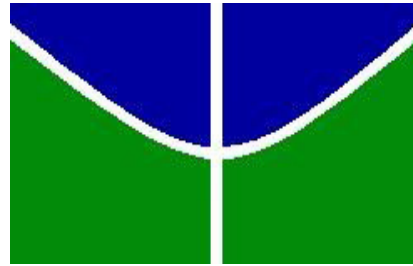


Universidade de Brasília

Instituto de Biologia

Departamento de Botânica

Programa de Pós-Graduação em Botânica



A Família Thuidiaceae Schimp. no Brasil, um estudo taxonômico, filogenético e morfológico.

ABEL EUSTÁQUIO ROCHA SOARES

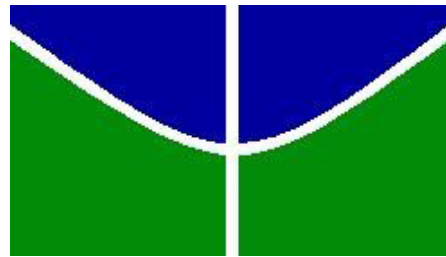
Brasília - DF
Maio, 2015

Universidade de Brasília

Instituto de Biologia

Departamento de Botânica

Programa de Pós-Graduação em Botânica



A Família Thuidiaceae Schimp. no Brasil, um estudo taxonômico, filogenético e morfológico.

ABEL EUSTÁQUIO ROCHA SOARES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de DOUTOR EM BOTÂNICA.

ORIENTADOR: DR. PAULO EDUARDO A. S. CÂMARA

Brasília - DF
Maio, 2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S676f Soares, Abel Eustáquio Rocha
A Família Thuidiaceae Schimp. no Brasil, um estudo taxonômico, filogenético e morfológico. / Abel Eustáquio Rocha Soares; orientador Paulo Eduardo Aguiar Saraiva Câmara. -- Brasília, 2015.
202 p.

Tese (Doutorado - Doutorado em Botânica) --
Universidade de Brasília, 2015.

1. Thuidiaceae. 2. Bryophyta. 3. Thuidium. 4. Pelekium. 5. Filogenia. I. Câmara, Paulo Eduardo Aguiar Saraiva, orient. II. Título.

A Família Thuidiaceae Schimp. no Brasil, um estudo taxonômico, filogenético e morfológico.

Tese apresentada e aprovada em 29 de maio de 2015.



Dr. Paulo Eduardo Aguiar Saraiva Câmara

Orientador e Presidente da Banca
Universidade de Brasília



Dra. Denise Pinheiro da Costa

Membro Titular
Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro



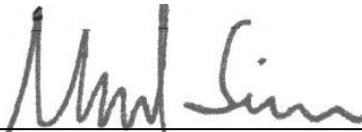
Dr. Denílson Fernandes Peralta

Membro titular
Instituto de Botânica de São Paulo



Dra. Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz

Membro titular
Universidade de Brasília



Dr. Marcelo Fragomeni Simon

Membro titular
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen)

Dr. Diego Knop Henriques

Suplente
Universidade de Brasília

Brasília – DF
Maio, 2015

*Com muito carinho e gratidão, aos meus queridos pais Manoel
e Ana, pela oportunidade de tentar e por sempre acreditar no
meu potencial.*

*Ao meu filho Gabriel, fonte eterna de força e
inspiração.*

Dedico

*"As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu.
Assim devemos ser todos os dias, mutantes, porém leais com o que
pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os
pensamentos". (Paulo Beleki).*

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília, que possibilitou a realização desta tese.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado e a CAPES pela concessão da bolsa de doutorado sanduíche no Jardim Botânico de Nova Iorque.

A minha família e amigos que abdicaram de tantos momentos para tornar este sonho realidade, especialmente ao meu filho Gabriel, fonte de inspiração e alegria e de onde retiro todas as forças para me levantar pela manhã e continuar trabalhando. Aos meus pais onde eu sempre encontro colo, alento e amor, que proporcionaram todas as condições necessárias para que eu pudesse realizar da melhor maneira possível este trabalho e sempre acreditaram no meu potencial, me apoiando em todos os momentos.

Ao meu orientador e amigo Paulo Câmara. Obrigado pelo carinho de sempre e a total confiança depositada em mim desde o início. Até aqui foram seis anos juntos compartilhando alegrias, desafios, sorrisos, conquistas e novas descobertas. Foi um grande orgulho trabalhar com você e ter contribuído para o crescimento e desenvolvimento do laboratório e do herbário de briófitas da UnB.

À Dra. Micheline, pela contínua disponibilidade e amizade que tornaram a realização deste trabalho mais tranquila e prazerosa.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Botânica da UnB pelos ensinamentos transmitidos.

A todos os funcionários do herbário que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos curadores dos herbários citados, que gentilmente emprestaram material dos acervos ou que, juntamente com os funcionários, me receberam sempre muito bem.

Ao New York Botanical Garden (NYBG) e ao Bill Buck por terem me recebido durante meu período de doutorado sanduíche em Nova Iorque. A Stella Sylva por ter me recebido em sua residência durante meus primeiros meses em NY e por ter facilitado ao máximo minha estadia no NYBG.

Aos amigos da pós-graduação pela amizade, ajuda nos trabalhos de campo, inclusão do material no herbário, pelos importantes momentos de trabalho e descon-

tração, almoços, butecos, conselhos, por terem compartilhado ótimos momentos que ficarão para sempre guardados em minha lembrança.

A todos os amigos e companheiros do Laboratório de Criptógamas e do NUBRIOCO (Núcleo de Briólogos do Centro-Oeste) pelos vários momentos de discussão, aprendizagem, apoio e descontração. Sem vocês esse caminho teria sido muito mais difícil.

A todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e que, embora não citados aqui, não deixaram de ter meu profundo agradecimento, pois uma tese deve-se ao trabalho muitas vezes oculto de diversas pessoas que de uma forma ou de outra colaboraram para o sucesso deste trabalho.

Muito Obrigado!!!

