmam que *Diorchidium polyalthiae* Syd. & P. Syd. ocorrendo em *Polyalthia longifolia* (Soon.) Thwaites (Annonaceae), *Puccinia popowiae* Cooke ocorrendo em *Monanthotaxis caffra* Verdc. (Annonaceae) e *Sphenospora xylopiae* J. M.

Yen & Sulmont ocorrendo em *Xylopia aethiopica* (Dunal) A. Rich (Annonaceae) não pertencem aos gêneros em que foram inicialmente atribuídos. E assim foram propostos a criação de dois novos gêneros para acomodar estas espécies: *Puccorchidium* e *Sphenorchidium*, sendo que no primeiro foi feito a combinação de *Puccinia* e *Diorchidium* (*Puccorchidium polyalthiae* (Petch) Beenken e *P. popowiae* (Cooke) Beenken & A. R. Wood, e no segundo a combinação de *Sphenospora* e *Diorchidium* (*S. xylopiiæ* (J. M. Yen & Sulmont) Beenken e *S. deightonii* (Syd.) Beenken).

1.1.4 Pucciniales na Amazônia

Os primeiros estudos realizados na Amazônia sobre Pucciniales são de Paul Hennings, intitulados como *Fungi Paraenses* (1902) e *Fungi Amazonici* (1904), nos quais foram descritas as espécies dos fungos da Amazônia. Os coletores que mais contribuíram neste estudo foram Charles Fuller Baker, Ernst Ule e Jacques Huber.

Albuquerque (1971a, 1971b) descreveu cinco novas espécies de Pucciniales para a Amazônia: *Porotenus memorae* F. C. Albuquerque, *Scopella amazonensis* F. C. Albuquerque (atualmente sinônimo de *Maravalia amazonensis* (Albuquerque) Y. Ono), *Uredo jaranae* F. C. Albuquerque (atualmente sinônimo de *Physopella jaranae* (Albuquerque) Buriticá & Hennen), *Uredo aristolochiae* F. C. Albuquerque e *Uredo retangulata* F. C. Albuquerque. O mesmo autor divulgou uma lista com as espécies de Pucciniales coletadas na Amazônia e catalogadas no Herbário Micológico da Seção de Fitopatologia do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária do Norte (IPEAN) atualmente Embrapa Amazônia Oriental (Empresa Brasileira de Pecuária e Agricultura). Albuquerque e Figueiredo (1971) descreveram *Uromyces belemensis*, como uma nova espécie para a Amazônia.

Hennen e Freire (1979) publicaram a descrição de *Apra*, sendo esta um novo gênero de Pucciniales que ocorrem em *Mimosa micrantha* Benth. (Leguminosae). Hennen e Sotão (1996) divulgaram novas espécies de Pucciniales que ocorrem em Bignoniaceae: *Porotenus biporus* J. F. Hennen & Sotão, *P. bibasiporulus* J. F. Hennen & Sotão, *Uredo amapaensis* J. F. Hennen & Sotão, *Prospodium amapaensis* J. F. Hennen & Sotão e *P. laevigatum* J. F. Hennen & Sotão.

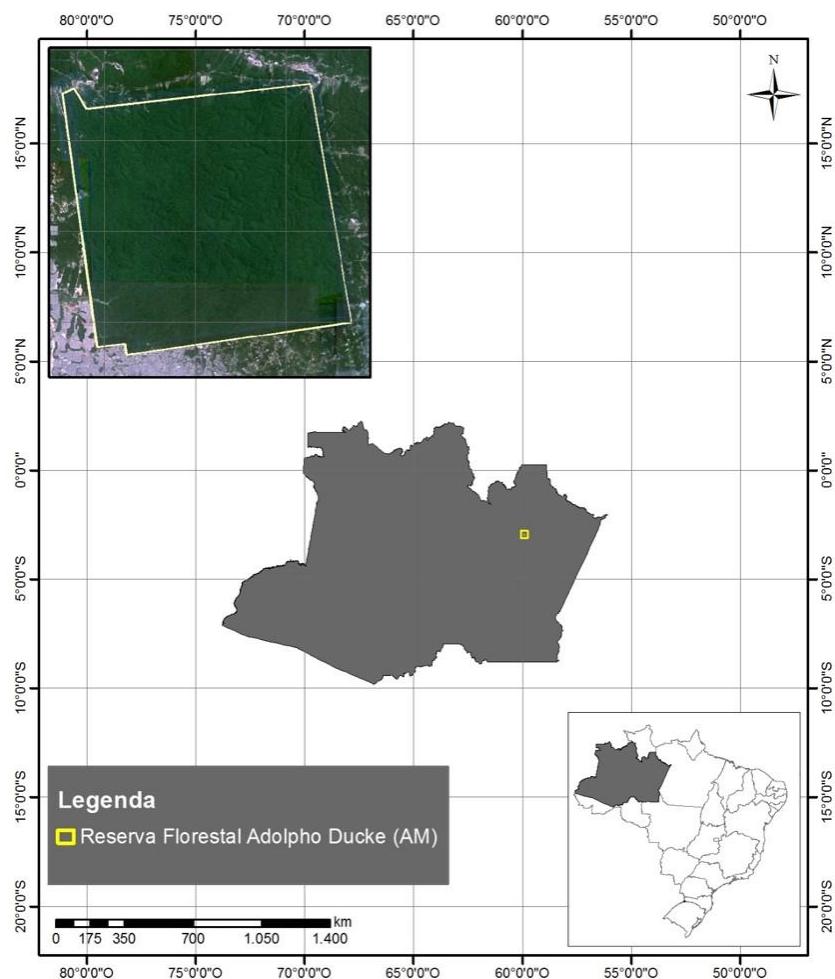
Na Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço, Pará, foi realizado um inventário com fungos Pucciniales que resultou em vários trabalhos, como Sotão et al. (1997, 2006,

2007, 2009, 2013) que, hoje copilados, resultam em média de 70 espécies para esta unidade de conservação.

França e Sotão (2009) fazendo um levantamento na Reserva Biológica do Lago Piratuba, no estado do Amapá, identificaram as espécies *Atelocauda incrustans* Arthur & Cummins e *Chaconia alutacea* Juel como novos registros para o Brasil, sendo o gênero *Atelocauda* a primeira citação para a América do Sul, resultando ainda em mais 17 táxons publicados em França et al. (2010).

Na lista de Plantas e fungos do Brasil (CARVALHO-JR; SOTÃO, 2016) para o estado do Amazonas, estão registrados 68 espécies de Pucciniales. Em visita ao Herbário INPA (Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia) a autora encontrou depositado apenas nove espécimes: *Aecidium* sp. sobre Annonaceae (nº 110697), *Cerotelium desmum* (Berk. & Broome) Arthur sobre família/gênero indeterminado (nº 67037), *Didymopsora solani-argentei* (Henn.) Dietel sobre *Cordia* sp. (nº 67181), *Phragmidium disciflorum* (Tode) J. James sobre *Rosa* sp. (nº 67169), *Puccinia* sp. sobre *Paspalum* sp. (nº 100757), *Puccinia cenchri* Dietel & Holway sobre *Cenchrus echinatus* L. (nº 67165), *Puccinia anthephorae* Arthur & J. R. Johnst. sobre *Anthephora hermafrodita* (L.) Kuntze (nº 67137), *Puccinia leonotidis* (Henn.) Arthur sobre *Leonotis nepetifolia* (nº 67131) e *Uromyces manihoticola* Henn. sobre *Manihot utilissima* (nº 67097 e 67076). Portanto novas coletas poderão contribuir para ampliar a distribuição geográfica destes fungos para o estado do Amazonas e implementar a coleção de fungos deste herbário.

Figura 1. Localização da Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD) no estado do Amazonas.



Fonte: Google, CNES/Astrium, Digital Globe.

Figura 2. A-B. Área de estudo na Reserva Florestal Adolpho Ducke.



Fonte: Carvalho, A. C.; Sotão, H.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIME, M. C.; MATHENY, P. B.; HENK, D. A.; FRIEDERS, E. M.; NILSSON, R. H.; PIEPENBRING, M.; MCLAUGHLIN, D. J.; SZABO, L. J.; BEGEROW, D.; SAMPAIO, J. P.; BAUER, R.; WEIß, M.; OBERWINKLER, F.; HIBBETT, D. An overview of the higher level classification of Pucciniomycotina based on combined analyses of nuclear large and small subunit rDNA sequences. **Mycologia.** v. 98. n. 6, p. 896-905. 2006.
- ALBUQUERQUE, F.C. Relação das espécies de Uredinales coletados na Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronômica.** v. 6. p. 147-150. 1971 a.
- ALBUQUERQUE, F.C. Descrição de cinco novas espécies de Uredinales da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronômica.** v. 6. p. 139-143. 1971 b.
- ALBUQUERQUE, F.C.; FIGUEIREDO, M.M. Descrição de uma nova espécie de Uredinales da Amazônia *Uromyces belemensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronômica.** v. 6. p. 145-146. 1971.
- APARECIDO, C.C; PASSADOR, M.M. **Metodologia para estudos biológicos em uredinales.** 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/Uredinales/index.htm>. Acesso em 8 Abril 2016.
- APARECIDO, C. C.; do VALE, S. L. Importância do Fungo *Puccinia psidii* Winter para a Cultura de Eucalipto no Estado de São Paulo. **Instituto Biológico – Divulgação Técnica.** v. 74. n. 1. p. 19-22. jan./jun. 2012.
- AUER, C. G.; SANTOS, A. F.; BORA, K. C. A ferrugem do eucalipto na região sul do Brasil. **Comunicado Técnico.** Colombo - PR, Outubro, 2010.
- BAUER, R.; BEGEROW, D.; SAMPAIO, J. P.; WEIB, M.; OBERWINKER, F. The simple-septate basidiomycetes: a synopsis. **Mycological Progress.** v. 5. p. 41-66. 2006.
- BLACKWELL, M.; HIBBETT, D. S.; TAYLOR, J. W.; SPATAFORA, J. W. Research coordination networks: A phylogeny for kingdom Fungi (Deep Hypha). **Mycologia.** v. 98. p. 829 – 837. 2006.
- BEENKEN, L.; BERNDT, R. Rust fungi on Annonaceae: the genus *Sphaerophragmium*. **Mycologia.** v. 102. n. 3. p. 650–663. 2010.
- BEENKEN, L.; ZOLLER, S.; BERNDT, R. Rust fungi on Annonaceae II: the genus *Dasyspora* Berk. & M. A. Curtis. **Mycologia.** v. 104. p. 659–681. 2012.
- BERNDT, R.; BEENKEN, L. *Chaconia heliconiae* and *C. clusiae* sp. novae from French Guiana with notes on the genus Chaconia (Uredinales/Pucciniales) in the neotropics. **Mycological Progress.** v. 12. p. 397-401. 2013.

BEENKEN, L. Pucciniales on *Annona* (Annonaceae), with special focus on the genus *Phakopsora*. **Mycology Progress.** v. 13. p. 791–809. 2014.

BEENKEN, L.; WOOD, A. R. *Puccorchidium* and *Sphenorchidium*, two new genera of Pucciniales on Annonaceae related to *Puccinia psidii* and the genus *Dasyspora*. **Mycology Progress.** v. 14. p. 49. 2015.

BERGAMIN FILHO, A., KIMATI, H., AMORIM, L., REZENDE, J.A.M. **Manual de Fitopatologia, vol. 2, doenças das plantas cultivadas** 4º ed. cap. 53, pág 469, São Paulo: Agronômicas Ceres.2005

BURITICÁ, P. C. Descubriendo ancestros de los Uredinales. **Rev. Acad. Colomb. Cienc.** v. 25. n. 9.Set. 2001.

CARVALHO-JR, A. A. de; FIGUEIREDO, M. B.; FURTADO, E. L.; HENNEN, J. F. Uredinales sobre Blechnaceae, Thelypteridaceae, Schizaeaceae, Myrtaceae, Oxalidaceae, Rhamnaceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Smilacaceae e Vitaceae da Reserva Florestal “Armando de Salles Oliveira”, São Paulo, SP, Brasil. **Hoehnea.** v. 34. n. 4. p. 481-492. 2007.

CARVALHO-JR, A. A.; HENNEN, J. F. New species and nomenclature in *Prospodium* (Uropyxidaceae, Pucciniales) and the new anamorphic genus *Canasta* in the Neotropics. **Mycologia.** v. 102. n. 2. p. 1096-1113. 2010.

CARVALHO-JR., A.A.; SOTÃO, H.M.P. Pucciniales in: Forzza, R.C. *et al.* (Orgs.). 2010. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil** 1. ed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 870. Disponível em: <<http://www.jbrj.gov.br>>. Acesso em 30 de Novembro 2014.

CARVALHO-JR, A. A. de; HENNEN, J. F. The species of *Puccinia* on *Piptocarpha* and *Vanillosmopsis* in the Neotropics. **Mycologia.** v. 104. n. 2. p. 557-568. 2012.

CARVALHO-JR, A. A. de; SOTÃO, H. M. P. **Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>. Acesso em: 13 Fevereiro 2016

CASTRO. M. T. PUCCINIALES EM PLANTAS NATIVAS DO CERRADO BRASILEIRO E EM ALGUMAS EXÓTICAS. 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília. 2012.

CUMMINS, G.B.; HIRATSUKA, Y. **Illustrated Genera of Rust Fungi.** Revised Edition. St. Paul, The American Phytopathological Society. 1983.

CUMMINS, G. B.; HIRATSUKA, Y. **Illustrated genera of rust fungi.** Third ed. American Phytopathological Society, St. Paul, MN. APS Press, St Paul, MN. 2003.

EMBRAPA SOJA. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003. Sistemas de Produção 1. Jan/2003. Disponível em <http://>

<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/doenca.htm>. Acesso em 04 Abril 2016.

FIGUEIREDO, M. B. Variação dos ciclos vitais das ferrugens. **Fitopatologia Brasileira**. v. 14. n.2. p. 109-110. 1989.

FIGUEIREDO, M.B.; HENNEN, J.F. Uredinales (ferrugens) no Brasil e no estado de São Paulo. **Biológico**. n. 60. p. 17-29. 1998.

FIGUEIREDO, M. B.; PASSADOR, M. M. Morfologia, Funções dos soros e Variações dos Ciclos Vitais das Ferrugens. **Arquivo do Instituto Biológico**, Artigo de Revisão, São Paulo. v. 75. n. 1. p. 117 – 134. jan./mar. 2008.

FRANÇA, I. F.; SOTÃO, H. M. P. Novos registros de Ferrugens (Uredinales) sobre Fabaceae para o Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 23. n.3. p. 860-863. 2009.

FRANÇA, I. F.; SOTÃO, H. M. P.; COSTA-NETO, S. V. Fungos causadores de ferrugens da Reserva Biológica do Lago do Piratuba, Amapá, Brasil. **Rodriguesia**. v.61. n. 2. p. 211-221. 2010.

HENNEN, J. F.; FREIRE, F. O. *Apra* a new genus of Uredinales on *Mimosa* from Brazil. **Mycologia**. v. 71. n. 5. 1979.

HENNEN, J. F.; SOTÃO, H. M. P. New species of Uredinales on Bignoniaceae from Brazil. **Sida**. v. 17. n. 1. p. 173-184. 1996.

HENNEN, J.F.; SOTÃO, H.M.P. *Aecidium maprouneae* Var. *noncrassatum* (Uredinales) sobre *Maprounea* sp. (Euphorbiaceae) novo táxon do estado do Amapá, Brasil. **Fitopatologia Brasileira**. v. 22. n. 3. p. 444-446. 1997.

HENNEN, J. F.; FIGUEIREDO, M. B.; CARVALHO JR, A. A.; HENNEN, P. G. **Catalogue of plant rust fungi (Uredinales) of Brazil**. 2005. Disponível em: <<http://www.jbrj.gov.br>>. Acesso em: 30 Novembro. 2014.

HENNINGS, P. Fungi amazonici-I. a cl. Ernesto Ule collecti. **Hedwigia** 43: 154-186. 1904.

HENNINGS, P. Fungi Paraenses II. cl. Dr. J. Huber collecti. **Hedwigia Beihefte** 4: 15-18. 1902.

HIBBET, D. S. et al. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. **Mycological Research**. v.111. p. 509-547. 2007.

HIRATSUKA, Y.; HIRATSUKA, N. Morphology of spermogonia and taxonomy of rust fungi. **Reports of the Tottori Mycological Institute**. n. 18. p. 257-268. 1980.

HOMMA, A. K. O.; SANCHES, R. DA S.; MENEZES, A. J. E. A.; GUSMÃO, S. A. L. etnocultivo do jambu para abastecimento da cidade de Belém, Estado do Pará. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, Belém, v. 6, n. 12, jan./jun. 2011.

HUGHES, S. J. Ontogeny of spore forms in Uredinales. Canadian journal of Botany. v. 48: 2147-2157. 1970

KIRK, P.M., CANNON, P.F.; DAVID, J.C.; STALPERS, J. **Ainsworth & Bisby's dictionary of Fungi**. 10th Ed. Surrey: CABI Publishing. 771p. 2008.

KROPP, B. R.; HANSEN, D. R.; WOLF, P. G.; FLINT, K. M.; THOMSON, S. V. A Study on the Phylogeny of the Dyer's Woad Rust Fungus and Other Species of *Puccinia* from Crucifers. **The American Phytopathological Society**. v. 87. n. 5. p.565. 1997.

MATOS, P. L. P.; CARDOSO, E. M. L. EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. Sistema de produção 13. Disponível em http://https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_para/importancia.htm. Acesso em 05 Abril 2016.

NOGUEIRA, A. C. F.; SANSON, F.; PESSOA, K. A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5427-5434. Disponível em <http://<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.17.45/doc/5427-5434.pdf.>> Acesso em: 23 de Novembro 2014.

NUNES, A. M. L.; SOUZA, F. DE. F.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, J. F. C.; PEQUENO, P. L. L.; COSTA, R. S. C.; VENEZIANO, W. Cultivo de café robusta em Rondônia. Embrapa Rondônia, Sistemas de Produção, Dez/2005. Disponível em <http://https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cafe/CultivodoCafeRobustaRO/doencas.htm>. Acesso em 08 Abril 2016.

REZENDE, D. V.; DIANESE, J. C. New *Ravenelia* species on leguminous hosts from the Brazilian Cerrado, **Fitopatologia Brasileira**. v. 26. n. 3. 2001.

REZENDE, D. V.; DIANESE, J. C. Espécies de *Uromyces* em Leguminosas do Cerrado com descrição de *U. galactiae* sp. nov. **Fitopatologia Brasileira**. v. 28. n. 5.set - out. 2003.

RODRIGUEZ, M. A. D.; OLIVEIRA, A. M. G.; DINIZ, M. S.; ALVES, A. A. C. Ferrugem da Mandioca. **Mandioca em Foco**, Embrapa, nº 37, Outubro/2008.

ROY, B. A.; VOGLER, D. R.; BRUNS, T. D.; SZARO, T. M. Cryptic species in the *Puccinia monoica* complex. **Mycologia**. v. 90. n. 5. p. 846-853. 1998.

SOTÃO, H. M. P.; HENNEN, J. F.; GUGLIOTTA, A. de M.; MELO, O. A.; CAMPOS, E. L. de. Os Fungos – Basidiomycotina *in Caxiuanã*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1997. 446p. il. ISBN 85-7098-051-5.

SOTÃO, H. M. P. Uredinales da Floresta Nacional de Caxiuanã. 2001. 305 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.

SOTÃO, H. M. P.; FRANÇA, I. F., HENNEN, S. F. Fungos das famílias Phakopsoraceae e Uropyxidaceae (Uredinales) da Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, Brasil. **Hoehnea**. v. 33. n. 4. p. 407-417. 2006.

SOTÃO, H. M. P.; HENNEN, S. F., REZENDE, D.V. *Puccinia caxiuanensis* sp. nov. de Uredinales em espécies de Burseraceae no Brasil. **Hoehnea**. v. 34. n. 4. p. 493-495. 2007.

SOTÃO, H. M. P.; HENNEN, J. F.; FRANÇA, I.; FREIRES, E.; MOURA, M. F.; MARTINS JÚNIOR, A.; MEDEIROS, P. S. de; SILVA, M. F. F. Ferrugens (Uredinales – Basidiomycota) da Flona de Caxiuanã **in Caxiuanã: desafios para a conservação de uma floresta Nacional na Amazônia**. Belém: MPEG, 2009. 672p.: il. ISBN 978-85-61377-07-6

SOTÃO, H. M. P.; HENNEN, J. F.; FREIRES, E. S.; MENDONÇA, F.; BRITO, F. FRANÇA, I.; CASTRO, C. Novos registros de fungos (Pucciniales) para a Floresta Nacional de Caxiuanã, Amazônia e Brasil **inCaxiuanã: paraíso ainda preservado**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2013. 656p. il. ISBN 978-85-61377-69-4.

SOUZA, E. S. C.; CHAVES, Z. M.; SOARES, W. R. O.; PINHO, D. B.; DIANESE, J. C. *Uromyces hawksworthii* nom. nov. for *Aecidium goyazense* on *Phthirusa stelis* (Loranthaceae) from the Brazilian Cerrado. **IMA fungus**. v.6 . n. 1. p. 155-162. 2015.

SCHUMANN, G. L.; LEONARD, K. J. Ferrugem do colmo do trigo (Ferrugem Negra do Trigo). **The Plant Health Instructor**. 2000. Disponível em <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Basidiomycetes/Pages/Stemrustport.aspx>. Acesso em 04 Abril 2016.

WHITE, T. J.; BRUNS, Y.; LEE, S.; TAYLOR, J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. **PCR protocols: a guide to methods and applications**. Academic Press, San Diego. p. 315-322.1990.

YEPES, M.S.; CARVALHO-JR., A.A. **Ferrugens: diversidade de Uredinales do Parque Nacional do Itatiaia, Brasil**. Rio de Janeiro: Technical Books. 201p. 2010.

YORINORI, J. T.; NUNES JR., LAZZAROTTO, J. J. Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. **Documentos/ Embrapa Soja**, ISSN 1516-781X. n. 247. Londrina: Embrapa Soja. 2004.

ZULUAGA, C.; BURITICÁ. P.; MARÍN, M. Generalidades de los uredinales (Fungi: Basidiomycota) y de sus relaciones filogenéticas. **Acta Biol. Colomb.** v. 14. n.1. p. 41-56. 2008.

ZULUAGA, C.; BURITICÁ. P.; MARÍN, M. Filogenia de hongos roya (Uredinales) en la zona andina colombiana mediante el uso de secuencias del ADN ribosomal 28S. **Revista de Biología Tropical.** v 59. n. 2. p. 517-540. 2011.

Capítulo 2

*Fungos Causadores de ferrugens (Pucciniales) em plantas
da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Amazônia
Central, Brasil*

*(Artigo formatado segundo as normas da Revista Acta
Amazonica)*

2. Fungos causadores de ferrugens (Pucciniales) em plantas da Reserva Florestal**Adolpho Ducke, Amazônia Central, Brasil**

Rust fungi (Pucciniales) in plants of the Adolpho Ducke Forest Reserve, Central Amazon, Brazil

Aline Carvalho de Carvalho¹, Helen Maria Pontes Sotão^{2,3}

1- Universidade Federal Rural da Amazônia, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas – Botânica tropical. Avenida Tancredo Neves, 2501, Terra Firme, 66077-830, Belém, Pará, Brasil. aline.carvalho11@yahoo.com.

2- Museu Paraense Emílio Goeldi. Coordenação de Botânica. Avenida Perimetral, 1901, Terra Firme, Caixa Postal 399, 66.040-170, Belém, Pará, Brasil. Telefone: +55(91) 32176067.

3- Autor para contato: helen@museu-goeldi.br

RESUMO

A ordem Pucciniales é monofilética e uma das maiores do reino Fungi, classificada no filo Basidiomycota e classe Pucciniomycetes. São parasitas obrigatórios, causadores de ferrugens em plantas e com distribuição geográfica cosmopolita, associada à especificidade das espécies e a ocorrência da planta hospedeira. Este trabalho teve por objetivo inventariar os fungos Pucciniales da Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), em Manaus (AM). Vinte e um táxons foram identificados e todos representam primeiro registro para a área de estudo: *Aecidium amazonense*, *A. juruense*, *A. xylopiae*, *Aecidium* sp., *Chaconia heliconiae*, *Crossopsora piperis*, *Desmella aneimiae*, *Dietelia duguetiae*, *Edythea palmaea*, *Porotenus biporus*, *Porotenus memorae*, *Puccinia bambusarum*, *P. heliconiae*, *P. thaliae*, *Sorataea* sp., *Sphenospora smilacina*, *Uredo borrhariae*, *U. maceiensis*, *U. pusilla*, *Uredo* sp.1 e *Uredo* sp.2. Novos registros foram observados para o Brasil (*U. pusilla*), para a região Amazônica (*D. duguetiae*), e para o estado do Amazonas (*A. xylopiae*, *C. heliconiae*, *C. piperis*, *E. palmaea*, *P. biporus* e *S. smilacina*). *Sorataea* sp. é uma possível nova espécie em estudo sobre Fabaceae. Os espécimes estudados estavam parasitando 20 gêneros de plantas hospedeiras, classificadas em 13 famílias. Annonaceae se destacou com a ocorrência de cinco espécies de ferrugens, para as quais é apresentada uma chave de identificação. Descrição morfológica das microestruturas, ilustrações fotográficas, distribuição geográfica e comentários taxonômicos são apresentados para estas espécies e para os novos registros para o Brasil, Amazônia e estado do Amazonas. Os dados obtidos ampliam o conhecimento da ordem Pucciniales no Bioma Amazônia.

Palavras-chave: Basidiomycota, Pucciniomycetes, Região tropical, Taxonomia.

ABSTRACT

The Pucciniales order is monophyletic and one of the Fungi kingdom's largest classified in the phylum Basidiomycota and Pucciniomycetes class. Are obligate parasites, in plants cause rusts and cosmopolitan geographical distribution associated with the specificity of the species and the occurrence of the host plant. This study aimed to inventory the Pucciniales fungi Adolpho Ducke Forest Reserve (ADRF), in Manaus (AM). Twenty-one taxa were identified and all represent the first record for the field of study: *Aecidium amazonense*, *A. juruense*, *A. xylopiiæ*, *Aecidium* sp., *Chaconia heliconiae*, *Crossopsora piperis*, *Desmella aneimiae*, *Dietelia duguetiae*, *Edythea palmaea*, *Porotenus biporus*, *Porotenus memorae*, *Puccinia bambusarum*, *P. heliconiae*, *P. thaliae*, *Sorataea* sp., *Sphenospora smilacina*, *Uredo boreriae*, *U. maceiensis*, *U. pusilla*, *Uredo* sp.1 and *Uredo* sp.2. New records were observed for Brazil (*U. pusilla*), in the Amazon region (*D. duguetiae*), and the state of Amazonas (*A. xylopiiæ*, *C. heliconiae*, *C. piperis*, *E. palmaea*, *P. biporus* and *S. smilacina*). *Sorataea* sp. it is a possible new species in a study on Fabaceae. The specimens studied were parasitized 20 genera of host plants, classified into 13 families. Annonaceae stood out with the occurrence of five species of rusts, for which an identification key is presented. Morphological description of microstructures, photographic illustrations, geographical distribution and taxonomic comments are presented for these species and new records for Brazil, the Amazon and the state of Amazonas. The data obtained extend the knowledge of Pucciniales order in the Amazon Biome.

Keywords: Basidiomycota, Pucciniomycetes, Region Tropical, Taxonomy.

INTRODUÇÃO

As ferrugens de plantas são doenças causadas por fungos da ordem Pucciniales. É um grupo monofilético, classificado no filo Basidiomycota, subfilo Pucciniomycotina e classe Pucciniomycetes (Aime *et al.* 2006). São parasitas obrigatórios e apresentam alta especificidade em relação aos seus hospedeiros, sendo capazes de infectar um grande número de plantas vasculares, cultivadas ou silvestres (Cummins e Hiratsuka 2003).

Embora a distribuição desses fungos seja cosmopolita, Berndt (2012) refere que a disponibilidade de plantas hospedeiras em uma região é o que vai determinar a riqueza das espécies de ferrugens, ou seja, a riqueza é influenciada pela composição taxonômica da flora vascular de uma determinada região.

São importantes fitopatógenos por causar sérios prejuízos em culturas de interesse econômico. Estes fungos têm recebido crédito como um grupo promissor para estudos com espécies que podem ser bioindicadoras de plantas daninhas em agroecossistemas, a serem utilizados em controle biológico de plantas (Pardo-Cardona 2001). Atualmente, também tem se destacado como uma ferramenta em análise biogeográfica, servindo como padrão de comparação em estudos ambientais, por existirem gêneros e espécies endêmicas de certas regiões (Zuluaga *et al.* 2008).

A ordem Pucciniales constitui uma das maiores do reino Fungi, com cerca de 8.000 espécies descritas, entre nomes válidos e sinônimos. O maior conhecimento das espécies de ferrugens é para a região temperada (Cummins e Hiratsuka 2003; Berndt 2012). Para o Brasil são conhecidas cerca de 750 espécies de Pucciniales, entre estas, 184 são conhecidas para a Amazônia, e 68 ocorrem para o estado do Amazonas (Carvalho-Jr e Sotão 2016).

A Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD) é uma unidade de conservação (UC) localizada no município de Manaus, no estado do Amazonas (PELD 2015). Encontra-se a 25 km do centro da cidade de Manaus numa área limítrofe ao perímetro urbano, sofrendo forte impacto ambiental com a expansão da Região Metropolitana de Manaus. Constitui-se em uma das áreas mais bem estudadas da Amazônia brasileira, cujos os resultados das pesquisas ali desenvolvidas têm contribuído significativamente para o entendimento da dinâmica ecológica da Amazônia (Oliveira *et al.* 2008). E a ocorrência de várias famílias hospedeiras com potencial parasitismo de ferrugem, onde até o momento não havia referência anterior de registro de fungos Pucciniales parasitando plantas na RFAD.

Este trabalho teve por objetivo inventariar os fungos Pucciniales da RFAD e associa-los à plantas hospedeiras, assim como descrever e ilustrar os novos registros para o Brasil, Amazônia e estado do Amazonas.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O inventário foi realizado na RFAD, localizada no município de Manaus, no estado do Amazonas, entre as coordenadas geográficas 03°00'00"-03°08'00" S e 59°52'40"-59°52'00" W (Ribeiro 1976), abrangendo uma área de aproximadamente 100 km². Apresenta uma cobertura vegetal típica de floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia, ou Floresta Densa. Está situada no divisor de águas de duas principais bacias de drenagem: Rio Amazonas e Rio Negro. O clima da região segue o tipo Afí de Köppen, com temperatura média de 26 °C (mínima 19 °C e máxima 39 °C). A precipitação anual

varia de 1.900 a 2.300 mm, sendo a estação chuvosa de dezembro a maio e a estação seca de junho a novembro (PELD 2015).

A riqueza da flora registrada para a RFAD por Hopkins (2005) é a maior já registrada para o bioma Amazonia (2.079 espécies). A maioria destas espécies pertencem ao grupo das arbóreas com 54 %, seguida pelas lianas (14 %), ervas (10 %), epífitas (8 %), arbustos (7 %), hemiepífitas (4 %), palmeiras (2 %), saprófitas (1 %) e parasitas (1 %). Dentre as famílias com representantes predominantemente arbóreos destacam-se: Leguminosae, Lauraceae, Sapotaceae, Chrysobalanaceae, Moraceae, Burseraceae, Lecythidaceae, Apocynaceae e Myristicaceae; Myrtaceae e Annonaceae, sendo as mais diversas no subdossel, enquanto que as famílias Rubiaceae, Piperaceae e Melastomataceae dominam entre as plantas lenhosas do sub-bosque. Dentre as lianas, a maior diversidade é encontrada em Bignoniaceae.

COLETA DE DADOS E IDENTIFICAÇÃO

Coletado em uma excursão realizada por Helen Sotão e Isadora França, em fevereiro de 2006, e de uma coleta adicional realizada por Aline Carvalho e Isadora França em junho de 2015. Seguindo a metodologia de coleta, preservação e herborização citada por Cummins e Hiratsuka (2003) e França e Sotão (2009). Foram coletadas folhas com sintomas de ferrugens e acondicionadas em sacos plásticos, para posterior prensagem e secagem em estufa a gás ou elétrica.

Inicialmente a triagem feita com observação de amostras de plantas com sintomas de ferrugens sob lupa estereomicroscópio e sem seguida, os espécimes de ferrugens foram analisados com base nos hospedeiros e em análises das microestruturas dos fungos. Para a identificação dos espécimes foi feita a análise das microestruturas em microscopia

óptica (MO) onde seguiu as técnicas de Cummins e Hiratsuka (2003), França e Sotão (2009) França *et al.* (2010), foram montados lâminas semipermanentes de soros e esporos entre lâmina e lamínula em uma solução de lactoglicerol (100 ml ácido láctico + 10 ml glicerol + 100 ml de água destilada), e posteriormente aquecida.