SUMÁRIO

	RESUMO	15
	ABSTRACT	16
1.	INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1	Visão Geral	17
1.2	Caracterização da Família	18
1.2.1	Resumo da história taxonômica da família Thuidiaceae	19
1.2.2	O estudo da família Thuidiaceae na América Latina e no Brasil	24
1.3	Principais características de importância taxonômica em Thuidiaceae	25
1.4	Objetivos	29
1.5	Modelo de organização da tese	29
1.6	Referências Bibliográficas	31
2.	CAPÍTULO 1	40
	Filogenia molecular da família Thuidiaceae, baseada em marcadores de mitocôndria, cloroplasto e núcleo.	40
	Resumo	40
	Introdução	41
	Material e Métodos	44
	Resultados	51
	Discussão	56
	Referências Bibliográficas	65
3.	CAPÍTULO 2	69
	Novo arranjo taxonômico dos gêneros <i>Pelekium</i> e <i>Thuidiopsis</i> baseado em marcadores de mitocôndria, cloroplasto e núcleo e em evidências morfológicas.	69
	Resumo	69
	Introdução	70
	Material e Métodos	72
	Resultados	78

	Discussão	82
	Referências Bibliográficas	93
4.	CAPÍTULO 3	95
	A new species of <i>Thuidium</i> (Thuidiaceae) from Brazil and a Key to the Brazilian species of the genus.	95
	Abstract.....	95
	Taxonomy	98
	Discussion.....	99
	Literature cited.....	106
5.	CAPÍTULO 4	109
	A Família Thuidiaceae Schimp. (Bryophyta) no Brasil	109
	Resumo.....	109
	Introdução	110
	Material e Métodos	115
	Resultados e Discussão	116
	Thuidiaceae.	122
	<i>Pelekium</i>	124
	<i>Thuidium</i>	163
	Referências Bibliográficas	200

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Histórico dos principais sistemas de classificação de Thuidiaceae.	21
--	----

Capítulo 1

Tabela 1: Primers e temperaturas de anelamento utilizados no estudo	45
--	----

Tabela 2: Táxons utilizados no estudo, localidade de coleta, coletor e número de coleta, herbário onde está depositado e número de acesso no GenBank. * Sequências do GenBank.....	46
---	----

Tabela 3: Estatísticas individuais para cada marcador utilizado e da análise compartilhada. CI= índice de consistência; RI= índice de retenção	52
---	----

Capítulo 2

Tabela 1: Primers e temperaturas de anelamento utilizados no estudo	73
--	----

Tabela 2: Táxons utilizados no estudo, localidade de coleta, coletor e número de coleta, herbário onde está depositado e número de acesso no GenBank. * Sequências do GenBank.....	74
---	----

Tabela 3: Estatísticas individuais para cada marcador utilizado e da análise compartilhada. CI= índice de consistência; RI= índice de retenção	78
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1: Cladograma de consenso obtido por análise bayesiana com a matriz combinada (rps4+26s+nad5). Os valores sobre os ramos correspondem aos valores de bootstrap de parcimônia, verossimilhança e probabilidades posteriores da análise Bayesiana respectivamente. Valores abaixo de 50% para bootstrap e 0,5 para probabilidades posteriores foram descartados no cladograma..... 58

Figura 2: Cladograma (bayesiana) obtido com a matriz combinada (rps4+26s+nad5). Os valores sobre os ramos correspondem aos valores de bootstrap de parcimônia e verossimilhança, e probabilidades posteriores da análise Bayesiana. 1 = Seta papilosa/rugosa. 2 e 3 = Seta lisa ... 60

Figura 3: Cladograma (bayesiana) obtido com a matriz combinada (rps4+26s+nad5). Os valores sobre os ramos correspondem aos valores de bootstrap de parcimônia e verossimilhança, e probabilidades posteriores da análise Bayesiana. 1 = pluripapilosa com as papilas na periferia do lúmen, 2 = unipapilosa, 3 = unipapilosa com papila baixa, 4 = unipapilosa com papila alta, 5 = pluripapilosa com as papilas no centro do lúmen, 6 = unipapilosa bífida, 7 = unipapilosa com papila curvada e mediana, 8 = unipapilosa com papila mediana e 9 = unipapilosa com papila alta 61

Capítulo 2

Figura 1: Cladograma de consenso obtido por análise bayesiana com a matriz combinada (rps4+26s+nad5). Os valores sobre os ramos correspondem aos valores de bootstrap de parcimônia, verossimilhança e probabilidades posteriores da análise Bayesiana respectivamente. Valores abaixo de 50% para bootstrap e 0,5 para probabilidades posteriores foram descartados no cladograma..... 80

Figura 2: Cladograma (bayesiana) obtido com a matriz combinada (rps4+26s+nad5). Os valores sobre os ramos correspondem aos valores de bootstrap de parcimônia e verossimilhança, e probabilidades posteriores da análise Bayesiana. A, B e C = Paráfilo ramificado típico do gênero *Thuidium*. D, E e F = Paráfilo simples típico de *Thuidiopsis* e *Pelekium*..... 81

Figura 3: Paráfilo simples em *Pelekium*. A e B = visão geral do caulídio e paráfilos em *Pelekium siphotheca*. C e E = Paráfilo com ápice agudo em *Pelekium siphotheca*. D e F = Paráfilo com ápice truncado em *Pelekium scabrosulum*. 84

Figura 4: Paráfilo simples em *Thuidiopsis*. A = visão geral do caulídio e paráfilos em *Thuidiopsis furfurosa*. B = Paráfilos em *Thuidiopsis furfurosa*. C, D, E e F = Paráfilo simples em *Thuidiopsis sparsa*..... 85

Figura 5: Paráfilo simples, não ramificado típico do gênero do *Pelekium*..... 86

Figura 6: Paráfilo simples, não ramificado típico do gênero <i>Thuidiopsis</i>	86
Figura 7: Paráfilo ramificado em <i>Thuidium</i> . A e B = Caulídio e paráfilos em <i>Thuidium brasiliense</i> . C e D = <i>T. delicatulum</i> . E e F = <i>T. brasiliense</i> . G = Paráfilos com papilas em <i>T. pseudoprotensum</i> . H = Paráfilo com papilas em <i>T. brasiliense</i>	87
Figura 8: Paráfilo ramificado típico do gênero <i>Thuidium</i>	88
Figura 9: Células unipapilosas com papilas típicas de <i>Pelekium</i> e <i>Thuidiopsis</i> . A = <i>Pelekium muricatum</i> . B e C = <i>Pelekium siphotheca</i> . D = <i>Thuidiopsis furfurosa</i>	88
Figura 10: Células unipapilosas com papilas típicas de <i>Pelekium</i> e <i>Thuidiopsis</i> . A = <i>Pelekium muricatum</i> . B = <i>Thuidiopsis furfurosa</i>	89
Figura 11: Células pluripapilosas com papilas típicas de <i>Pelekium</i> e <i>Thuidiopsis</i> . A e B = <i>Pelekium scabrosulum</i> . C e D = <i>Thuidiopsis sparsa</i>	89
Figura 12: Células pluripapilosas com papilas típicas de <i>Pelekium</i> e <i>Thuidiopsis</i> . A e B = <i>Pelekium scabrosulum</i> . C e D = <i>Thuidiopsis sparsa</i>	90
Figura 13: Células unipapilosas com papilas típicas de <i>Thuidium</i> . A e B = <i>Thuidium delicatulum</i> . C e D = <i>Thuidium brasiliense</i>	90
Figura 14: Células unipapilosas com papilas típicas de <i>Thuidium</i> . A = <i>Thuidium brasiliense</i> . B = <i>Thuidium delicatulum</i>	91
Figura 15: Células pluripapilosas com papilas típicas de <i>Thuidium</i> , localizadas no centro do lúmen celular. A e B = <i>Thuidium tomentosum</i>	91
Figura 16: Células pluripapilosas com papilas típicas de <i>Thuidium tomentosum</i> , localizadas no centro do lúmen celular	91

Capítulo 3

Figure 1: Comparison of the morphological differences between <i>Thuidium bifidum</i> and <i>T. tomentosum</i> . A. Gametophyte of <i>T. bifidum</i> . B. Gametophyte of <i>T. tomentosum</i> . C. <i>T. bifidum</i> paraphyllia with 2–4 papillae per cell. D. <i>T. tomentosum</i> paraphyllia with 1–2 papillae per cell. E. <i>T. bifidum</i> stem leaf with narrow base. F. <i>T. tomentosum</i> stem leaf with wide base. G. <i>T. bifidum</i> branch leaf. H. <i>T. tomentosum</i> branch leaf.	102
Figure 2: Comparison of the morphological differences between <i>T. bifidum</i> and <i>T. tomentosum</i> . A: Bifid papillae on <i>T. bifidum</i> (observed under scanning electron microscopy). B: Pluripapillose on <i>T. tomentosum</i> (observed under scanning electron microscopy)	103
Figure 3: Comparison of the morphological differences between <i>T. bifidum</i> and <i>T. tomentosum</i> . A: Bifid papillae on <i>T. bifidum</i> . B: Pluripapillose cells on <i>T. tomentosum</i>	103
Figure 4: Known geographical distribution of <i>Thuidium bifidum</i> in Brazil, highlighting its occurrence area within the Atlantic Forest and Cerrado	105

Capítulo 4

Figura 1: Locais, Estados e Biomas de ocorrência do gênero <i>Pelekium</i> no Brasil	119
Figura 2: Locais, Estados e Biomas de ocorrência do gênero <i>Thuidium</i> no Brasil	120
Figura 3: Variação altitudinal do gênero <i>Pelekium</i> no Brasil	121
Figura 4: Variação altitudinal do gênero <i>Thuidium</i> no Brasil	121
Figura 5: Mapa de distribuição de <i>Pelekium involvens</i> no Brasil.....	131
Figura 6: <i>Pelekium involvens</i> . A: Gametófito. B: Paráfilo. C: Filídio do caulídio. D: Filídio da ramificação. E: Células pluripapilosas da região mediana. F: Seta rugosa.....	132
Figura 7: Mapa de distribuição de <i>Pelekium minutulum</i> no Brasil	135
Figura 8: <i>Pelekium minutulum</i> . A: Gametófito. B: Paráfilo. C: Filídio do caulídio. D: Filídio da segunda ramificação. E: Células pluripapilosas da região mediana. F: Seta lisa	137
Figura 9: Mapa de distribuição de <i>Pelekium muricatum</i> no Brasil	140
Figura 10: <i>Pelekium muricatum</i> . A e B: Gametófito. C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da segunda ramificação. F: Células unipapilosas do filídio da ramificação.....	141
Figura 11: Mapa de distribuição de <i>Pelekium scabrosulum</i> no Brasil	144
Figura 12: <i>Pelekium scabrosulum</i> . A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídios da última ramificação. F: Ápice do filídio da ramificação. G: Células pluripapilosas do filídio da ramificação. H: Seta rugosa	146
Figura 13: Mapa de distribuição de <i>Pelekium schistocalyx</i> no Brasil	148
Figura 14: <i>Pelekium schistocalyx</i> . A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio ramificação secundária. F: Ápice do filídio da ramificação. G: Células pluripapilosas do filídio da ramificação. H: Seta rugosa	150
Figura 15: Mapa de distribuição de <i>Pelekium siphotheca</i> no Brasil.....	153
Figura 16: <i>Pelekium siphotheca</i> . A: Gametófito. B: Paráfilo. C: Filídio do caulídio. D: Filídio da ramificação. E: Células unipapilosas do filídio da ramificação. F: Seta lisa	154
Figura 17: Mapa de distribuição de <i>Pelekium sparsum</i> no Brasil	157
Figura 18: <i>Pelekium sparsum</i> . A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio falcado do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Ápice do filídio do caulídio. G: Células pluripapilosas. H: Margem do filídio.	159
Figura 19: Mapa de distribuição de <i>Pelekium subpinnatum</i> no Brasil	161
Figura 20: <i>Pelekium subpinnatum</i> . A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídios da ramificação. F: Células unipapilosas. G: Seta lisa. H: Cápsula	162
Figura 21: Mapa de distribuição de <i>Thuidium assimile</i> no Brasil.....	168

Figura 22: <i>Thuidium assimile</i> . A: Gametófito. B: Paráfilo. C: Filídio do caulídio. D: Filídio da ramificação. E: Ápice do filídio. F: Células do ápice do filídio. G: Células unipapilosas do filídio do caulídio. H: Células unipapilosas do filídio do ramo.....	169
Figura 23: Mapa de distribuição de <i>Thuidium bifidum</i> no Brasil	172
Figura 24: <i>Thuidium bifidum</i> . A: Gametófito. B: Paráfilo. C: Paráfilo, em detalhe células quadradas e papilas. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Células unipapilosas bifidas	173
Figura 25: Mapa de distribuição de <i>Thuidium brasiliense</i> no Brasil.....	175
Figura 26: <i>Thuidium brasiliense</i> . A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Ápice do filídio do caulídio. G: Células unipapilosas do filídio do caulídio e H: Células unipapilosas do filídio da ramificação	176
Figura 27: Mapa de distribuição de <i>Thuidium delicatulum</i> no Brasil.....	179
Figura 28: <i>Thuidium delicatulum</i> . A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Ápice do filídio do caulídio. G: Células unipapilosas do filídio do caulídio. H: Células unipapilosas do filídio do ramo.....	181
Figura 29: Mapa de distribuição de <i>Thuidium pseudoprotensum</i> no Brasil.....	183
Figura 30: <i>Thuidium pseudoprotensum</i> . A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Células unipapilosas do filídio do ramo	185
Figura 31: Mapa de distribuição de <i>Thuidium tamariscinum</i> no Brasil	187
Figura 32: <i>Thuidium tamariscinum</i> . A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Ápice e célula apical aguda do filídio da ramificação. G: Células unipapilosas do filídio do caulídio. H: Células unipapilosas do filídio do ramo	189
Figura 33: Mapa de distribuição de <i>Thuidium tomentosum</i> no Brasil	192
Figura 34: <i>Thuidium tomentosum</i> . A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Células pluripapilosas do filídio do ramo.....	194
Figura 35: Mapa de distribuição de <i>Thuidium urceolatum</i> no Brasil	196
Figura 36: <i>Thuidium urceolatum</i> . A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Ápice do filídio do caulídio preenchendo o ápice. G: Células unipapilosas do filídio do ramo. H: Células unipapilosas do filídio do caulídio	197