Sob MO os fungos foram analisados quanto aos estágios (espermogônio, écio, uredínio e télio) e fases presentes (anamórfica e/ou teleomórfica), e pela morfologia dos soros e esporos (forma, ornamentação, espessura da parede, coloração, características de pedicelos, presença de septos, poros germinativos e paráfises). Em média 20 esporos foram mensurados para obter as medidas máxima e mínima dos espécimes estudados.

Para análise detalhada da superfície dos esporos, foi utilizada a microscopia eletrônica de varredura (MEV), onde foram cortados fragmentos das folhas contendo soros e esporos, que foram depositados em suportes de alumínio com 10 mm de diâmetro utilizando-se fita adesiva de carbono e metalizada com ouro conforme a metodologia adotada por França e Sotão (2009). As imagens foram obtidas em MEV marca LEO, modelo 1450VP, e registradas em modo digital.

Literatura especializada com chaves de identificação e descrições de espécies foram consultadas, como Hennen e Ono (1978), Buriticá e Hennen (1980), Hennen e Sotão (1996), Cummins e Hiratsuka (2003), Berndt *et al.* (2002), Hennen *et al.* (2005), Carvalho-Jr e Sotão (2010), Yepes e Carvalho-Jr (2010), Berndt e Beenken (2013), além de estudo comparativo com amostras depositadas nos herbários MG e IAN, que deram suporte a etapa de identificação.

As amostras botânicas foram identificadas com a colaboração de taxonomistas e técnicos (parabotânicos), do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

Para todas as espécies de ferrugens identificadas estão citadas a família e gênero/espécie das plantas hospedeiras, *voucher* do material estudado e distribuição geográfica. Para os primeiros registros do Brasil, Amazônia e estado do Amazonas, uma possível nova espécie e as espécies sobre plantas da família Annonaceae foram apresentados a espécie tipo, uma descrição taxonômica, com base nas microestruturas, ilustrações (M.O. e/ou MEV), distribuição geográfica e comentários taxonômicos.

Com base nas características morfológicas das microestruturas observadas, foi elaborada uma chave de identificação de fungos Pucciniales que ocorrem na família Annonaceae para a área de estudo.

Os espécimes estudados foram incorporados no herbário João Murça Pires (MG) do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

A nomenclatura utilizada está de acordo com o glossário apresentado por Yepes e Carvalho-Jr (2010). A classificação para família dos fungos estão de acordo com Cummins e Hiratsuka (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de estudos taxonômicos com base morfológica realizado com 56 espécimes de ferrugem coletados na RFAD, foram identificadas 21 espécies de fungos da ordem Pucciniales (Tabela 1), classificados em onze gêneros, entre os quais nove são gêneros teleomorfos pertencentes a seis famílias: Chaoniaceae (*Chaconia*), Pucciniaceae (*Puccinia*), Puccinosiraceae (*Dietelia*), Phakopsoraceae (*Crossopsora*), Raveneliaceae (*Sphenospora*) e Uropyxidaceae (*Desmella*, *Edythea*, *Porotenus* e *Sorataea*), e dois gêneros anamorfos: *Aecidium* e *Uredo*.

Todas as espécies inventariadas representam primeiro registro para a área de estudo. Novos registros foram observados: para o Brasil, *Uredo pusilla* F. Kern, Thrust. & Whetzel sobre *Machaerium* sp.; para a Amazônia brasileira, *Dietelia duguetiae* (Thrust.) Buriticá & J. F. Hennen sobre *Duguetia* sp.; e para o Estado do Amazonas, *Aecidium xylopiiæ* Henn sobre *Xylopia* sp., *Chaconia heliconiae* Berndt sobre *Heliconia* sp., *Crossopsora piperis* Berndt, F. O. Freire & C. N. Bastos sobre *Piper* sp., *Edythea palmaea* (J. F. Hennen & Y. Ono) Cummins & Hirats sobre *Attalea* sp., *Porotenus biporus* J. F. Hennen & Sotão sobre *Adenocalymma* sp. e *Sphenospora smilacina* Syd. sobre *Smilax* sp.

Os espécimes de plantas hospedeiras registrados neste estudo foram classificados em 20 gêneros e inseridos em 13 famílias vegetais (Tabela 1), sendo 12 pertencentes à divisão Magnoliophyta (Annonaceae, Arecaceae, Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Heliconiaceae, Marantaceae, Moraceae, Piperaceae, Poaceae, Rubiaceae e Smilacaceae) e somente uma Pteridophyta (Tectariaceae). Entre as ferrugens identificadas não foi observada a ocorrência em mais de uma família vegetal, confirmando a especificidade citada em literatura por Cummins e Hiratsuka (1983, 2003), Hennen *et al.* (2005) e Yepes e Carvalho-Jr (2010).

Foi observada a especificidade já conhecida entre a ferrugem e o hospedeiro para a categoria de família. Embora seja registrada em literatura a ocorrência de uma mesma espécie parasitando vários gêneros de planta hospedeira de uma mesma família botânica, neste estudo não foi encontrado tal variação (Tabela. 1). *Adenocalymma* (Bignoniaceae), foi o único gênero de planta hospedeira que registrou duas espécie de ferrugem (*P. biporus* e *P. memorae*).

A família melhor representada foi Annonaceae com cinco gêneros de plantas hospedeiras parasitadas por cinco espécies de ferrugens. Algumas ferrugens que ocorrem nesta família apresentam características de sintomas muito semelhantes e, écio ou télio cupulados com poucas variações morfológicas. Com base nesta semelhança Hennen *et al.* (2005) sinonimizaram algumas espécies de *Aecidium*, para determinar uma identificação mais prática, porém advertem que estudos taxonômicos são necessários para melhor diferencia-las.

As ferrugens que ocorrem sobre gêneros da família Annonaceae entre anamorfos e teleomorfos tem sido estudada por Beenken *et al.* (2010, 2012, 2014 e 2015), usando caracteres morfológicos e análise molecular na tentativa de elucidar os problemas taxonômicos e filogenéticos destas ferrugens.

São conhecidas para a região Neotropical quinze espécies de Pucciniales (anamorfos e teleomorfos) sobre gêneros da família Annonaceae (Berndt 2013; Carvalho-Jr e Sotão 2016; Céspedes *et al.* 2014): *Aecidium guatteriae* Dietel sobre *Guatteria*; *Phakopsora crucis-filii* (Dianese, R. B. Medeiros & L. T. P. Santos) Beenken sobre *Annona*; *Phakopsora pistila* (Buriticá & J. F. Hennen) Beenken sobre *Annona*; *Uredo rolliniae* W. T. Dale sobre *Rollinia*; *A. huallagense* Henn. sobre *Guatteria*; *A. xylopiae* Henn. sobre *Xylopia*; *Dasyspora gregaria* (Kunze) Henn. sobre *Xylopia*; *Hennenia ditelia* Buriticá sobre *Annona*; *Phakopsora neocherimoliae* Buriticá & J. F. Hennen sobre *Annona*; *P. pardo-cardonae* Buriticá sobre *Guatteria*; *A. amazonense* Henn. sobre *Guatteria*; *A. annonae* Henn. Sobre *Annona*; *A. duguetiae* Har. Sobre *Duguetia*; *A. juruense* Henn. sobre *Unonopsis* e *Cerotelium xylopiae* Buriticá & J. F. Hennen sobre *Xylopia*.

A maioria destas espécies produzem sintomas similares e são difíceis de serem diferenciadas pelas descrições que têm sido publicadas. As espécies acima relacionadas

produzem largas manchas hipertrofiadas nas folhas, inicialmente amarelada a marrom-amarelada, com espermogônios em forma de pontos pretos adaxiais. Posteriormente, estas manchas tornam-se enegrecidas e crostosas, estendendo-se transversalmente de um a vários centímetros. A ornamentação da parede das células peridiais podem ser verrugosas, verrugosas-estriada ou verrugosa-labirintiformes, sendo esta a principal característica morfológica utilizada para diferenciar-as. Porém a observação e a determinação do tipo de ornamentação da parede é confusa, dependendo do recurso que se utiliza (MO ou MEV). Assim, as espécies tropicais ainda precisam de dados morfológicos e moleculares, para elucidar as relações taxonômicas destes táxons, principalmente as do gênero *Aecidium* e *Dietelia*.

O maior número de espécimes registrados foi de *P. biporus* (16) parasitando plantas da família Bignoniaceae, do gênero *Adenocalymma*. Segundo Hopkins (2005), esta é uma das famílias de lianas mais diversa na área de estudo.

Annonaceae

Chave de identificação para espécies de Pucciniales que ocorrem em Annonaceae na RFAD

1. Télios com perídio; écio ausente; formando galhas nas folhas em pequenas manchas; parede externa das células peridiais radialmente estriada e interna verrugosa; sobre *Duguetia* sp..... *Dietelia duguetiae*
1. Télio ausente; écio do tipo ecióide; formando largas manchas nas folhas; parede externa das células peridiais verrugosa, verrugosa estriada ou lisa, sobre outros gêneros de Annonaceae 2

2. Eciósporos com parede engrossada no ápice (3–6 µm), sobre *Unonopsis*..... *Aecidium juruense*
2. Eciósporos com parede uniforme, sobre outros gêneros de plantas hospedeiras
- 3
3. Parede externa das células peridiais irregularmente verrugosa estriada; eciósporos com bandas irregularmente verrugosa e áreas lisas entre as bandas; sobre *Xylopia*
- *Aecidium xylopiiæ*
3. Parede externa das células peridiais não estriada; eciósporos sem áreas lisas; sobre *Guatteria* ou *Bocageopsis*
- 4
4. Parede externa das células peridiais lisa na parte superior e finamente verrugosa na parte inferior; eciósporos com parede verrugosa, com parte pigmentada (amarelo-dourado) fortemente verrugosa e parte hialina finamente verrugosa; sobre *Guatteria*
- *Aecidium amazonense*
4. Parede externa das células peridiais uniformemente e finamente verrugosa; eciósporos com parede hialina, densamente e minutamente verrugosa, sobre *Bocageopsis*
- *Aecidium* sp.

Aecidium amazonense P. Hennings, Hedwigia 43: 169. 1904. Figura 1(A-F)

Tipo: sobre *Guatteria* sp. (Annonaceae), Peru, Iquitos, Rio Amazonas, Julho de 1902, Ule – 3193.

Espermogônio adaxial, numerosos, de cor preta. Écio em largas manchas amarelas do tipo *Aecidium*, soro abaxial, disperso, de cor amarela; célula peridial unida, oblonga a

poliédrica, com $28\text{--}42 \times 17,5\text{--}26 \mu\text{m}$, parede externa lisa na parte superior e finamente verrugosa na parte inferior e parede interna finamente verrugosa, com $3\text{--}4 \mu\text{m}$ de espessura; eciósporos angular globoso a ovóide, com $22\text{--}26 \times 17,5\text{--}22 \mu\text{m}$; parede amarelo-dourado a hialino, pigmentado na parte fortemente verrugosa e hialino na parte finamente verrugosa, com $1,5\text{--}2 \mu\text{m}$ de espessura, com 3 a 4 grandes grânulos refrativos e 1 a 2 menores.

Distribuição geográfica: Brasil, Norte (Amazonas, Amapá e Pará).

Material selecionado: Brasil. Amazonas: Manaus, Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), sobre *Guatteria megalophylla* Diels (Annonaceae), 26/VI/2015, fl., Carvalho, A.; França, I.; Camargo, J. V. A2015-72 (MG217830). (0/Icv,?/?)

Na descrição original da espécie *A. amazonense*, a parede externa das células peridiais é referida como sendo estriada. Hennen *et al.* (2005), com base no holótipo observou que a parede externa é finamente verrugosa e não estriada. França *et al.* (2010) descreveu que a parede externa das células peridiais são lisas. Neste trabalho, complementando com análise do isótipo (MG20557) depositado no herbário MG, observamos em MO e MEV que a parede externa das células peridiais são lisas na parte superior e finamente verrugosa na parte inferior.

A espécie *A. amazonense* pode ser identificada através da parede da célula peridial externa não estriada, lisa na parte superior e finamente verrugosa na parte inferior, eciósporos com parede verrugosa, com parte pigmentada (amarelo-dourado) fortemente verrugosa e parte hialina finamente verrugosa. Hennen *et al.* (2005) sugere que os grânulos de refração dos éciospores desta espécie apresentam um padrão com 3 a 4

grandes grânulos refrativos e 1 a 2 pequenos. O mesmo foi observado nos espécimes deste estudo.

Sobre o gênero *Guatteria* para o Neotrópico são referidos cerca de sete espécies entre nomes válidos e sinônimos. Hennen *et al.* (2005) relata a dificuldade de separar estas espécies devido haver alguns traços morfológicos, sendo essencial a correta identificação do hospedeiro e que a ornamentação da parede das células peridiais e dos esporos auxiliam na caracterização, e assim reorganizou as seis espécies de *Aecidium* que ocorrem no Brasil sobre *Guatteria*, visando uma identificação prática reconhece apenas a espécie *A. amazonense* e sinonimizou as demais em *A. guatteriae* Henn. (= *A. marayense* Henn., *A. rionegrense* Henn., *A. huallagense* Henn., e *A. uredinoides* Henn.). Estes autores utilizaram as células peridiais como principal característica para separar estas duas espécies e diferenciam *A. guatteriae* de *A. amazonense*, por apresentar parede externa das células peridiais estriada e a interna verrugosa, os esporos apresentam numerosos grânulos refrativos sem um padrão de distribuição.

***Aecidium juruense* P. Hennings, Hedwigia 43: 169. 1904. Figura 1 (G-K)**

Tipo: sobre *Unonopsis polyphleba* Diels (Annonaceae), Brasil, Amazonas, Rio Juruá, Juruá-Miri, Junho 1901, Ule-3087.

Espermogônio adaxial, numerosos, de cor preta. Écio em largas manchas amarelas do tipo *Aecidium*, soro abaxial, disperso, cupulado, de cor amarela; célula peridial firmemente unida, oblonga, com $20\text{--}34 \times 16\text{--}20 \mu\text{m}$; parede externa verrugosa estriada e interna verrugosa; eciósporo globóide a amplamente elipsóide, $16\text{--}32,5 \times 15\text{--}17 \mu\text{m}$;

parede com bandas finamente verrugosas e minutamente verrugosas, com 1 µm de espessura lateral e engrossadas apicalmente (3–6 µm), hialina.

Distribuição geográfica: Brasil, Norte (Amazonas).

Material selecionado: Brasil. Amazonas: Manaus, Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), sobre *Unonopsis stiptata* Diels (Annonaceae), 27/I/2006, fl., *França, I.* e Sotão, H. I2006-12 (MG217795). (0/Icv,?/?).

Segundo Hennen *et al.* (2005), sobre o gênero *Unonopsis* no Brasil, só há registro da ocorrência de *A. juruense* na espécie tipo, sendo este, o segundo registro para a espécie. São registradas cerca de seis espécies de *Aecidium* parasitando outros gêneros de planta da família Annonaceae, os quais estão apresentados na discussão.

A. juruense diferencia-se das demais espécies de *Aecidium* principalmente por apresentar parede dos eciósporos engrossada no ápice (3–6 µm) e parede das células peridiais externa verrugosa estriada e interna verrugosa.

Aecidium xylopiiæ P. Hennings, Hedwigia 34: 100. 1895. Figura 1 (L-O) e Figura 2 (A-B)

Tipo: sobre *Xylopia* sp. (Annonaceae), Brasil, Goiás, Catalão, Julho 1892, Ule-1921.

Espermogônio adaxial, numerosos, de cor preta. Écio em largas manchas amarelas, do tipo *Aecidium*, abaxial, disperso de forma concêntrica, cupulado, de cor amarela; célula peridial firmemente unida, elipsóide a pentagonal, 22–32,5 × 17–25 µm; parede externa irregularmente verrugosa estriada e interna minutamente verrugosa;

eciósporo globoso, globoso angular ou elipsóide, 15–27,5 × 13–22 µm; parede com banda irregularmente verrugosa e área lisa entre as bandas, com grandes grânulos refrativos entre os lados, com 1 µm de espessura, hialina.

Distribuição geográfica: Brasil, Norte (Pará, Tocantins), Nordeste (Maranhão), Centro-Oeste (Goiás, Mato Grosso) e Sudeste (Minas Gerais e São Paulo). Costa da África. (Hennen *et al.*, 2005; Carvalho-Jr & Sotão, 2016). Este é o primeiro registro para o estado do Amazonas.