RESUMO

A família Thuidiaceae pertence ao grupo dos musgos pleurocárpicos e a ordem das Hypnales. É uma família cosmopolita que coloniza substratos diversos e muitos de seus representantes exercem um papel ecológico importante. Estima-se que a família seja composta mundialmente por 72 espécies e 16 gêneros, distribuídas em regiões tropicais e temperadas do mundo. O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão taxonômica da família Thuidiaceae para o Brasil; apresentar uma filogenia molecular e construir uma hipótese filogenética com uso de marcadores moleculares para Thuidiaceae a nível mundial e determinar quais caracteres morfológicos informativos para separar os gêneros e espécies de Thuidiaceae. Para tanto a tese está subdividida em quatro capítulos. O primeiro aborda a filogenia molecular da família Thuidiaceae baseada em marcadores de mitocôndria, cloroplasto e núcleo. Neste capítulo foram selecionadas 47 espécies para a extração de DNA. Foram utilizadas três regiões do genoma: *rps4*, *nad5* e *26s*. Em todas as análises foi possível observar a monofilia da família Thuidiaceae composta somente pelos gêneros *Pelekium*, *Thuidiopsis* e *Thuidium* e a polifilia de Leskeaceae e demais gêneros antes tradicionalmente agrupados em Thuidiaceae. O segundo capítulo refere-se ao novo arranjo taxonômico dos gêneros *Pelekium* e *Thuidiopsis* baseado em marcadores de mitocôndria, cloroplasto e núcleo e em evidências morfológicas. Foram selecionadas 26 espécies de Thuidiaceae para as análises filogenéticas e morfológicas. Marcadores de três regiões diferentes do genoma foram utilizados (*rps4*, *26S* e *nad5*). Os gêneros *Pelekium* e *Thuidiopsis* formam um clado monofilético bem suportado, sugerindo a grande proximidade entre estes dois gêneros e a necessidade de uma nova circunscrição que está sendo apresentada neste estudo baseada em evidências filogenéticas e morfológicas. O terceiro capítulo traz a descrição de uma nova espécie de *Thuidium* endêmica do Brasil. O quarto é o último capítulo refere-se a revisão taxonômica da família Thuidiaceae no Brasil. Neste último capítulo foram estudadas exsicatas provenientes de diversos herbários nacionais e internacionais e o material-tipo de todas as espécies com registro de ocorrência no Brasil. Neste capítulo estão sendo tratadas 16 espécies e dois gêneros de Thuidiaceae para o Brasil. Duas novas ocorrências para o Brasil e uma nova espécie são apresentadas.

ABSTRACT

The Thuidiaceae family belongs to the pleurocarpous mosses and the Hypnales Order. It is a cosmopolitan family that colonizes a large tips of substrates, having an important ecological function in their enviroment. 72 species from 16 genus are worldwide estimated for the family distributed in tropical and temperate regions. This work objective is to realize a taxonomic revision of the Thuidiaceae family for Brazil; present a molecular phylogeny build a phylogenetic hypothesis by using molecular markers for the Thuidiaceae in a worldwide level and determine wich informative morphological characters to separate the genus and species of Thuidiaceae. The thesis is divide in four chapters. The first one is about a molecular phylogeny of Thuidiaceae family based on mitochondrial, nucleus and chloroplast markers. 47 species were selected for DNA extraction. Three genome regions were used: rps4, nad5 and 26s. In all the analyzes was possible to identify the monophyly of the Thuidiaceae family compose only by the *Pelekium*, *Thuidiopsis* and *Thuidium* genus and the polyphyly of the Leskeaceae and the traditional genus agruped in Thuidiaceae. The second chapter refers to new taxonomical arrengement of the *Pelekium* and *Thuidiopsis* genus, based in mitochondrial, nucleus and chloroplast markers and in morphological evidences. 26 species from Thuidiaceae were selected for the phylogenetic and morphological analisys. Three regions markers were selected from the genome (rps4,26S and nad5). The *Pelekium* and *Thuidiopsis* genus forms a monophyletic clade well suported, sugesting a great proximity between these two genus making necessary a new circunscript that is beeing introduce in this study, using phylogenetical and morphological evidences. The third chapter presents the description of a new *Thuidium* specie endemic to Brazil. The last and the fourth one refers to a taxonomic review of the Thuidiaceae family in Brazil. In this last chapter, we studied exsiccatae from several national and international herbaria and the type material of all species with occurrence in Brazil. In this chapter we analyze 16 species and two genus of brazilian Thuidiaceae. Two new records of Thuidiceae were found to Brazil and a new specie were discovered and described.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Visão Geral

Briófitas são um grupo de plantas altamente diversificado, com ampla distribuição, capazes de colonizar todos os ecossistemas terrestres. As Briófitas *latu sensu* constituem o segundo maior grupo de plantas terrestres (Buck & Goffinet 2000), perdendo em número de espécies apenas para as Angiospermas. Formam um grupo parafilético que pode ser dividido em três divisões: Anthocerotophyta (Antóceros), Marchantiophyta (Hepáticas) e Bryophyta (Musgos) (Buck & Goffinet 2000).

As briófitas possuem muitas funções ecológicas, sendo importantes bioindicadores da qualidade do ar e água (Ando & Matsuo 1984; Fernández & Serrano 2009) e embora seu papel ecológico ainda não tenha sido suficientemente estudado, sabe-se que diversas espécies animais, tais como tardígrados, vivem exclusivamente sobre musgos durante toda sua vida (Welch 1948; Ando & Matsuo 1984). Briófitas também possuem atividade anticancerígena, anti-inflamatória, alelopática e são produtoras de antibióticos e antivirais (Welch 1948, Fernández & Serrano 2009). Têm sido muito utilizadas também como organismos modelos em estudos de desenvolvimento celular em biologia molecular (Cuming 2009).

Estudos recentes sobre as taxas de evolução molecular em briófitas indicam que em algumas linhagens estas taxas são substancialmente mais lentas do que nas outras linhagens de embriófitas (Stoeinin 2008). Estas diferenças nas taxas de evolução molecular e de evolução morfológica, juntamente com um registro fóssil muito antigo que remonta ao Devoniano tardio (Schofield 2001) e a evidência de padrões filogenéticos correlacionados com as vicariâncias associadas à fragmentação dos supercontinentes Gondwana (McDaniel & Shaw 2003) e Laurasia (Vanderpoorten et al. 2008), sugerem que as briófitas constituem um grupo modelo com grande potencial para estudos biogeográficos em geral.

A divisão Bryophyta que inclui apenas os musgos, filogeneticamente é considerada descendente direta das antigas divisões de plantas-terrestres e são funcionalmente importantes em muitos ecossistemas terrestres (Rydin 2009).

Os musgos podem ser divididos em três grupos com base na posição do periquécio (La-Farge-England 1996): Acrocárpico, Cladocárpico e Pleurocárpico.

Os musgos pleurocárpicos são um grupo monofilético (De Luna et al. 2000; Newton et al. 2000) que inclui as ordens Hookeriales, Hypnales e Ptychomniales, e constituem uma linhagem altamente diversificada com aproximadamente 42% das espécies de musgos (Newton et al. 2000). A ordem Hypnales é a maior e mais importante, sendo constituída por 42 famílias, 408 gêneros e 4.400 espécies (Goffinet et al. 2009), o que compreende aproximadamente 80% das espécies de musgos pleurocárpicos (Câmara & Shaw 2013). Possui seu centro de diversidade em áreas tropicais (Buck 1998), com seus representantes ocorrendo principalmente em áreas florestais. Para o Brasil, estima-se 25 famílias, 92 gêneros e 236 espécies amplamente distribuídas (Costa et al. 2011).

1.2 Caracterização da Família

A família Thuidiaceae pertence ao grupo dos musgos pleurocárpicos e a ordem das Hypnales. É uma família cosmopolita que coloniza substratos diversos e muitos de seus representantes exercem um importante papel, pois formam tapetes no chão de florestas, contribuindo para a retenção da água, servindo como substrato para a germinação de sementes e como microhabitat para muitas espécies de artrópodes (García-Avila et al. 2009). A família, de acordo com García-Avila et al. (2009) que realizou um estudo filogenético com Thuidiaceae e Leskeaceae, é um grupo parafilético. No entanto, esses mesmos autores chegaram a conclusão de que seria necessária uma análise mais ampla sobre as famílias Thuidiaceae e Leskeaceae a fim de se esclarecer os verdadeiros limites dentro destas famílias.

A família Thuidiaceae, tal como definida por Buck & Crum (1990) e Touw (2001), é caracterizada por uma ampla combinação de caracteres: crescimento prostrado; ramificação pinada; em secção transversal sem hialoderme e com uma pequena camada de células pequenas de parede espessa, bordadas por células largas de parede delgada; filídios da última ramificação marcadamente diferenciados dos filídios dos caulídios nas espécies 2-3 pinadas; células uni- a pluripapilosas; caulídios primários cobertos por paráfios, paráfios simples a ramificados, papilosos e esporófito do tipo “hypnóide” (com exostômio e endostômio alterno e bem definidos). Em termos de substratos, algumas espécies são terrestres e outras são epífitas e/ou saxícolas.

Estima-se que a família seja composta por aproximadamente 72 espécies e 16 gêneros (Touw 2001), distribuídas em regiões tropicais e temperadas do mundo; no neotrópico cerca de 30 espécies (Gradstein et al. 2001). Ocorrem principalmente na Ásia, América do Sul e Central e Oceania, sendo a região tropical asiática o seu centro de diversidade. Na Europa e América do Norte, devido a ocorrência de poucas espécies, as mesmas são bem estudadas e conhecidas (Gier 1980).

Para o Brasil, os números sobre a quantidade de gêneros e espécies divergem bastante. De acordo com o checklist dos musgos brasileiros (Costa et al. 2011), ocorrem no país três gêneros e 19 espécies, sendo cinco endêmicas, ocorrendo no Cerrado, Amazônia, Pantanal e principalmente na Mata Atlântica, habitando o interior de matas e florestas úmidas. Já o catálogo dos musgos brasileiros (Yano 2011) cita a ocorrência de quatro gêneros e 27 espécies. Por fim, a listagem mais atual (Costa & Soares 2015), cita a ocorrência de três gêneros e 16 espécies.

1.2.1 **Resumo da história taxonômica da família Thuidiaceae**

A circunscrição da família é controversa devido ao seu parentesco conflitante com Leskeaceae, o que gerou diversas classificações diferentes ao longo de sua história, pois durante anos foi extremamente comum a transferência de gêneros entre estas duas famílias. Durante a maior parte do século XX, a circunscrição adotada por Fleischer (1922) e Brothrus (1925) para a classificação da família (Touw 2001a) foi a mais aceita.

Schimper (1852) foi o primeiro a reconhecer as diferenças taxonômicas do grupo, propondo o estabelecimento do gênero *Thuidium* Bruch & Schimp., inicialmente com cinco espécies. Schimper também foi o primeiro a descrever Thuidiaceae (Schimper 1860, 1876), reconhecendo a mesma como uma subfamília de Leskeaceae.

O primeiro a reconhecer Thuidiaceae como família foi Kindberg (1897), elevando a subfamília Thuidieae proposta por Schimper (1876) ao status de família (Thuidiaceae) e transferindo alguns gêneros de Leskeaceae para Thuidiaceae. A família ficou dividida em cinco gêneros: *Heterocladium* Bruch & Schimp., *Myurella* Bruch & Schimp., *Pseudoleskeella* Kindb., *Pseudoleskea* Bruch & Schimp. e *Thuidium*.

Brotherus (1908) adotou a proposta de Schimper (1876) e reconheceu apenas a família Leskeaceae, que foi dividida em cinco subfamílias e 23 gêneros. Brotherus também incluiu 158 espécies em *Thuidium* e o subdividiu em cinco subgêneros: *Thuidiella* Schimp., *Thuidiopsis* Broth., *Tetrastichium* Mitt., *Euthuidium* Lindb., e *Abietinella* (Mull. Hal.) Broth.