Material selecionado: Brasil. Amazonas: Manaus, Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), sobre *Xylopia amazonica* R. E. Fr., 23/VI/2015, fl., *Carvalho, A.*; *França, I.*; *Camargo, J. V.* A2015-33 (MG217822), A2015-36 (MG217823). Ibidem, 24/VI/2015, fl., *Carvalho, A.*; *França, I.*; *Camargo, J. V.* A2015-45 (MG217824), A2015-48 (MG217826). Ibidem, 24/VI/2015, fl., *Carvalho, A.*; *França, I.*; *Camargo, J. V.* A2015-47 (MG217825). Ibidem, 24/VI/2015, fl., *Carvalho, A.*; *França, I.*; *Camargo, J. V.* A2015-49 (MG217827). Ibidem, 26/VI/2015, fl., *Carvalho, A.*; *França, I.*; *Camargo, J. V.* A2015-74 (MG217829). (0/Icv,?/?).

Sydow e Sydow (1923) e Hennen *et al.* (2005) observaram sintomas de vassoura de bruxa na planta hospedeira e usaram esta característica para diferenciar esta espécie de outras de *Aecidium* que ocorrem em Annonaceae, apresentadas anteriormente neste trabalho.

No material estudado não foi observado o sintoma acima e sim manchas amareladas com pústulas. Vionnot-Bourgin (1953) não relatou a presença de vassoura de bruxa em material estudado da África. No presente estudo foi considerada a ocorrência sobre o gênero *Xylopia* e a característica morfológica que diferencia esta das demais

espécies: sendo em MO a parede externa das células peridiais irregularmente verrugosa estriada e interna minutamente verrugosa, e os eciósporos com bandas irregularmente verrugosas e áreas lisas entre as bandas, e numerosos grânulos refrativos. Em MEV as amostras analisadas revelaram que as supostas áreas lisas, seriam áreas com minutas verrugas.

Sotão *et al.* (2013) descreveram *A. xylopiae* proveniente de coletas na Floresta Nacional de Caxiuanã (PA), apresentando largas manchas amareladas nas folhas; écio abaxial, cupulado; célula peridial (22–28 × 17–20 µm), elipsóide a pentagonal, firmemente unida, parede externa irregularmente estriada-verrugosa, com 4–6 µm de espessura e espessada no ápice, parede interna verrugosa com 2–2,5 µm de espessura; eciósporo globoso, angular a elipsóide com 15–19 × 13–16 µm e parede 1 µm de espessura, hialina, densamente e irregularmente verrugosa, com vários e grandes grânulos de refração em áreas lisas.

As células peridiais e os eciósporos de *A. xylopiae* são muito semelhantes aos de *A. guatteriae*, porém as células peridiais desta última são maiores (30–40 × 18–26 µm) do que os de *A. xylopiae* (22–28 × 17–20 µm) (Hennen *et al.* 2005). Estudos com os espécimes tipos e análise molecular, poderão elucidar se estas são a mesma espécie.

***Aecidium* sp. Figura 2 (C-H)**

Espermogônio adaxial, escasso, de cor preta. Écio em manchas amarelas do tipo *Aecidium*, abaxial, disperso, de cor amarela; célula peridial fortemente unida, rombóide a elipsóide angular, com 17,5–28 × 12,5–22 µm; parede externa uniformemente e finamente verrugosa com 4–6 µm de espessura, parede interna verrugosa com 3–4 µm de

espessura; eciósporo globoso, angular, ovóide ou elipsóide, $16-23 \times 13-22,5 \mu\text{m}$; parede densamente e minutamente verrugosa com $1-1,5 \mu\text{m}$ de espessura, hialina.

Material selecionado: Brasil. Amazonas: Manaus, Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), sobre *Bocageopsis multiflora* (Mart.) R. E. Fr., 03/II/2006, fl., *França*, I.I2006-27 (MG217798). (0/Icv,?/?).

A presente espécie é muito similar à *A. annonae* que se diferencia das demais espécies de *Aecidium* em Annonaceae, por apresentar parede externa da célula peridial lisa e interna verrugosa, eciósporo hialino, densamente e minutamente verrugoso (Hennen *et al* 2005). Em *Aecidium* sp. as células peridiais externas em MEV são uniformemente e finamente verrugosa e não totalmente lisa como descrito para *A. annonae*. Uma avaliação do espécime tipo em MEV e MO poderá elucidar este padrão de ornamentação.

Este é o primeiro registro de ferrugem parasitando planta do gênero *Bocageopsis*.

Dietelia duguetiae (Thurston) Buriticá & Hennen, Fl. Neotropica 24: 17. 1980.

Figura 2 (I-L).

Basiônimo: *Endophylloides degueliae*, Mycologia 32 (3): 293 (1940)

Tipo: *Duguetia furfuracea* (Saint-Hilaire) Bentham & Hooker (Annonaceae), Brasil, Minas Gerais, Uberlândia, 18 Maio 1936, Muller s.n.

Espermogônio adaxial formando pequenas galhas nas folhas. Télio com perídio, abaxial, de cor marrom escuro. Perídio firme; célula peridial rombóide a angular, $24-34 \times 16-20 \mu\text{m}$; parede externa radialmente estriada e interna verrugosa, com $2-4 \mu\text{m}$ de espessura, hialina; teliósporo amplamente elipsóide a globóide, $14-25 \times 11-16 \mu\text{m}$;

parede com faixa irregular verrugosa, com 1–1,5 µm de espessura, com grânulos refrativos bem desenvolvidos.

Distribuição geográfica: Brasil, Centro-Oeste (Distrito Federal e Goiás) e Sudeste (Minas Gerais e São Paulo) (Hennen *et al.* 2005; Carvalho-Jr e Sotão, 2016). Este é o primeiro registro para a Amazônia.

Material selecionado: Brasil. Amazonas: Manaus, Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), sobre *Duguetia flagellaris* Huber, 04/II/2006, fl., França, I. e Sotão, H. I2006-30 (MG217797). (0/?,?/III).

A espécie *Dietelia duguetiae* se caracteriza por apresentar télios com perídio persistente formando galhas nas folhas em pequenas manchas, parede externa das células peridiais radialmente estriada e interna verrugosa.

Hennen *et al.* (2005) citam duas espécies de Pucciniales sobre o gênero *Duguetia* para o Brasil: *A. dugettiae* Har. e *D. duguetiae* (Thurst.) Buriticá & J. F. Hennen. Estas duas espécie são facilmente confundidas, e sem a germinação de esporos dificulta a distinção entre os dois táxons. Porém através da observação dos sintomas, análise das microestruturas em MEV e MO, e de acordo com Hennen *et al.* (2005), são propostos algumas característica que auxiliam na distinção morfológica entre estes dois táxons. Em *D. duguetiae* há a formação de galhas na face adaxial da folha, possui um ciclo de vida microcíclica (0 e III), télio abaxial profundamente inserido no tecido foliar, com perídio firme e persistente que não fica exposto, parede das células peridiais e eciósporos ornamentados. Enquanto que em *A. dugettiae* há a formação de manchas foliares e não forma galhas, télio ausente. São conhecidos apenas espermogônio (0) e écio (I) com perídio, parede das células peridiais e éciósporos lisos (Saccardo 1925; Hennen *et al.*

2005). Buriticá e Hennen (1980) e Hennen *et al.* (2005), apresentam uma discussão dos trabalhos e sinonímias de *D. duguetiae*.

Arecaceae

***Edythea palmaea* (J. F. Hennen & Y. Ono) Cummins & Y. Hirats, Illustr. Gen. Rust Fungi, rev. Edn (St. Paul): 89 (1983). Figura 3 (A-B).**

Basiônimo: *Cerradoa palmaea* J. F. Hennen & Y. Ono, Mycologia 70 (3): 570 (1978)

Tipo: Sobre *Attalea ceraensis* Barb. Rodr., Brasil, Distrito Federal: Parque Nacional Águas Emendadas, Agosto, 1976, J. Hennen, M. M. Hennen, Y. Ono & P. Heringer 76-247 A.

Uredínio subestomatal, abaxial, de cor marrom claro; urediniósporo séssil, globoso, com 18–22×18–20 µm; parede bilaminada, interna equinulada, 2,5–3,5 µm, parede externa lisa, 3–3,5 µm, de cor marrom-claro, 2 poros germinativos equatoriais. Télio adaxial, similar ao uredínio; teliósporo globoso a semigloboso, 2-células, septo vertical, 22–26 × 20–24 µm; parede lisa, bilaminada, de cor marrom-castanho, com 2–4 µm na lateral, engrossada do ápice, 3–5,5 µm de espessura, de cor castanho-claro, lisa, poro germinativo apical, 1 em cada célula; pedicelo hialino, quebradiço.

Distribuição geográfica: Brasil, Norte (PA), Nordeste (Bahia e Maranhão), Centro-Oeste (Distrito Federal e Goiás) e Sudeste (Minas Gerais e São Paulo). Colômbia (Hennen *et al* 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016). Destacou-se como primeiro registro para o estado do Amazonas.

Material selecionado: Brasil. Amazonas: Manaus, Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), sobre *Attalea attaleoides* (Barb. Rodr.) Wess. Boer (Arecaceae), 28/I/2006, fl., Sotão, H. e França, I. H2006-60 (MG217819). (?/?, IIse, III).

Edythea palmaea foi descrita inicialmente como *Cerradoa palmaea* Hennen & Y. Ono, sendo a primeira ferrugem descrita em planta da família Arecaceae por Hennen e Ono (1978), que propõem o gênero *Cerradoa* e fazem uma comparação deste novo gênero e outros da família Uropyxidaceae (*Desmella*, *Edythea*, *Prospodium*) e de *Desmellopsis* (=Puccinia). Referem os autores que o desenvolvimento dos soros do novo gênero *Cerradoa* é muito similar ao de *Edythea*, separando-os devido a parede dos teliósporos ser de cor castanho a marrom escuro e engrossada.

Entretanto Cummins e Hiratsuka (1983, 2003) consideraram que esta característica não era suficiente para sustentar um novo gênero, consequentemente o gênero *Cerradoa* foi colocado em sinonímia de *Edythea* e *Cerradoa palmaea* (J. F. Hennen & Y. Ono) como basônimo de *E. palmaea* (J. F. Hennen & Y. Ono) Cummins & Y. Hirats, status atualmente aceito no Index Fungorum (2016).

Hennen *et al.* (2005) consideram *Cerradoa* como um gênero distinto de *Edythea*, com a justificativa de que *Edythea* ocorre sobre *Berberis* spp. (Berberidaceae) na região Andina da América do Sul, mesmo os télios destes dois gêneros sendo muito semelhante. Estudo com base molecular poderão elucidar melhor a posição desta espécie e talvez validar o gênero *Cerradoa*.

Sobre plantas da família Arecaceae (Palmeiras) no Brasil é referida apenas a espécie *E. palmaea* (como *Cerradoa palmaea*) em Carvalho-Jr e Sotão (2016). No México e Guatemala há espécie conhecida, *Uredo crusa* Hennen & McCain, que tem

uredínios diferenciados por ter uma camada subepidermal e urediniósporos com parede uniforme medindo em média 0,5 µm (Hennen e McCain 1993), enquanto que em *E. palmaea* os uredínios são subestomatais e a parede dos urediniósporos bilaminada e engrossada (interna 2,5–3,5µm e externa 3,0–3,5µm). Neste estudo a parede interna e a externa dos urediniósporos em lactoglicerol apresentaram medidas menores que a descrição da espécie.

Bignoniaceae

Porotenus biporus Hennen & Sotão, SIDA 17(1): 175-177. 1996. Figura 3 (C-F).

Tipo: sobre *Memora flava* (D.C) Bureau & K. Schumann (Bignoniaceae), Brasil, Pará, Belém, Floresta do Mocambo, 9 de julho de 1979, J.F. & M.M. Hennen. 79-153.

Uredínio abaxial, disperso, de cor marrom escuro; urediniósporo amplamente elipsóide ou ovalado, com 30–40 × 25–30 µm; parede com uma banda irregular equinulada e larga área lisa com 1,5–2 µm de espessura, uniforme, marrom canela, com 2 poros germinativos equatoriais. Télio abaxial, disperso, de cor marrom escuro; teliósporo oblongo-elipsóide, pulvinado, com 36–49 × 17–22 µm; parede lisa com 1–1,5 µm de espessura, de cor amarelo escuro, 1 poro germinativo apical; pedicelo quebradiço, hialino.

Distribuição geográfica: Brasil, Norte (Amapá e Pará), Nordeste (Maranhão), Centro-Oeste (Distrito Federal) e Sudeste (Minas Gerais) (Hennen *et al.* 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016). Este é o primeiro registro para o estado do Amazonas.

Material selecionado: Brasil. Amazonas: Manaus, Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), sobre *Adenocalymma validum* (K. Schum) L. G. Lohmann, 02/II/2006, fl., *França, I.* e *Sotão, H.*, I2006-21 (MG217799). Ibidem I2006-22 (MG217800). Ibidem, 04/II/2006, I2006-33 (MG217801). Ibidem, 05/II/2006, I2006-36 (MG217802). Ibidem, 23/VI/2015, fl., *Carvalho, A.*; *França, I.* *Camargo, J. V.* A2015-40 (MG217832). Ibidem, A2015-41 (MG217833). Ibidem, 24/VI/2015, fl., A2015-43 (MG217834). Ibidem, 24/VI/2015, A2015-44 (MG217835). Ibidem, 24/VI/2015, A2015-46 (MG217836). Ibidem, 24/VI/2015, fl., A2015-52 (MG217837). Ibidem, 24/VI/2015, fl., A2015-55 (MG217838). Ibidem, 24/VI/2015, fl., A2015-56 (MG217839). Ibidem, 26/VI/2015, fl., A2015-68 (MG217841). Ibidem, 26/VI/2015, fl., A2015-73 (MG217842). Ibidem, A2015-76 (MG217843). (?/?; IIe/III).

São referidas cerca de sete gêneros de ferrugens teleomórficas parasitando espécies da família Bignoniaceae no Brasil e mais quatro gêneros anamórficos (Hennen *et al.* 2005). Sobre o gênero *Memora* estão citadas as espécies: *Porotenus bibasiporulus* Hennen & Sotão, *Porotenus biporus* Hennen & Sotão, *Porotenus concavus* Viégas, *Porotenus memorae* Albuquerque e *Uredo amapaensis* Hennen e Sotão (Hennen e Sotão 1996, Carvalho-Júnior e Sotão 2016).

Trabalho de Hennen e Sotão (1996), foi apresentada uma chave de identificação que diferencia estas cinco espécies sobre *Memora* (atualmente *Adenocalymma*), com base na localização dos poros germinativos e padrão de ornamentação da parede dos urediniósporos, onde a espécie *P. biporus* diferencia-se das demais por apresentar a parede dos urediniósporos com duas largas áreas irregulares lisas, uma do lado côncavo

e outro no lado convexo, e dois poros germinativos equatoriais localizados nas bandas equinuladas.

Recentemente, os botânicos Lohmann e Taylor (2014) publicaram uma reorganização desta ordem, onde entre os vários gêneros revisados com base em estudos taxonômicos com base em análises moleculares, morfológicas, com amostragem de vários táxons da tribo Bignonieae (Bignoniaceae). *Memora* se tornou sinônimo de *Adenocalymma*, portanto, neste trabalho o nome aceito para o hospedeiro é *Adenocalymma*.

Sobre o gênero *Adenocalymma* no Brasil também estão referidas duas espécies de *Phragmidiella* (*P. minuta* e *P. paulista*), que tem seus teliósporos diferenciados dos de *Porotenus* por serem unicelulares, sésseis e catenulados (Hennen *et al.* 2005), enquanto que em *Porotenus* os teliósporos são bicelulares e pedicelados. Já os uredínios dessas espécies de *Phragmidiella* podem ser diferenciados dos de *Porotenus* e *Uredo*, principalmente por apresentarem paráfises, que são ausentes nesses dois gêneros e presente nos soros de *Phragmidiella*.

Na área de estudo também foi encontrado a espécie *Porotenus memorae* Albuquerque sobre *Adenocalymma* que se diferencia principalmente de *P. biporus* por apresentar urediniósporos com poros germinativos próximo ao hilo, enquanto que em *P. biporus* esses poros estão localizados mais ou menos na região equatorial.

Fabaceae

Uredo pusilla F. Kern, Thurst. & Whetzel, Monograph Univ. Puerto Rico, Series B 2:296 (1934). Figura 3 (G-J).

Tipo: sobre *Machaerium humboldtianum* Vogel (Fabaceae), Venezuela, Carabobo, Adjuntas, Trompillo, ravine. Chardon e Toro, Aug. 14, 1932.

Uredínia abaxial, disperso, arredondado, pequeno, aderido ao tecido da planta, de cor marrom castanho; paráfise periférica, numerosa, cilíndrica, acuminada ou arredondada no ápice, (35)44–90 × 6–9 µm, com 1 septo; parede hialina, uniforme, com 1,5–2 µm de espessura; urediniósporo elipsóide, obovóide ou piriforme, 19–26 × 13–19 µm; parede equinulada, hialina, com 1–1,5 µm de espessura, poros obscuros.

Distribuição geográfica: Venezuela (Kern *et al.* 1934). Destacou-se como o primeiro registro para o Brasil.

Material selecionado: Brasil. Amazonas: Manaus, Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), sobre *Machaerium leiophyllum* var. *leiophyllum*, 23/VI/2015, fl., Carvalho, A.; França, I.; Camargo, J. V. A2015-39 (MG217844). (?/?; IIe/?).

Sobre o gênero *Machaerium* (Fabaceae), três espécies de *Uredo* são descritas, *U. machaerii* Dietel, *U. machaeriicola* Cummins e *U. pusilla*, esta última diferencia-se das demais espécies por apresentar paráfise septada, com parede entre 1,5–2 µm, enquanto que *U. machaerii* não apresenta paráfise (Ditel, 1897) e *U. machaeriicola* apresenta paráfise sem septo com parede engrossada (4–7 µm) (Cummins, 1943).

Para o Brasil sobre o gênero *Machaerium* é conhecido apenas *U. machaerii* para o Rio de Janeiro (RJ).

Na área de estudo sobre plantas da família Fabaceae, foram identificadas outras duas espécies: *Sorataea* sp. sobre gênero indeterminado e *Uredo* sp1. sobre planta do gênero *Abrus*. Estas se diferenciam de *U. pusilla* e *Sorataea* sp. por ser um gênero teleomórfico, com parede das paráfises dos uredíniios uniforme (1 µm) e poros

germinativos dos urediniósporos espalhados, enquanto que *Uredo* sp1 diferencia-se por apresentar paráfises sem septo.

***Sorataea* sp.** Figura 3 (K-O).

Tipo: Sobre Fabaceae (Gênero indeterminado), Reserva Florestal Adolpho Ducke, 03.II.2006, França, I. e Sotão H., I2006-25 (MG217816).

Uredínio abaxial, pulverulento, em grupo isolado, de cor marrom canela; paráfise periférica, encurvada, falciforme e arredondada no ápice, unida na base, $20-40 \times 7,5-10$ μm ; parede uniforme com 1 μm de espessura, de cor amarelo-dourado; urediniósporo séssil, ovóide a globóide, $19-25 \times 18-20$ μm ; parede uniformemente equinulada, com equínula acuminada no ápice, com poros germinativos dispersos. Télio abaxial, isolado, em manchas escuras; teliósporo oblongo a clavado, 2-células, 1-septo, constricto no septo, ápice obtuso, $45-47,5 \times 20-25$ μm ; parede uniforme, com 1 μm de espessura, lisa, de cor amarelo escuro, 1 poro germinativo apical; pedicelo curto, quebradiço e hialino.

Material selecionado: Somente o material tipo. (?/?; IIse/III).

Esta espécie é caracterizada por apresentar teliósporo oblongo a clavado, com a célula apical de ápice levemente obtuso, urediniósporo escuro, com equinulações acuminada no ápice e uredínio com numerosas paráfises periféricas, falciformes e de coloração amarelo-dourado.

A espécie botânica não pode ser identificada devido ao pouco material, sendo assim identificada somente a nível de família, porém há três possíveis gêneros (*Derris*,

Lonchocarpus e *Swartzia*), sendo necessário recoletar uma amostra para correta identificação.

Segundo Hennen *et al.* 2005, no Brasil sobre os gêneros da família Fabaceae: *Derris*, *Lonchocarpus* e *Swartzia*, ocorrem três, cinco e duas espécies de Pucciniales, respectivamente. Sendo estas: *Ravenelia bakeriana* Dietel, *R. lonchocarpi* Lagerheim & Dietel e *Sorataea* sp. ocorrendo em *Derris*; *Dicheirinia manaosensis* (P. Hennings) Cummins, *R. atrocrustacea* P. Hennings, *R. bakeriana* Dietel, *R. lonchocarpi* Lagerheim & Dietel e *R. pileolariooides* Sydow ocorrendo em *Lonchocarpus*; *Maravalia amazonensis* (F. C. Albuq.) Y. Ono e *M. swartziae* Y. Ono ocorrendo em *Swartzia*. Porém, a espécie estudada não apresentou características morfológicas descritas para estas espécies.

O gênero *Mimema* H.S. Jacks. foi considerado sinônimo de *Sorataea* por Cummins e Hiratsuka (1983), entretanto estes mesmos autores em 2003, a partir da discussão sobre o gênero *Mimema* feita por Dianese *et al.* (1994), os reconhecem como gêneros distintos. Em *Mimema* os uredínios são do tipo *Calidion*, com soros mistos, nos quais os télios são colunares, cilíndricos, fusiformes, multicelulares, com pedicelo hialino longo e a germinação ocorre através de poros germinativos distintos, enquanto que nas espécies do gênero *Sorataea*, os uredínios são do tipo *Uredo*, em soros distintos dos télios, os teliósporos são bicelulares, alguns multicelulares e os metabasídios desenvolvem-se pelo alongamento do ápice (Cummins e Hiratsuka 2003).

Ono (2015) propôs *Sorataea acanthophora* comb. nov. sobre *Derris* (Fabaceae). Devido ao material conter espermogônio subcuticular, écio tipo *Calidion*, urediniósporos, teliósporos com 2-células, a amostra foi determinada como *Puccinia acanthophora*. No entanto, a distinção taxonômica entre os dois gêneros é feita em grande parte pela

preferência ao hospedeiro (Fabaceae) e ao tipo de espermogônio, então este fungo foi transferido para o gênero *Sorataea*.

Heliconiaceae

Chaconia heliconiae Berndt, Mycol. Progress 12 (2): 398 (2013). Figura 4 (A-B).

Tipo: *Heliconia* cf. *psittacorum* L. f. (Heliconiaceae), French Guiana: Kourou canton, *hiking trail on golf course adjacent to Kourou Space Center*, 16 de julho de 2009, R. Berndt & L. Beenken.

Uredínio em *Uredo*, em soro abaxial, disperso em mancha irregular, pequeno, subepidermal; paráfise ausente; urediniósporo, escasso, amplamente elipsóide, obovóide ou elipsóide, 20–36 × 17,5–25 µm; parede equinulada com 2–3 µm de espessura, de cor marrom-dourado; poros germinativos obscuros; Télio entre uredínio, abaxial, pequeno, ferrugíneo, formando pequenas crostas, com consistência cerosa; Teliósporo elipsóide, séssil, 18–30 × 8–11 µm; parede lisa, fina, amarelo pálido a hialina, com 0,5 µm de espessura.

Distribuição geográfica: Guiana Francesa. Coletado no Brasil para os Estados do Amapá e Pará (dados não publicados). Sendo um novo registro para o estado do Amazonas.

Material selecionado: Brasil. Amazonas: Manaus, Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), sobre *Heliconia psittacorum* L. f., 24/VI/2015, fl., *Carvalho, A.*; *França, I.*; *Camargo, J. V.* A2015-57 (MG217847). (?/?; IIe/III).

Sobre o gênero *Heliconia* sp. são referidas mais três espécies de fungos Pucciniales: *Puccinia heliconiae* Arthur (anamorfo *Uredo heliconiae* Dietel), *Cerotelium rectangulata* Buriticá & J. F. Hennen (anamorfo *Physopella rectangulata* (Albuquerque) Buriticá & Hennen) e *Uredo rectangulata* Albuquerque (Buriticá 1999; Hennen *et al.* 2005, Berndt e Beenken 2013).

Chaconia heliconiae diferencia-se de *Puccinia heliconiae*, por apresentar teliósporos de 1-célula e poros germinativos obscuros, e diferencia-se de *Cerotelium rectangulata* por apresentar urediniósporos pedicelados e teliósporos sésseis, livres lateralmente.

Chaconia heliconiae diferencia-se destes outros fungos, por apresentar télio ceroso, crostoso, unicelular e urediniósporo amplamente elipsóide, obovóide e elipsóide, com parede espessada (2–3 µm) e poros germinativos obscuros. Sendo que em *P. heliconiae* teliósporo são bicelulares, com parede espessada no ápice (9–13 µm) e os urediniósporos possuem poros germinativos obscuros (Hennen *et al.* 2005).

Moraceae

Uredo sp. Figura 4 (C-D).

Uredínio em soro abaxial, solitário, pequeno, pulverulento, de cor castanhopálida; paráfise não observado; urediniósporo elipsóide, obovóide ou globoso, com 24–

$37,5 \times 25\text{--}30 \mu\text{m}$; parede com equinulações proeminentes e uniformemente dispostas com $1\text{--}1,5 \mu\text{m}$ de espessura uniforme, de cor hialina a amarelo-pálida, poros germinativos obscuros. Télio não observado.

Material selecionado: Brasil. Amazonas: Manaus, Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), sobre *Ficus paraensis* (Miq.) Miq., 26/I/2006, fl., *França, I.; Sotão, H. M. P.*; I2006-08 (MG217810). (?/?; IIe/III).

A presente espécie é semelhante ao *Cerotelium fericola* Buriticá & J. F. Hennen, que se diferencia de *Uredo* sp. por apresentar urediniósporos marrom-canela, parede equinulada com equínulas ponteagudas, com 3 a 5 poros germinativos e presença de paráfises periféricas curvada e septada, enquanto que *Uredo* sp. apresenta urediniósporos amarelo-pálido, parede com equinulações proeminentes e poros germinativos obscuros e não foi observado a presença de paráfises.

Hennen *et al.* (2005) citam para o Brasil a ocorrência de seis espécies sobre *Ficus*: *Cerotelium fericola* Buriticá & Hennen, *Cerotelium fici* (Castagne) Arthur, *Malupa fici* (Castagne) Buriticá, *Physopella fericola* (Spegazzini) Buriticá & Hennen, *Phakopsora nishidana* S. Ito e *Uredo ficina* Juel.

Cerotelium fericola é caracterizada por apresentar paráfise encurvada, urediniósporo ($24\text{--}30 \times 18\text{--}23 \mu\text{m}$) de espessura, de cor marrom-canela e com 3 a 5 poros germinativos, enquanto que *Phakopsora nishidana* possui paráfise periférica e ligeiramente encurvada, urediniósporos são menores ($18\text{--}24 \times 16\text{--}19 \mu\text{m}$), de cor amarelo-pálido a marrom-amarelada e com poros germinativos obscuros (Hennen *et al.* 2005).

Piperaceae

Crossopsora piperis Berndt, F. O. Freire & C. N. Bastos. Mycotaxon: 267 (2002)

Figura 4 (E)

Tipo: Sobre *Piper hostmannianum* (Miq.) C.D..C. (Piperaceae), Brasil, Pará, 10/V/2001, Bastos, C. s/n.

Espermogônio e écio ausente. Uredínio em soro anfígeno, predominantemente abaxial, em áreas necróticas, de cor marrom escura; paráfise escassa, cilíndrica, encurvada, unida na base, $30\text{--}50 \times 6\text{--}9 \mu\text{m}$, parede hialina; urediniósporo elipsóide ou obovóide com $27,5\text{--}38 \times 21\text{--}25 \mu\text{m}$; parede equinulada e dispersa, de cor amarelo escuro; poros germinativos obscuros. Télio escasso, em soro abaxial, agrupado, de cor marrom-canela; teliósporo séssil, fusiforme, $45\text{--}65 \times 9\text{--}12 \mu\text{m}$; parede lisa, com $0,5\text{--}1 \mu\text{m}$ de espessura uniforme, de cor vermelho-castanho pálido, poros germinativos obscuros.

Distribuição geográfica: Equador, Venezuela e Costa Rica; Brasil: Norte (Pará), Sudeste (Rio de Janeiro). (Hennen *et al.* 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016) Sendo este o primeiro registro para o estado do Amazonas.

Material selecionado: Brasil. Amazonas: Manaus, Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD) sobre *Piper* sp., 04/II/2006, fl., França, I. e H. Sotão, I2006-29 (MG217820). (?/?; IIe/III).

Sobre o gênero *Piper* temos a ocorrência para o Neotrópico: *Crossopsora piperis* Berndt, F. O. Freire & C. N. Bastos, *Malupa piperinum* Buriticá & Hennen, *Puccinia peperomiae* J. C. Lindq. e *Uredo peperomiae* Henn. (Hennen *et al.* 2005, Berndt 2013 e Céspedes 2014).

A presente ferrugem foi atribuída ao gênero *Crossopsora* devido os teliósporos serem dispostos em linhas delgadas e presença de paráfises periféricas tanto nos

uredínios, como nos télios. Na espécie identificada, os poros germinativos são de difícil visualização. Em outras espécies do gênero *Crossopsora*, os poros germinativos são muito mais visíveis, provavelmente devido a uma parede celular externa fortemente espessada dos teliósporos (Berndt *et al.* 2002).

Smilacaceae

Sphenospora smilacina H. Sydow, Ann. Mycologia. 23:318-319.1925. Figura 4 (F)

Tipo: Sobre *Smilax* sp. (Smilacaceae), San Felipe, Guatemala, 14 de Janeiro de 1917, Holway-718.

Espermogônio e écio ausente. Uredíño em *Uredo*, abaxial, disperso em mancha irregular em círculo concêntrico, de cor marrom; paráfise ausente; urediniósporo obovóide, globoso, 22,5–32,5 × 17,5–27,5 µm, parede equinulada, uniforme, 1,5–3 µm de espessura, cor castanho-pálida, com 2 poros germinativos equatoriais. Télio não visualizado.

Distribuição geográfica: Colômbia, Equador, Guatemala, México, Peru, Venezuela e América Central. Brasil: Norte (Amapá e Pará), Nordeste (Paraíba), Sudeste (Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Santa Catarina) (Hennen *et al.* 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016). Sendo este o primeiro registro para o estado do Amazonas.

Material selecionado: Brasil. Amazonas: Manaus, Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), sobre *Smilax siphilitica* Humb. & Bonpl. ex Willd. (Smilacaceae), 31/I/2006, fl., França, I. e Sotão, H., I2006-18 (MG217815). (?/?; IIe/III).

Hennen *et al.* (2005) citam três espécies que ocorrem em *Smilax* no Brasil: *S. smilacina* Syd., *Puccinia smilacis* Schwein e *Aecidium smilacinum* Transzschel.

Em *A. smilacinum*, a presença de écio, sendo desconhecida a fase uredinial e telial são os que diferenciam das outras espécies. A espécie *S. smilacina* pode ser diferenciada de *P. smilacis*, por apresentar uredínios sem paráfises, urediniósporos maiores (22,5–32,5 × 17,5–27,5 µm) e dois poros germinativos equatoriais e teliósporo com septo horizontal, enquanto que a principal diferença de *P. smilacis* é a presença de paráfises nos uredínios (Saccardo 1888) e também teliósporos com septo vertical.