Posteriormente, Fleischer (1922) elevou novamente Thuidiaceae a categoria de família, organizando a mesma em quatro subfamílias e 18 gêneros. Reconhecendo o trabalho de Fleischer (1922), Brotherus (1925) fez algumas pequenas modificações a nível genérico, mantendo a essência da classificação, com Thuidiaceae dividida em quatro subfamílias e 17 gêneros. Os gêneros foram classificados principalmente de acordo com o tamanho do gametófito, sexualidade, padrão de ramificação, formato dos filídios periqueciais, peristômio e orientação da seta.

Durante um longo período o trabalho de Brotherus (1925) serviu como referência para diversos trabalhos a respeito da classificação e dos limites da família Thuidiaceae. Porém, no início dos anos 90, Buck & Crum (1990) na tentativa de solucionar e clarificar os limites entre Thuidiaceae e Leskeaceae especularam sobre as relações filogenéticas entre ambas. Os referidos autores dividiram Leskeaceae em 18 gêneros e Thuidiaceae em duas subfamílias e sete gêneros: *Cyrtohypnoideae* (*Boulaya* Cardot, *Cyrto-hypnum* (Hampe) Hampe & Lorentz, *Lorentzia* Hampe e *Rauvella* Reimers) e *Thuidioideae* (*Abietinella*, *Thuidiopsis* e *Thuidium*) e transferiram os gêneros *Hylocomiopsis* Cardot e *Actinothuidium* Broth. antes em Thuidiaceae para *Hylocomiaceae*. Eles também transferiram as antigas espécies agrupadas dentro do subgênero *Microthuidium* (Limpr.) Warnst. / *Thuidiella* Reimers, pertencente a *Thuidium* subfamília *Thuidioideae* para o gênero *Cyrto-Hypnum* subfamília *Cyrtohypnoideae*.

Realizando uma revisão taxonômica e um realinhamento dos táxons acomodados em Thuidiaceae, Touw (2001a) limitou a família a 16 gêneros e 72 espécies e dividiu a mesma em três grupos informais: “Combinado”, “Helodioideo” e “Thuidioideo”. Também propôs dois novos gêneros (*Aequatoriella* Touw e *Indothuidium* Touw), novas combinações transferindo os representantes de *Cyrto-hypnum* para *Pelekium* e considerou que as características morfológicas entre Thuidiaceae e Leskeaceae são bastantes distintivas para mantê-las separadas.

Por fim, García-Avila *et al.* (2009) realizou um estudo filogenético com Thuidiaceae e Leskeaceae e concluiu que ambas as famílias são polifiléticas se entendidas conforme o conceito adotado até então. Também demonstrou a existência de um grupo monofilético constituído pelas espécies do grupo “Thuidioideo” (*Aequatoriella*, *Bryochenea* C. Gao & G.C. Zhang, *Indothuidium*, *Orthothuidium* D.H. Norris & T.J. Kop., *Pelekium*, *Thuidium* e *Thuidiopsis*) proposto por Touw (2001a).

A tabela 1 apresenta o resumo do histórico dos principais sistemas de classificação já utilizados em Thuidiaceae.

Tabela 1: Histórico dos principais sistemas de classificação de Thuidiaceae.

Autor / Ano	Família	Subfamília	Gêneros	subgêneros
Schimper, 1852	Hypnaceae		<i>Thuidium</i>	
Schimper, 1860, 1876	Leskeaceae	Thuidieae	<i>Heterocladium</i> <i>Thuidium</i>	
Kindberg, 1897	Thuidiaceae	-	<i>Heterocladium</i> <i>Myurella</i> <i>Pseudoleskeella</i> <i>Pseudoleskea</i> <i>Thuidium</i>	
Brotherus, 1908	Leskeaceae	Thuidieae	<i>Actinothuidium</i> <i>Claopodium</i> <i>Duthiella</i> <i>Haplocladium</i> <i>Helodium</i> <i>Pelekium</i> <i>Rauia</i> <i>Thuidium</i>	<i>Thuidiella</i> <i>Thuidiopsis</i> <i>Tetrastichium</i> <i>Euthuidium</i> <i>Abietinella</i>
Fleischer, 1922	Thuidiaceae	Anomodontoideae	<i>Anomodon</i> <i>Claopodium</i>	

Autor / Ano	Família	Subfamília	Gêneros	subgêneros
			<i>Haplocladium</i> <i>Haplohymeniu</i> , <i>Herpetineuron</i> <i>Miyabea</i>	
		Euthuidioideae	<i>Abietinella</i> <i>Boulaya</i> <i>Pelekium</i> <i>Rauia</i> <i>Thuidiopsis</i> <i>Thuidium</i>	<i>Thuidiella</i> <i>Euthuidium</i>
		Helodioideae	<i>Actinothuidium</i> <i>Helodium</i> <i>Hylocomiopsis</i> <i>Tetrastichum</i>	
		Heterocladiodeae	<i>Heterocladium</i> <i>Leptopteryginandrum</i>	
Brotherus, 1925	Thuidiaceae	Anomodontoideae	<i>Anomodon</i> <i>Claopodium</i> <i>Haplocladium</i> <i>Haplohymenium</i> <i>Herpetineuron</i> <i>Miyabea</i>	
		Euthuidioideae	<i>Abietinella</i> <i>Boulaya</i> <i>Pelekium</i> <i>Rauia</i> <i>Thuidiopsis</i> <i>Thuidium</i>	<i>Euthuidium</i> <i>Thuidiella</i>
		Helodioideae	<i>Actinothuidium</i> <i>Helodium</i> <i>Hylocomiopsis</i> <i>Tetrastichum</i>	

Autor / Ano	Família	Subfamília	Gêneros	subgêneros
		Heterocladioideae	<i>Heterocladium</i> <i>Leptopteryginandrum</i>	
Grout, 1932	Leskeaceae	Thuidioideae	<i>Claopodium</i> <i>Helodium</i> <i>Heterocladium</i> <i>Thuidium</i>	
Watanabe, 1972	Thuidiaceae	Anomodontoideae	<i>Anomodon</i> <i>Haplohymenium</i> <i>Herpetineuron</i> <i>Miyabea</i>	
		Heterocladioideae	<i>Heterocladium</i> <i>Leptopterygynandrum</i>	
		Thuidioideae	<i>Abietinella</i> <i>Actinothuidium</i> <i>Boulaya</i> <i>Bryonoguchia</i> <i>Claopodium</i> <i>Haplocladium</i> <i>Helodium</i> <i>Hylocomiopsis</i> <i>Pelekium</i> <i>Raiiella</i> <i>Thuidium</i>	
Crum & Anderson, 1981	Thuidiaceae		<i>Haplocladium</i> <i>Helodium</i> <i>Heterocladium</i> <i>Myurella</i> <i>Pseudoleskea</i> <i>Pseudoleskeella</i> <i>Thuidium</i>	
Buck & Crum, 1990	Thuidiaceae	Cyrtohypnoideae	<i>Boulaya</i> <i>Cyrto-hypnum</i> <i>Lorentzia</i> <i>Raiiella</i> <i>Abietinella,</i>	

Autor / Ano	Família	Subfamília	Gêneros	subgêneros
		Thuidioideae	<i>Thuidiopsis</i> <i>Thuidium</i>	
Touw, 2001	Thuidiaceae	"Combinado"	<i>Abietinella</i> <i>Boulaya</i> <i>Haplocladium</i> <i>Rauielli</i>	
		Helodioideo	<i>Actinothuidium</i> <i>Bryonoguchia</i> <i>Echinophyllum</i> <i>Helodium</i> <i>Hylocomiopsis</i>	
		Thuidioideo	<i>Aequatoriella</i> <i>Bryochenea</i> <i>Indothuidium</i> <i>Orthothuidium</i> <i>Pelekium</i> <i>Thuidium</i> <i>Thuidiopsis</i>	

1.2.2 O estudo da família Thuidiaceae na América Latina e no Brasil

Os primeiros relatos sobre a ocorrência de espécies de Thuidiaceae na América Latina datam de 1867 e foram publicados em uma lista de musgos coletados em uma viagem transcontinental pelo vale do Amazonas e Montanhas Andinas da América do Sul (Spruce 1867). Posteriormente, Mitten (1869) relatou 24 espécies de *Thuidium* para a América Latina e outras 30 espécies que poderiam ser Thuidiaceae.

Gier (1980) foi o primeiro e único a propor um estudo sobre as Thuidiaceae da América Latina. Em seu trabalho ele estudou amostras provenientes de diversos herbários da América e Europa, o que resultou na identificação de 10 gêneros e 96 espécies. Outros pesquisadores que estudaram musgos na América Latina e fizeram referências a Thuidiaceae são: Bescherville (1871), Jaeger (1870, 1879), Brotherus (1891), Kindberg (1897), Muller (1901), Cardot (1909), Herzog (1910), Cardot & Brotherus (1923), Williams (1927), Bartram (1928), Williams (1930), Herzog (1942), Steere (1948), Crum (1950), Bartram (1964), Robinson (1967), Steere (1967),

Crosby (1969), Pursell (1973), Bowers (1974), Hegewald & Hegewald (1975, 1976), Robinson (1975), Hermann (1976), Sehnem (1976), Churchill & Linares (1995), Buck (1998), Churchill et. al (2000) e Schiavone & Suarez (2007).

No Brasil os primeiros relatos de Thuidiaceae ocorreram a partir da publicação de Brotherus (1891). Neste trabalho foram realizadas coletas nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, onde foram amostradas 97 espécies de Briófitas, dentre as quais apenas três eram Thuidiaceae. A partir de Brotherus, alguns trabalhos fazem referências a ocorrência de Thuidiaceae em alguns estados brasileiros: Sehnem (1976), Lisboa & Ilkiu-Borges (1997), Costa (2003), Santos & Lisboa (2003), Câmara & Vital (2004), Yano (2004), Yano & Bastos (2004), Yano & Câmara (2004), Yano & Peralta (2004), Câmara et. al (2005), Costa & Lima (2005), Peralta & Yano (2005), Souza & Lisboa (2005), Visnadi (2005), Câmara & Vital (2006), Genevro et al. (2006), Moraes & Lisboa (2006), Peralta & Yano (2006), Yano & Peralta (2006), Câmara (2008), Peralta et al. (2008), Peralta & Filho (2008), Peralta & Yano (2008), Santos & Lisboa (2008), Yano & Peralta (2008a, 2008b), Bôas-Bastos & Bastos (2009), Bordin & Yano (2009), Valente et al. (2009), Yano et al. (2009), Bordin & Yano (2010), Câmara & Soares (2010), Sousa et al. (2010), Visnadi (2011), Yano (2010), Costa et al. (2011), Yano (2011) e Pinheiro & Câmara (2012).

1.3 Principais características de importância taxonômica em Thuidiaceae

Muitas espécies de Thuidiaceae possuem características que não são continuas, larga variação intraespecífica e sobreposição de caracteres que dificultam o delineamento dos seus gêneros e espécies (Touw 2001).

a) Arquitetura

As Thuidiaceae são atrativas visualmente devido ao seu padrão de ramificação. Seus caulídios são geralmente 2 ou 3-pinados. Este padrão de pinagem pode ser utilizado para diferenciar algumas espécies e gêneros, como é o caso de *Thuidium* que sempre apresenta ramificação do tipo 2-3-pinada, nunca 1-pinada. A ramificação geralmente consiste de uma primeira pina constituída de uma parte basal ascendente, uma segunda pina na parte mediana orientada paralelamente ao substrato e uma terceira pina mais delgada que as demais, perpendicular a segunda. Plantas que crescem em condições desfavoráveis (ambientes secos e com

baixa umidade) geralmente apresentam um padrão de ramificação menos regular e mais fracamente ramificado do que plantas que crescem em ambientes favoráveis (Touw 2001). As ramificações estão situadas em um único plano e inseridas lateralmente, mas não exatamente em duas fileiras.

b) Pêlos Axilares

Estão inseridos no caulídio e situados na axila dos filídios. A maneira mais fácil de observá-los é dissecando as partes vegetativas próximas a axila de inserção dos filídios. São numerosos nas axilas dos filídios jovens (Touw 2001). Os pêlos axilares podem ser constituídos de 1-2 células basais e 1-5 células distais (Touw 2001) e apresentam pequenas diferenças morfológicas entre os gêneros.

c) Rizóides

Agrupamentos de rizóides estão inseridos abaixo da inserção dos filídios no caulídio. Rizóides são marrons, laranja-marrom ou avermelhado-marrom, variando de simples a ramificados, lisos ou finamente papilosos. Por causa destas variações que podem ser encontradas dentro da mesma espécie, rizóides não podem ser usados para diferenciação de gêneros e espécies (Touw 2001).

d) Paráfilo e Pseudoparáfilo

Estão presentes em todos os gêneros (Touw 2001), sendo os pseudoparáfilos estruturas geralmente inconspícuas de difícil visualização e que durante muito tempo teve sua presença ignorada em Thuidiaceae. Não existem diferenças significativas entre os pseudoparáfilos encontrados nos gêneros e espécies de Thuidiaceae.