AGRADECIMENTOS

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) pela infraestrutura disponibilizada nos laboratórios de Micologia, Microscopia (M.O), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Herbário MG; ao CNPq pelo apoio financeiro as excursões de campo, através do Programa de Biodiversidade da Amazônia (MPEG/INPA) e SISBIOTA/CNPq coordenado pela Dra. Leonor Costa Maia (UFPE); A Dr^a Maria Aparecida de Jesus, Dra. Noemia Kazue Ishikawa e Msc. João Vitor Camargo Soares, do INPA, pelo valoroso apoio na realização das excursões a RFAD e visita ao Herbário do INPA; ao Prof. Antonio H. Gutiérrez, por compartilhar o fotomicroscópio do laboratório de Micologia da Universidade Federal do Pará (UFPA); ao Técnico Luís Carlos Lobato do MPEG pela identificação botânica das plantas hospedeiras. A primeira autora agradece ao Curso de Mestrado em Botânica Tropical (Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA/ MPEG), pelo apoio oferecido e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aime, M. C.; Matheny, P. B.; Henk, D. A.; Frieders, E. M.; Nilsson, R. H.; Piepenbring, M.; *et al.* 2006. An overview of the higher level classification of Pucciniomycotina based on combined analyses of nuclear large and small subunit rDNA sequences. *Mycologia*. 98 (6): 896-905.
- Beenken, L.; Berndt, R. 2010. Rust fungi on Annonaceae: the genus *Sphaerophragmium*. *Mycologia*. 102(3): 650–663.
- Beenken, L.; Zoller, S.; Berndt, R. 2012. Rust fungi on Annonaceae II: the genus *Dasyspora* Berk. & M. A. Curtis. *Mycologia*. 104:659–681.
- Beenken, L. 2014. Pucciniales on *Annona* (Annonaceae), with special focus on the genus *Phakopsora*. *Mycology Progress*. 13:791–809.
- Beenken, L.; Wood, A. R. 2015. *Puccorchidium* and *Sphenorchidium*, two new genera of Pucciniales on Annonaceae related to *Puccinia psidii* and the genus *Dasyspora*. *Mycology Progress*. 14: 49.
- Berndt, R.; Freire, F.; Bastos, C. N. 2002. *Crossopsora piperis*, a new rust species from Brazil. *Mycotaxon* 83: 266.
- Berndt, R. 2012. Species richness, taxonomy and peculiarities of the neotropical rust fungi: are they more diverse in the Neotropics? *Biodivers. Conserv.* 21: 2299-2322.
- Berndt, R. 2013. First catalogue of the rust fungi of French Guiana, northern South America. *Micol Progress* 12: 193-211.
- Berndt, R.; Beenken, L. 2013. *Chaconia heliconiae* and *C. clusiae* sp. Novae from French Guiana with notes on the genus Chaconia (Uredinales/Pucciniales) in the neotropics. *Micol Progress*.12: 397–401

- Buriticá, P.; Hennen, J. F. 1980. Pucciniosiraceae (Uredinales, Pucciniaceae). *Flora Neotropica*, Monographia 24: 17.
- Buriticá, P. E. 1999. La familia Phakopsoraceae (Uredinales) en el neotropico-IV. Géneros: *Crossopsora*, *Cerotelium*, *Phragmidiella* y *Catenulopsora*. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23 (88): 407-431.
- Carvalho-Jr, A. A.; Sotão, H. M. P. 2010. *Catálogo de plantas e fungos do Brasil Pucciniales*. Pp. 210-240. In: Forzza, R. C. et al. (Orgs.) ed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Carvalho-Jr, A. A.; Sotão, H. M. P. 2016. *Pucciniales* in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (www.reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB25) Acesso em: 21/02/2016.
- Céspedes, P. B.; Yepes, M. S.; Pardo-Cardona, V. M. 2014. Pucciniales (Fungi), Royas de Colombia. *Revista Facultad nacional de Agronomia*. Suplemento I.
- Cummins, G. B. 1943. Descriptions of tropical rusts-v. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 70 (1): 68-81.
- Cummins, G. B.; Hiratsuka, Y. 1983. *Illustrated Genera of Rust Fungi*. Rev. ed. APS Press, St Paul, MN.
- Cummins, G. B.; Hiratsuka, Y. 2003. *Illustrated genera of rust fungi*. Third ed. American Phytopathological Society, St. Paul, MN. APS Press, St Paul, MN.
- Ditel, P. 1897. *Uredo machaerii*. *Hedwigia* 36 (1): 36
- Dianese, J.C; Santos, L.T.; Medeiros, R.B.; Sanches, M. 1994. *Mimema venturae* sp. nov. on *Delbergia miscolobium* in Brasil. *Mycological Research* 98:786-788.
- França, I. F.; Sotão, H. M. P. 2009. Novos registros de Ferrugens (Uredinales) sobre Fabaceae para o Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 23 (3): 860-863.

França, I. F.; Sotão, H. M. P.; Costa-Neto, S.V. 2010. Fungos causadores de ferrugens da Reserva Biológica do Lago do Piratuba, Amapá, Brasil. *Rodriguesia* 61(2): 211-221.

Hennen, J. F.; Ono, Y. 1978. *Cerradoa palmae*. *Mycologia* 70 (3): 570.

Hennen, J. F. and J. W. McCain. 1993. New species and records of Uredinales from the neotropics. *Mycologia* 85: 970-986.

Hennen, J. F.; Sotão, H. M. P. 1996. New species of Uredinales on Bignoniaceae from Brazil. *Sida*. 17 (1): 173-184.

Hennen, J. F.; Figueiredo, M. B.; Carvalho Jr, A. A.; Hennen, P. G. 2005. *Catalogue of plant rust fungi (Uredinales) of Brazil*. (www.jbrj.gov.br). Acesso em: 30/11/2014

Hopkins, M. J. G. 2005. Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil. *Rodriguésia* 56 (86): 9-25.

Kern, F.; Thrust.; Whetzel. 1934. *Uredo pusilla*. *Monograph Univ. Puerto Rico, Series B* 2: 296.

Index Fungorum, 2016.
[\(\[www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=179650\]\(http://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=179650\)\)](http://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=179650). Acesso em: 21/02/2016.

Lohmann, L. G.; Taylor, C. M. A. 2014. New Generic Classification of Tribe Bignonieae (Bignoniaceae). *Ann. Missouri Bot. Gard.* 99: 348–489.

Ono, Y. 2015. *Sorataea acanthophora* comb. nov. (Uropyxidaceae, Pucciniales) on *Derris* (Fabaceae) from the Philippines. *Mycoscience*. 56: 612-615. 2015.

Oliveira, M. L.; Baccaro, F. B.; Braga-Neto, R.; Magnusson, W. E. 2008. *Reserva Ducke: A Biodiversidade amazônica através de uma grade*. 1ed. Attena Design Editorial, Manaus, 170p.

- Pardo-Cardona, V. M. 2001. Historia, Estado actual y perspectivas de la investigacion de los uredinales em Colombia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín.* 54 (1):1333-1350.
- PELD, 2015. Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. (www.peld.inpa.gov.br/sitios/ducke) Acesso em 20/11/2015.
- Ribeiro, M. N. G. 1976. Aspectos Climatológicos de Manaus. *Acta Amazonica*, 6(2):229-233.
- Saccardo, P. A. 1925. *Aecidium duguetiae*. *Sylloge Fungorum* XXIII: 868.
- Saccardo, P. A. 1888. *Puccinia smilacis*. *Sylloge Fungorum* VII: 661.
- Sotão, H. M. P.; Hennen, J. F.; Freires, E. S.; Mendonça, F.; Brito, F.; França, I.; Castro, C. 2013. Novos registros de fungos (Pucciniales) para a Floresta Nacional de Caxiuanã, Amazônia e Brasil *in Caxiuanã: paraíso ainda preservado*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 656p.
- Viennot-Bourgin, G. 1953. Urédinales d'Africa (3º note) Urédinales de Côte d'Ivoire. (2º note). *Urediniana* 4: 125- 228.
- Yepes, M.S.; Carvalho-Jr., A.A. 2010. *Ferrugens: diversidade de Uredinales do Parque Nacional do Itatiaia, Brasil*. Rio de Janeiro: Technical Books. 201p.
- Zuluaga, C.; Buriticá, P.; Marín, M. 2008. Generalidades de los uredinales (Fungi: Basidiomycota) y de sus relaciones filogenéticas. *Acta Biol. Colomb.* 14 (1): 41-56.

Legendas

Figura 1. Fungos da ordem Pucciniales ocorrendo em plantas da RFAD: (A-F) *Aecidium amazonense* P. Hennings sobre *Guatteria* sp. (A) Células peridiais da parede externa lisa na parte superior e finamente verrugosa na parte inferior em MEV; (B) idem em MO; (C) parede interna das células peridiais finamente verrugosa em MEV; (D) idem em MO; (E) parede dos eciósporos com bandas finamente verrugosas e bandas fortemente verrugosas em MEV; (F) idem em MO. (G-K) *Aecidium juruense* P. Hennings sobre *Unonopsis* sp. (G) parede externa das células peridiais verrugosa estriada em MEV; (H) idem em MO; (I) parede interna das células peridiais verrugosa em MEV; (J) idem em MO; (K) eciósporos engrossado apicalmente em MO. (L-O) *Aecidium xylopiiæ* P. Hennings sobre *Xylopia* sp. (L) parede externa das células peridiais irregularmente estriada em MEV; (M) idem em MO; (N) parede interna das células peridiais minutamente verrugosa em MEV; (O) idem em MO. Barra (A)= 24 µm, Barra (C)= 16 µm, Barra (E)= 10 µm, Barra (G)= 7 µm, Barra (I)= 12 µm, Barra (L)= 13 µm, Barra (N)= 6 µm (MEV). Barras= 20 µm (B, D, F, H, J, M, O).

Figura 2. Fungos da ordem Pucciniales ocorrendo em plantas da RFAD: (A-B) *Aecidium xylopiiæ* P. Hennings sobre *Xylopia* sp. (A) parede dos eciósporos densamente e minutamente verrugosa em MEV; (B) idem em MO. (C-H) *Aecidium* sp. sobre *Bocageopsis* sp. (C) parede externa das células peridiais finamente verrugosa em MEV; (D) idem em MO; (E) parede interna das células peridiais verrugosa em MEV; (F) idem em MO; (G) parede dos eciósporos densamente e minutamente verrugosa em MEV; (H) idem em MO. (I-L) *Dietelia duguetiae* (Thurston) Buriticá & Hennen sobre *Duguetia* sp.

(I) parede externa das células peridiais radialmente estriada em MEV; (J) idem em MO; (K) parede interna das células peridiais verrugosa em MEV; (L) idem em MO. Barra (A)= 4 μm , Barra (C)= 5 μm , Barra (E)= 8 μm , Barra (G)= 5 μm , Barra (I)= 30 μm , Barra (K)= 6 μm (MEV). Barras= 20 μm (B, D, F, H, J).

Figura 3. Fungos da ordem Pucciniales ocorrendo em plantas da RFAD: (A-B) *Edythea palmaea* (J. F. Hennen & Y. Ono) Cummins & Y. Hirats sobre *Attalea* sp. (A-B) urediniósporos com parede equinulada e dois poros germinativos em MO em vista superficial e vista mediana, respectivamente; (C-F) *Porotenus biporus* Hennen & Sotão sobre *Adenocalymma* sp. (C) urediniósporos com banda irregular equinulada e largas áreas lisas em MEV; (D) uredinióporos com dois poros germinativos equatoriais em MO; (E) teliósporos com parede lisa em MEV; (F) idem em MO. (G-J) *Uredo pusilla* F. Kern, Thurst. & Whetzel sobre *Machaerium* sp. (G) uredínios com paráfises periféricas cilíndrica e arredondada no ápice em MEV; (H) paráfise periférica septada (seta) cilíndrica, acuminada ou arredondada no ápice em MO; (I) urediniósporos com parede equinulada em MEV; (J) idem em MO; (K-O) *Sorataea* sp. sobre Fabaceae. (K) urediniósporos com parede equinulada com equínulas acuminada no ápice em MEV; (L) urediniósporos em vista mediana em MO; (M) paráfises e teliósporo (seta) em MEV; (N-O) teliósporo oblongo a clavado com ápice obtuso e paráfise encurvadas, falciforme e arredondadas no ápice em MO, respectivamente. Barra (c)= 20 μm , Barra (E)= 10 μm , Barra (G)= 32 μm , Barra (I)= 6 μm , Barra (K)= 8 μm . Barras= 20 μm (A, B, D, F, H, J, L, N, O).

Figura 4. Fungos da ordem Pucciniales ocorrendo em plantas da RFAD: (A-B) *Chaconia heliconiae* Berndt sobre *Heliconia* sp. (A) teliósporos em MO; (B) urediniósporos amplamente elipsóide e obovóide com parede equinulada em MO; (C-D) *Uredo* sp. sobre *Ficus* sp. (C) parede dos urediniósporos com proeminentes equinulações em MEV (D) urediniósporos em vista superficial em MO; *Crossopsora piperis* Berndt, F. O. Freire & C. N. Bastos sobre *Piper* sp. (E) paráfise e urediniósporos em MO; *Sphenospora smilacina* H. Sydow sobre *Smilax* sp. (F) urediniósporos com parede equinulada em MEV. Barra (C)= 24 µm, Barra (F)= 20 µm. Barras= 20 µm (A, B, D, E).

Apêndice

Tabela 1

Tabela 1. Espécies de fungos causadores de ferrugens inventariadas na Reserva Florestal Adolpho Ducke. Dados sobre as famílias e espécies de hospedeiros, número total de espécimes estudados, voucher e distribuição geográfica no Brasil. ♦ Novo registro para o estado do Amazonas; ♦♦ Novo registro para a Amazônia; • Novo registro para o Brasil.

Família	Espécies de hospedeiros	Espécies de ferrugens	Nº de espécimes	Voucher (MG)	Distribuição geográfica	Referência das descrições
Annonaceae	<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.) R.E. Fr.	<i>Aecidium</i> sp.	1	217798		
	<i>Duguetia flagellaris</i> Huber	<i>Dietelia duguetiae</i> (Thurst.) Buriticá & J. F. Hennen♦♦	1	217797	Brasil (DF, GO, MG e SP) (Hennen <i>et al</i> 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016)	Fl. Neotrop., Monogr. 24: 17 (1980)
	<i>Guatteria megalophylla</i> Diels	<i>Aecidium amazonense</i> Henn.	1	217830	Brasil (AM, AP, e PA), Peru (Hennen <i>et al</i> . 2005; Carvalho-Jr e Sotao 2016)	Hedwigia 43(3): 169 (1904)
	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	<i>Aecidium amazonense</i> Henn.	1	217821	Brasil (AM, AP, e PA), Peru (Hennen <i>et al</i> . 2005; Carvalho-Jr e Sotao 2016)	Hedwigia 43(3): 169 (1904)
	<i>Unonopsis stipitata</i> Diels	<i>Aecidium juruense</i> Henn.	2	217795, 217796	Brasil (AM) (Hennen <i>et al</i> . 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016)	Hedwigia 43(3): 169 (1904)
	<i>Xylopia amazonica</i> R. E. Fr.	<i>Aecidium xylopiae</i> Henn.♦	8	217822, 217823, 217824, 217825, 217826, 217827, 217829, 217828	Brasil (GO, MA, MG, MT, PA, TO e SP), África, Colômbia (Hennen <i>et al</i> . 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016; Céspedes <i>et al</i> . 2014)	Hedwigia 34: 100 (1895)

Tabela 1. Espécies de fungos causadores de ferrugens inventariadas na Reserva Florestal Adolpho Ducke. Dados sobre as famílias e espécies de hospedeiros, número total de espécimes estudados, voucher e distribuição geográfica no Brasil. ♦ Novo registro para o estado do Amazonas; ♦♦ Novo registro para a Amazônia; ● Novo registro para o Brasil.

Família	Espécies de hospedeiros	Espécies de ferrugens	Nº de espécimes	Voucher (MG)	Distribuição geográfica	Referência das descrições
Areceae	<i>Attalea</i> sp.	<i>Edythea palmaea</i> (J.F. Hennen & Y. Ono) Cummins & Y. Hirats.♦	1	217819	Brasil (BA, DF, GO, MA, MG, PA e SP), Colômbia (Hennen <i>et al.</i> 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016)	Illustr. Gen. Rust Fungi, rev. Edn (St. Paul): 89 (1983)
Bignoniaceae	<i>Adenocalymma validum</i> (K. Schum.) L.G. Lohmann	<i>Porotenus biporus</i> J. F. Hennen & Sotão♦	11	217801, 217802, 217812, 217832, 217833, 217834, 217835, 217836, 217837, 217839, 217838	Brasil (AP, DF, MA, MG e PA), Guiana Francesa (Hennen <i>et al.</i> 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016; Berndt 2013)	Sida 17(1): 175 (1996)
	<i>Adenocalymma schomburgkii</i> (DC.) L.G. Lohmann	<i>Porotenus biporus</i> J. F. Hennen & Sotão♦	2	217799, 217800	Brasil (AP, DF, MA, MG e PA), Guiana Francesa (Hennen <i>et al.</i> 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016; Berndt 2013)	Sida 17(1): 175 (1996)
	<i>Adenocalymma moringifolium</i> (DC.) L.G. Lohmann	<i>Porotenus memorae</i> F. Albuquerque	1	217840	Brasil (AM, MG, PA e SP), Guiana Francesa (Hennen <i>et al.</i> 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016; Berndt 2013)	Pesquisa Agropec. Bras., ser. Agron. 6: 139 (1971)
	<i>Adenocalymma magnificum</i> Mart. ex DC.	<i>Porotenus biporus</i> J. F. Hennen & Sotão♦	3	217841, 217842, 217843	Brasil (AP, DF, MA, MG e PA), Guiana Francesa (Hennen <i>et al.</i> 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016; Berndt 2013)	Sida 17(1): 175 (1996)

Tabela 1. Espécies de fungos causadores de ferrugens inventariadas na Reserva Florestal Adolpho Ducke. Dados sobre as famílias e espécies de hospedeiros, número total de espécimes estudados, voucher e distribuição geográfica no Brasil. ♦ Novo registro para o estado do Amazonas; ♦♦ Novo registro para a Amazônia; • Novo registro para o Brasil.

Família	Espécies de hospedeiros	Espécies de ferrugens	Nº de espécimes	Voucher (MG)	Distribuição geográfica	Referência das descrições
Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	<i>Uredo maceiensis</i> Henn.	1	217803	Brasil (AL e AM) (Hennen et al. 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016)	Hedwigia 43: 168 (1904)
Fabaceae	<i>Abrus fruticosus</i> Wight & Arn.	<i>Uredo</i> sp. 1	1	217809		
	<i>Machaerium leiophyllum</i> var. <i>leiophyllum</i>	<i>Uredo pusilla</i> Kern., Thurst & Whetzel•	1	217844	Venezuela (Kern et al. 1934)	Monograph Univ. Puerto Rico, Series B 2: 296 (1934)
	Indeterminado	<i>Sorataea</i> sp.	1	217816		
Heliconiaceae	<i>Heliconia psittacorum</i> L. f.	<i>Puccinia heliconiae</i> Arthur	9	217804, 217805, 217807, 217806, 217808, 217845, 217846, 217848	Brasil (AM, CE, PA, PB, RJ e SP), Panamá, Equador, Colômbia, Venezuela, América Central e México (Hennen et al. 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016)	Bull. Torrey bot. Club 45: 144 (1918)
	<i>Heliconia psittacorum</i> L. f.	<i>Chaconia heliconiae</i> Berndt♦	1	217847	Brasil (PA), Guiana Francesa (Berndt e Beenken 2013)	Mycol. Progr. 12(2): 398 (2013)

Tabela 1. Espécies de fungos causadores de ferrugens inventariadas na Reserva Florestal Adolpho Ducke. Dados sobre as famílias e espécies de hospedeiros, número total de espécimes estudados, voucher e distribuição geográfica no Brasil. ♦ Novo registro para o estado do Amazonas; ♦♦ Novo registro para a Amazônia; ● Novo registro para o Brasil.

Família	Espécies de hospedeiros	Espécies de ferrugens	Nº de espécimes	Voucher (MG)	Distribuição geográfica	Referência das descrições
Marantaceae	<i>Ischnosiphon</i> sp.	<i>Puccinia thaliae</i> Dietel	1	218526	Brasil (AM, AP, BA, CE, MA, MG, MS, PA, PB, PE, RJ, RS, SC e SP), Guiana Francesa, Colômbia (Hennen <i>et al.</i> 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016; Berndt 2013; Céspedes <i>et al.</i> 2014)	Hedwigia 38: 250 (1899)
Moraceae	<i>Ficus paraensis</i> (Miq.) Miq.	<i>Uredo</i> sp. 2	1	217810		
Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	<i>Crossopsora piperis</i> Berndt, Freire & Bastos♦	1	217820	Brasil (PA e RJ), Equador, Guiana Francesa, Colômbia (Hennen <i>et al.</i> 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016; Berndt 2013; Céspedes <i>et al.</i> 2014)	Mycotaxon 83: 267 (2002)
Poaceae	<i>Pariana</i> sp. Aubl.	<i>Puccinia bambusarum</i> (Henn.) Arthur	2	217817, 217813	Brasil (AM, AP, MG, PA e RJ), Peru (Hennen <i>et al.</i> 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016)	Bot. Gaz. 65: 467 (1918)

Tabela 1. Espécies de fungos causadores de ferrugens inventariadas na Reserva Florestal Adolpho Ducke. Dados sobre as famílias e espécies de hospedeiros, número total de espécimes estudados, voucher e distribuição geográfica no Brasil. ♦ Novo registro para o estado do Amazonas; ♦♦ Novo registro para a Amazônia; ● Novo registro para o Brasil.

Família	Espécies de hospedeiros	Espécies de ferrugens	Nº de espécimes	Voucher (MG)	Distribuição geográfica	Referência das descrições
Poaceae	<i>Olyra latifolia</i> L.	<i>Puccinia bambusarum</i> (Henn.) Arthur	2	217849, 217850	Brasil (AM, AP, MG, PA e RJ), Peru (Hennen <i>et al.</i> 2005; Bot. Gaz. 65: 467 (1918) Carvalho-Jr e Sotão 2016)	
Rubiaceae	<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	<i>Uredo borreriae</i> (Henn.) F. Kern & Whetzel	1	217814	Brasil (AM, AP, CE, MG, PB, RJ e SP), Venezuela, Porto Rico (Hennen <i>et al.</i> 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016)	Mycologia 18(1): 42 (1926)
Smilacaceae	<i>Smilax siphilitica</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	<i>Sphenospora smilacina</i> Syd♦	1	217815	Brasil (AP, MG, PA, PB, RJ, SC e SP), Guiana Francesa, Guatemala, Peru, Venezuela, Colômbia, Equador, México e América Central (Hennen <i>et al.</i> 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016; Berndt 2013)	Annls mycol. 23(3/6): 318 (1925)
Tectariaceae	<i>Triplophyllum dicksonioides</i> (Fée) Holttum	<i>Desmella aneimiae</i> Syd. & P. Syd.	1	217818	Brasil (AM, AP, CE, MG, MT, RJ, RS, SC e SP), Guiana Francesa, Paraguai, Colômbia (Hennen <i>et al.</i> 2005; Carvalho-Jr e Sotão 2016; Berndt 2013)	Annls mycol. 16(3/6): 241 (1919) [1918]

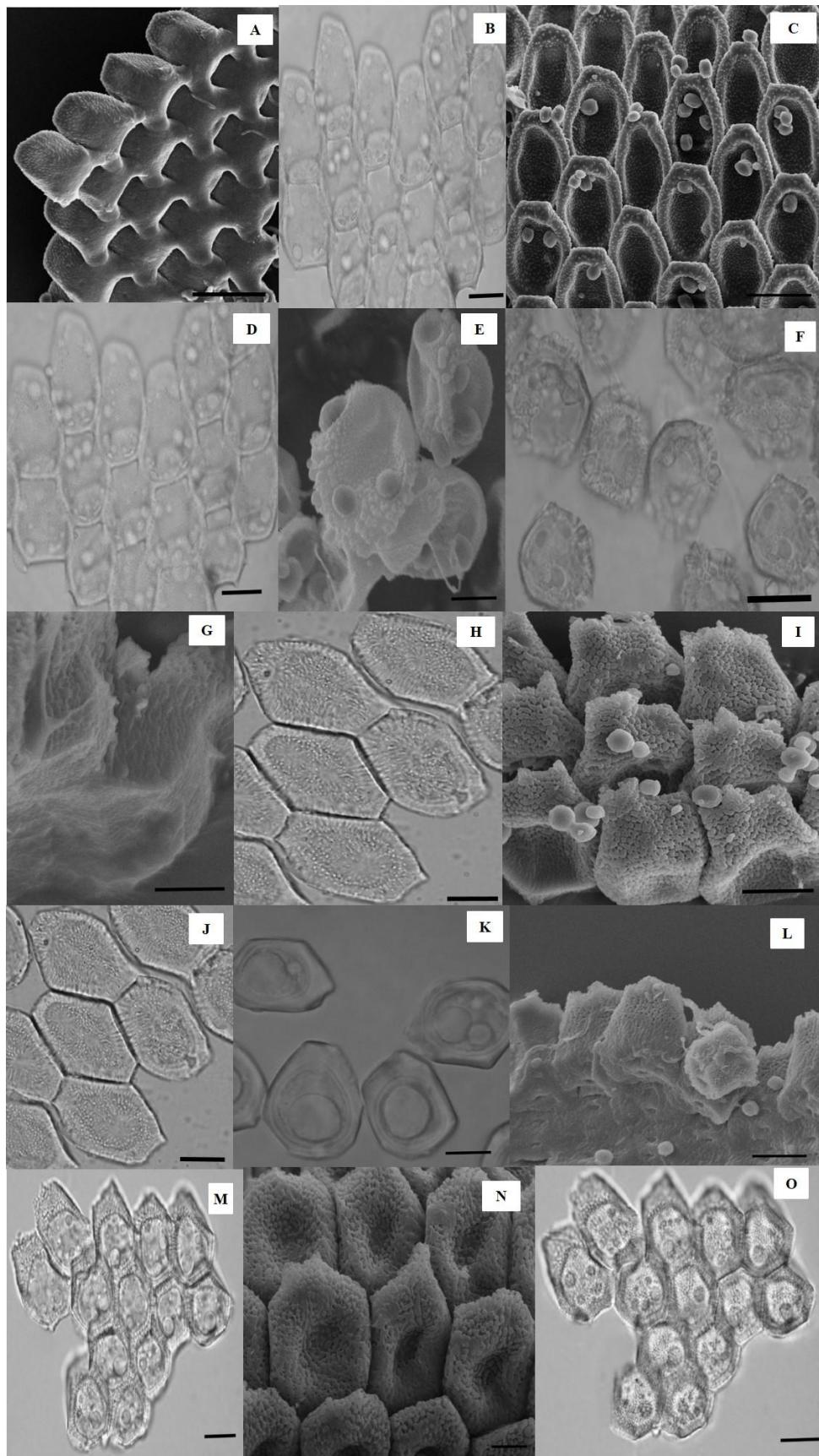
Figura 1

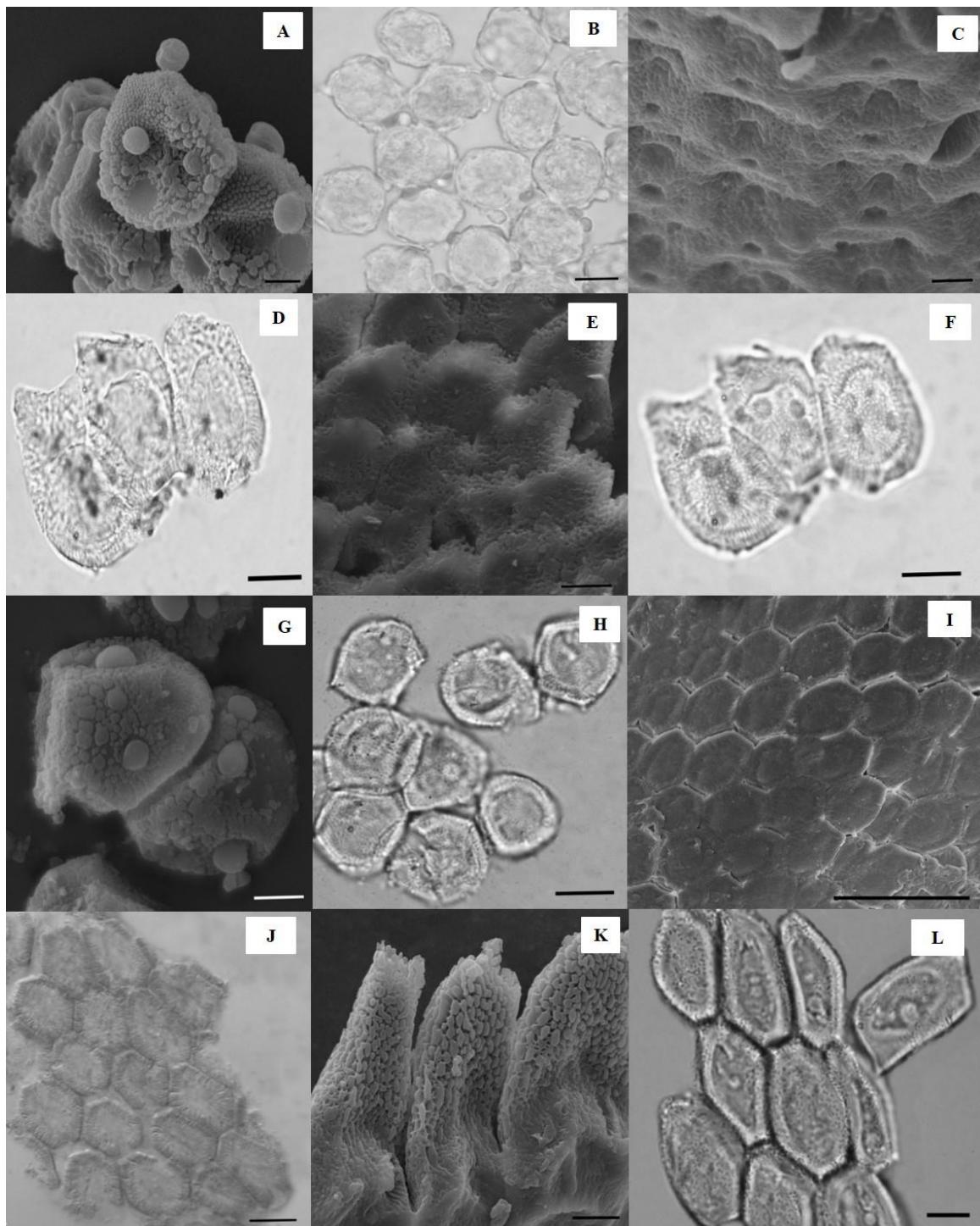
Figura 2

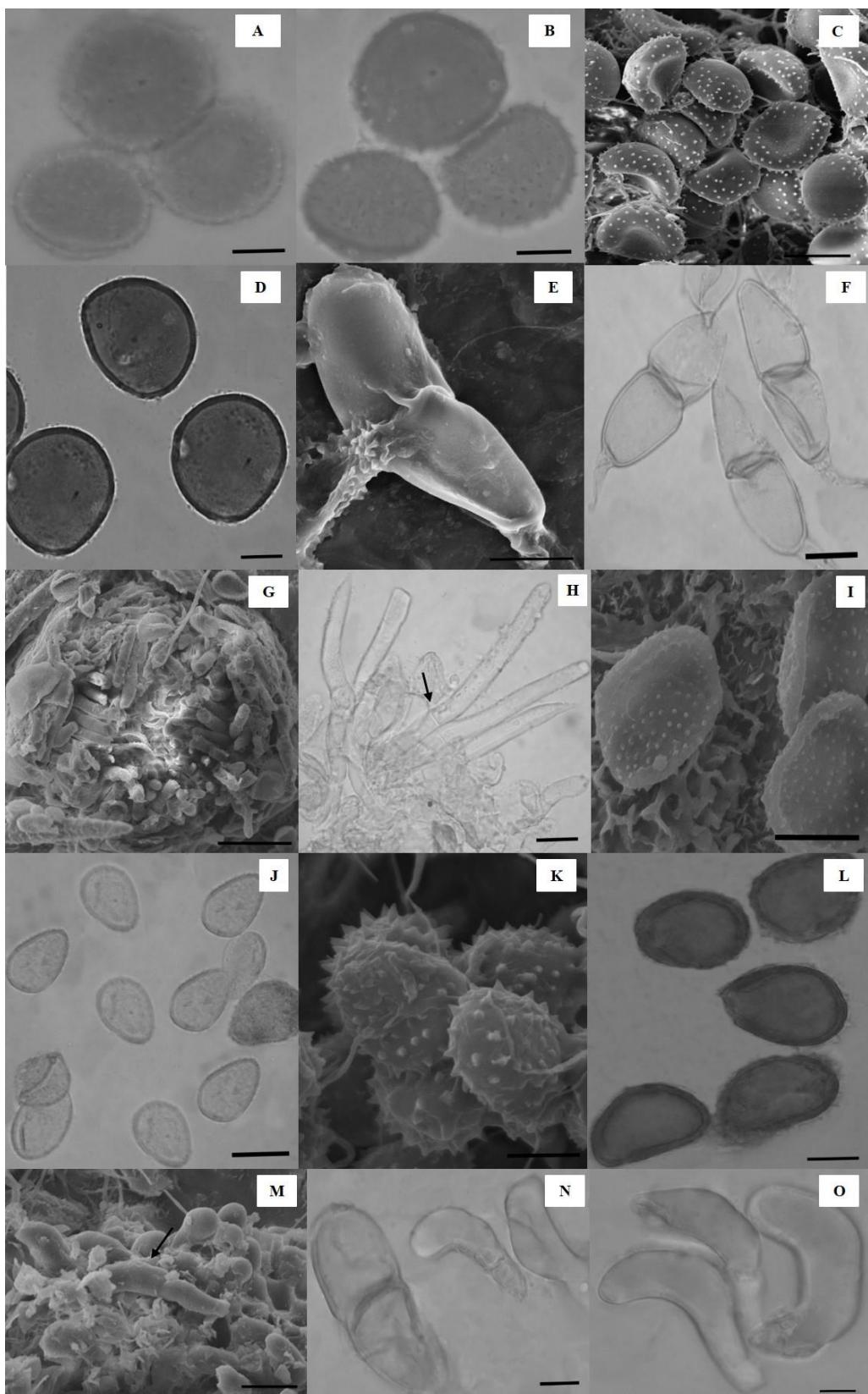
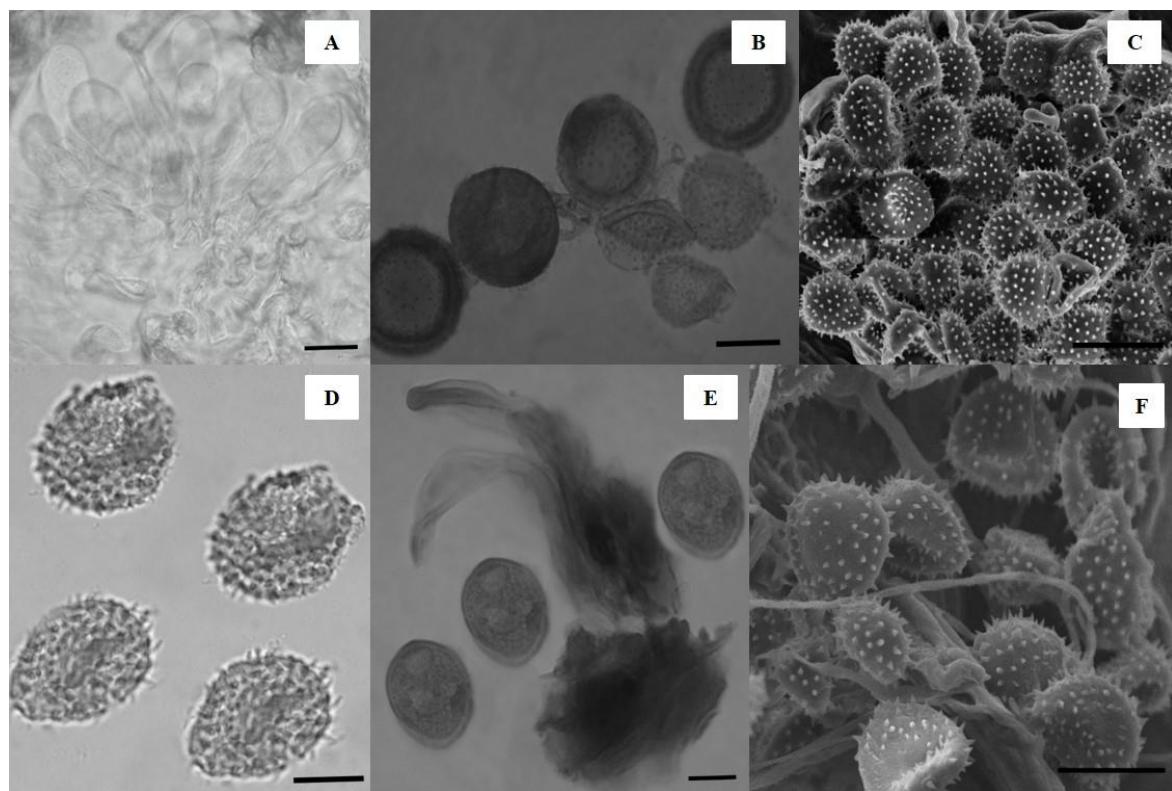
Figura 3

Figura 4

Anexo 1

Normas para a submissão no periódico ACTA AMAZÔNICA

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores devem verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. Submissões que não estejam de acordo com as normas são devolvidas aos autores.

1. O tamanho máximo do arquivo deve ser 3 MB.
2. O manuscrito deve ser acompanhado de uma carta de submissão indicando que:
a) os dados contidos no trabalho são originais e precisos; b) que todos os autores participaram do trabalho de forma substancial e estão preparados para assumir responsabilidade pública pelo seu conteúdo; c) a contribuição apresentada à Revista não foi previamente publicada e nem está em processo de publicação, no todo ou em arte em outro veículo de divulgação. A carta de submissão deve ser carregada no sistema da Acta Amazonica como "documento suplementar".
3. Os manuscritos são aceitos em português, espanhol e inglês, mas encorajam-se contribuições em inglês. A veracidade das informações contidas numa submissão é de responsabilidade exclusiva dos autores.
4. A extensão máxima para artigos e revisões é de 30 páginas (ou 7500 palavras, excluindo a primeira página, ver item 8) incluindo bibliografia, tabelas, figuras e legendas, dez páginas (2500 palavras) para comunicações e notas científicas e cinco páginas para outras tipos de contribuições. Tabelas e figuras devem ser inseridas ao final do texto, nesta ordem. Uma cópia das figuras deve ser submetida em formato eletrônico na página do Periódico (ver itens 24-31).
5. Os manuscritos formatados conforme as Normas da Revista (Instruções para os autores) são enviados aos editores associados para pré-avaliação. Neste primeiro julgamento são levados em consideração a relevância científica, a inteligibilidade do manuscrito e o escopo no contexto amazônico. Nesta fase, contribuições fora do escopo ou de pouca relevância científica são rejeitadas. Manuscritos aprovados na préavaliação são enviados para revisores (pelo menos dois), especialistas de outras instituições diferentes daquelas dos autores, para uma análise mais detalhada.
6. Uma contribuição pode ser considerada para publicação, se tiver recebido pelo menos dois pareceres favoráveis no processo de avaliação. A aprovação dos manuscritos

está fundamentada no conteúdo científico e na sua apresentação conforme as Normas da Revista.

7. Os manuscritos que necessitam correções são encaminhados aos autores para revisão. A versão corrigida deve ser encaminhada ao Editor no prazo de DUAS semanas. Uma carta de encaminhamento deve ser carregada no sistema da Revista, detalhando as correções efetuadas. Nessa carta, recomendações não incorporadas ao manuscrito devem ser explicadas. Todo o processo de avaliação pode ser acompanhado no endereço, <http://submission.scielo.br/index.php/aa/login>.

8. A organização do manuscrito deve seguir esta ordem, na primeira página: Título, nome(s) e endereço institucional e eletrônico do(s) autor(es). Nas páginas seguintes: Título, Resumo, Palavras-Chave, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Agradecimentos (incluído apoio financeiro), Bibliografia Citada e finalmente, tabelas e figuras com as suas respectivas legendas.

Importante: Toda submissão deve incluir antes da Introdução: título, abstract e palavras-chave (keywords) em inglês.

9. As comunicações e notas científicas são redigidas separando os tópicos (Introdução, etc) em parágrafos, mas sem incluir os seus respectivos títulos. Estas contribuições, como no caso do artigo completo, também devem conter: Título, nome(s) e endereço institucional e eletrônico do(s) autor(es), Resumo, Palavras Chave e os tópicos do artigo completo incluindo título, abstract e palavras-chave (keywords) em inglês. São permitidas até três figuras e duas tabelas.

10. O(s) nome(s) completo(s) do(s) autor(es) deve(m) ser escrito(s) com o último nome em letras maiúsculas. Nomes e instituição(ões) com o endereço completo, incluindo telefone, fax, e-mail devem ser cadastrados no sistema da Revista no ato da submissão.

11. IMPORTANTE: Os manuscritos não formatados conforme as Normas da Revista NÃO são aceitos para publicação.

12. Os manuscritos devem ser preparados usando editor de texto (e salvos em formato doc, docx ou rtf), utilizando fonte "Times New Roman", tamanho 12 pt, espaçamento duplo, com margens de 3 cm. As páginas e as linhas devem ser numeradas de forma continua.

13. O título deve ser justificado à esquerda; com a primeira letra maiúscula.

14. O resumo, com até 250 palavras ou até 150 palavras no caso de notas e comunicações, deve conter de forma sucinta, o objetivo, a metodologia; os resultados e

as conclusões. Os nomes científicos das espécies e demais termos em latim devem ser escritos em itálico.

15. As palavras-chave devem ser em número de três a cinco. Cada palavra-chave pode conter dois ou mais termos. Porém, não repetir palavras utilizadas no título.

16. Introdução. Esta seção deve enfatizar o propósito do trabalho e fornecer de forma sucinta o estado do conhecimento sobre o tema em estudo. Nesta seção devem-se especificar claramente os objetivos ou hipóteses a serem testados. Não incluir resultados ou conclusões na Introdução.

17. Material e Métodos. Esta seção deve ser organizada cronologicamente e explicar os procedimentos realizados, de tal modo que outros pesquisadores possam repetir o estudo. O procedimento estatístico utilizado deve ser descrito nesta seção. Procedimentos-padrão devem ser apenas referenciados. As unidades de medidas e as suas abreviações devem seguir o Sistema Internacional e, quando necessário, deve constar uma lista com as abreviaturas utilizadas. Equipamento específico utilizado no estudo deve ser descrito (modelo, fabricante, cidade e país de fabricação). Material testemunho (amostra para referência futura) deve ser depositado em uma ou mais coleções científicas e informado no manuscrito.

18. Aspectos éticos e legais. Para estudos que exigem autorizações especiais (p.ex. Comitê de Ética/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP, IBAMA, CNTBio, INCRA/FUNAI, EIA/RIMA, outros) deve-se informar o número do protocolo de aprovação.

19. Resultados. Os resultados devem apresentar os dados obtidos com o mínimo julgamento pessoal. Não repetir no texto toda a informação contida em tabelas e figuras. Algarismos devem estar separados de unidades. Por ex., 60 °C e NÃO 60° C, exceto para percentagem (p. ex., 5% e NÃO 5 %). Utilizar unidades e símbolos do sistema internacional e simbologia exponencial. Por ex., cmol kg⁻¹ em vez de meq/100g.

20. Discussão. A discussão deve ter como alvo os resultados obtidos. Evitar mera especulação. Entretanto, hipóteses bem fundamentadas podem ser incorporadas. Apenas referências relevantes devem ser incluídas. As conclusões devem conter uma interpretação sucinta dos resultados e uma mensagem final que destaque as implicações científicas do trabalho. As conclusões podem ser apresentadas como um tópico separado ou incluídas como parte da seção Discussão.

21. Agradecimentos (incluindo apoio financeiro). Devem ser breves e concisos.

22. Bibliografia citada. Pelo menos 70% das referências devem ser artigos de periódicos científicos. As referências devem ser preferencialmente dos últimos 10 anos e de preferência não exceder o número de 40. Os nomes dos autores devem ser citados em ordem alfabética. As referências devem se restringir a citações que aparecem no texto. Nesta seção, o título do periódico NÃO deve ser abreviado.

a) Artigos de periódicos:

Walker, I. 2009. Omnivory and resource - sharing in nutrient - deficient Rio Negro waters: Stabilization of biodiversity? *Acta Amazonica*, 39: 617-626.

Alvarenga, L.D.P.; Lisboa, R.C.L. 2009. Contribuição para o conhecimento da taxonomia, ecologia e fitogeografia de briófitas da Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, 39: 495-504.

b) Dissertações e teses:

Ribeiro, M.C.L.B. 1983. *As migrações dos jaraquís (Pisces: Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 192p.

c) Livros:

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1980. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2da ed. McGraw-Hill, New York, 1980, 633p.

d) Capítulos de livros:

Absy, M.L. 1993. Mudanças da vegetação e clima da Amazônia durante o Quaternário. In: Ferreira, E.J.G.; Santos, G.M.; Leão, E.L.M.; Oliveira, L.A. (Ed.). *Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia*. v.2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p.3-10.

e) Citação de fonte eletrônica:

CPTEC, 1999. Climanalise, 14: 1-2 (www.cptec.inpe.br/products/climanalise). Acesso em 19/05/1999.

23. No texto, citações de referências seguem a ordem cronológica. Para duas ou mais referências do mesmo ano citar conforme a ordem alfabética. Exemplos:

a) Um autor:

Pereira (1995) ou (Pereira 1995).

b) Dois autores:

Oliveira e Souza (2003) ou (Oliveira e Souza 2003).

c) Três ou mais autores:

Rezende *et al.* (2002) ou (Rezende *et al.* 2002).

d) Citações de anos diferentes (ordem cronológica):

Silva (1991), Castro (1998) e Alves (2010) ou (Silva 1991; Castro 1998; Alves 2010).

e) Citações no mesmo ano (ordem alfabética):

Ferreira *et al.* (2001) e Fonseca *et al.* (2001); ou (Ferreira *et al.* 2001; Fonseca *et al.* 2001).

FIGURAS

24. Fotografias, desenhos e gráficos devem ser de alta resolução, em preto e branco com alto contraste, numerados sequencialmente em algarismos arábicos. A legenda da figura deve estar em posição inferior a esta. NÃO usar tonalidades de cinza em gráfico dispersão (linhas ou símbolos) ou gráficos de barra. Em gráfico de dispersão usar símbolos abertos ou sólidos (círculos, quadrados, triângulos, ou losangos) e linhas em preto (contínuas, pontilhadas ou tracejadas). Para gráfico de barra, usar barras pretas, bordas pretas, barras listradas ou pontilhadas. Na borda da área de plotagem utilizar uma linha contínua e fina, porém NÃO usar uma linha de borda na área do gráfico. Evitar legendas desnecessárias na área de plotagem. Nas figuras, NÃO usar letras muito pequenas (< tamanho 10 pt), nos título dos eixos ou na área de plotagem. Nos eixos (verticais, horizontais) usar marcas de escala internas. NÃO usar linhas de grade horizontais ou verticais, exceto em mapas ou ilustrações similares. O significado das siglas utilizadas deve ser descrito na legenda da figura.

25. O número máximo de figuras é de sete em artigos e de três em comunicações e notas científicas e devem ser de alta qualidade.

26. As figuras devem estar dimensionadas de forma compatível com as dimensões da Revista, ou seja, largura de uma coluna (8 cm) ou de uma página 17 cm e permitir espaço para a legenda. As ilustrações podem ser redimensionadas durante o processo de produção para otimizar o espaço da Revista. Na figura, quando for o caso, a escala deve ser indicada por uma linha ou barra (horizontal) e, se necessário, referenciadas na legenda da figura, por exemplo, barra = 1 mm.

27. No texto, a citação das figuras deve ser com letra inicial maiúscula, na forma direta ou indireta (entre parêntesis). Por ex.: Figura 1 ou (Figura 1). Na legenda, a figura deve ser numerada seguida de ponto antes do título. Por ex.: "Figura 1. Análise...".

28. Para figuras não originais ou publicadas anteriormente, os autores devem informar explicitamente no manuscrito que a permissão para reprodução foi concedida e carregar no sistema da Revista, como documento suplementar, o comprovante outorgado pelo detentor dos direitos autorais.

29. Fotografias e ilustrações (Bitmap) devem estar no formato tiff ou jpeg, em alta resolução (mínimo de 300 dpi). Em gráficos de dispersão ou de barras utilizar o formato xls, xlsx, eps, cdr ou ai. Cada uma das figuras inseridas no texto deve também ser carregada no sistema da Acta Amazonica em arquivo separado, como um "documento suplementar".

30. Fotografias devem estar, preferencialmente, em preto e branco. Fotografias coloridas podem ser aceitas, mas o custo de impressão é por conta dos autores. Como alternativa, pode ser usada figura em preto e branco na versão impressa e colorida (se for necessário) na versão eletrônica, sem custo para os autores.

31. Os autores podem ser convidados a enviar uma fotografia colorida, para ilustrar a capa da Revista. Nesse caso, não há custos para os autores.

TABELAS

32. As tabelas devem ser organizadas e numeradas sequencialmente em algarismos arábicos. O número máximo de tabelas é de cinco para os artigos e de duas para as comunicações e notas científicas. A numeração e o título (autoexplicativo) devem estar em posição superior à tabela. A tabela pode ter notas de rodapé. O significado das siglas utilizadas na tabela (cabeçalhos, etc) deve ser descrito no título.

33. As tabelas devem ser elaboradas em editor de texto (extensão rtf, doc ou docx) e não devem ser inseridas no texto como figura (p. ex. no formato jpeg).

34. A citação no texto pode ser na forma direta ou indireta (entre parêntesis), por extenso, com a letra inicial maiúscula. Por ex. Tabela 1 ou (Tabela 1). Na legenda, a tabela deve ser numerada seguida de ponto antes do título. Por ex. "Tabela 1.

Análise...".

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

1. A Acta Amazonica pode efetuar alterações de formatação e correções gramaticais no manuscrito para ajustá-lo ao padrão editorial e linguístico. As provas finais são enviadas aos autores para a verificação. Nesta fase, apenas os erros tipográficos e ortográficos podem ser corrigidos. Nessa etapa, NENHUMA alteração de conteúdo pode ser feita no manuscrito, se isso acontecer, o manuscrito pode retornar ao processo de avaliação.

2. A Acta Amazonica não cobra taxas para publicação. Informações adicionais podem ser obtidas por e-mail acta@inpa.gov.br. Para informações sobre um determinado manuscrito, deve-se fornecer o número de submissão.

3. As assinaturas da Acta Amazonica podem ser pagas com cheque ou vale postal. Para o exterior, a assinatura institucional custa US\$ 100,00 e a assinatura individual US\$ 75,00. Para contato: valda@inpa.gov.br. Tel.: (55 92) 3643-3643 ou fax: (55 92) 3643-3029.