Os paráfilos estão dispersos sobre a superfície do caulídio e são originados da camada de células mais externa do caulídio, ao passo que pseudoparáfilos são encontrados nas axilas das ramificações e nos primórdios das bases das ramificações e são originados dos primórdios da ramificação (Akiyama 1990; Touw 2001).

O paráfilo freqüentemente forma uma densa cobertura sobre o caulídio, podendo ser escasso em algumas espécies de *Pelekium*. O paráfilo da ramificação é similar ao paráfilo do caulídio e freqüentemente apresenta-se em menor número e tamanho (Touw 2001). Os paráfilos variam em distribuição, tamanho e forma. Eles geralmente são formados por uma célula basal, células intermediárias e uma célula apical que pode variar sua estrutura, podendo ser uma característica taxonômica importante para a diferenciação de espécies.

Paráfilos simples e unisseriados são encontrados em *Pelekium* e *Thuidiopsis*, enquanto paráfilos ramificados e plurisseriados são encontrados em *Thuidium*.

e) Filídios

Nas espécies de Thuidiaceae que apresentam ramificação 1-pinada, os filídios são monomórficos. As espécies com ramificação 2-pinada e 3-pinada possuem os filídios do caulídio e da ramificação (em especial os filídios da última ramificação) diferenciados em tamanho e forma. Os filídios da primeira ramificação (intermediária) freqüentemente apresentam características intermediárias entre os filídios do caulídio e da última ramificação (Touw 2001).

Geralmente a forma mais comum dos filídios é a deltóide (triangular) ou ovado-deltóide, podendo também ocorrer como cordado ou ovado. Suas margens são quase sempre recurvadas próximas a inserção dos filídios e plana na porção superior. O tamanho dos filídios varia de 0,3-3mm de comprimento nos caulídios e de 0,2-1,2mm nas ramificações.

Sempre apresenta costa bem definida, forte, terminando próxima ao ápice (ou no ápice). Ocasionalmente a costa apresenta apêndices clorofilados na base (filídios do caulídio), que podem ser referidos na literatura como paráfilos.

A presença de células papilosas nos filídios é uma das características que definem o grupo (Buck & Crum 1990). As papilas são definidas por Magill (1990) como ornamentações celulares vistas ao microscópio como “sólidas protuberâncias”. Em alguns casos, o lúmen celular aparece em cima da projeção, dando um formato de mamilo as células e recebendo a denominação de mamilosas. Em outros casos as células são denominadas prorulosas, pois ocorre a projeção do ápice da célula, dando a impressão de ser tratar de uma papila. De acordo Buck & Goffinet (2000), embora agrupadas com um único nome, estas ornamentações celulares são consideradas como assembléias heterogêneas de projeções celulares e provavelmente estão relacionadas a adaptação a ambientes secos.

Todas as espécies de Thuidiaceae apresentam filídios papilosos, seja na face abaxial, adaxial ou em ambas, variando de unipapilosa a pluripapilosa. Em muitas espécies do gênero *Thuidium* a ornamentação adaxial é inconspícua ou ausente. A ornamentação das células (papilas) dos filídios é um tema muito delicado e necessita de estudos mais detalhados e aprofundados para elucidar sua verdadeira função.

As células dos filídios geralmente são isodiamétricas a retangulares nos caulídios e isodiamétricas/arredondadas nas ramificações, com as papilas situadas acima do lúmen, ao centro ou na periferia. Seu tamanho varia de 5-45µm de comprimento. Todas as espécies com células alongadas são unipapilosas e geralmente possuem papilas altas situadas ao centro (Touw 2001). Geralmente as papilas são mais pronunciadas nas células dos filídios da ramificação. Frequentemente as células do ápice são lisas ou fracamente papilosas em relação às demais.

f) Periquécio

Os filídios periqueciais estão situados na parte basal e mediana do caulídio. Seu formato é geralmente lanceolado, plicado ou liso, com a presença ou ausência de cílios na margem. A ornamentação da margem (cílios) é um caractere importante para a separação de algumas espécies de *Thuidium* (Watanabe 1972; Touw 2001a). Seu tamanho também varia bastante, sendo menor nas espécies monóicas de *Pelekium* (1-1,8mm) e maior nas espécies dioicas de *Thuidium* (3-5mm).

De acordo com Touw (2001), as espécies dióicas de Thuidiaceae ocasionalmente produzem esporogônios, sendo extremamente difícil a visualização destas estruturas.

g) Seta

A seta é geralmente longa (> 1cm) e sua ornamentação é importante para a separação de algumas espécies e gêneros. A seta pode ser lisa (*Thuidium*, *Thuidiopsis* e *Pelekium*) ou rugosa/papilosa (*Pelekium*). De acordo com Touw (2001) a seta inteiramente rugosa/papilosa é uma característica de todas as espécies tropicais de terras baixas. No Brasil as espécies de *Pelekium* com seta rugosa/papilosa ocorrem com maior frequência na Amazônia. A ornamentação consiste da projeção de células que se assemelham a espinhos e podem variar de tamanho de acordo com a espécie (Touw 2001).

h) Cápsula

Podem ser simétricas ou assimétricas, ovóides ou cilíndricas, inclinadas ou horizontais. As células do exotécio possuem uma variação significativa dentro da própria espécie, não sendo usadas como uma característica importante para a separação de grupos e espécies (Touw 2001). Seu tamanho geralmente varia de 1-3mm.

As paredes do exotécio podem ser delgadas ou incrassadas. Os ânulos apresentam pouca diferenciação. O opérculo geralmente é rostrado, mas ocasionalmente pode se apresentar como cônico.

i) Peristômio

A família possui um peristômio do tipo “hypnóide” perfeito, com os dentes do exostômio bem desenvolvidos. A coloração varia de avermelhado, alaranjado-marrom a amarelado-marrom. Os exostômios são amarelados ou alaranjados, lanceolados, com ombros, bordados, estriados abaixo, papilosos acima, trabeculados. Os endostômios são lanceolados, papilosos, quilhados, com as membranas basais altas; cílios presentes, em grupos de 1-3. O peristômio não exhibe variações significativas, não sendo utilizado como uma característica para a separação de gêneros e espécies.

j) Caliptra

A grande maioria apresenta caliptra cuculada, exceto algumas poucas espécies de *Pelekium* que podem apresentar caliptra campanulada (Watanabe 1972).

1.4 Objetivos

Realizar uma revisão taxonômica da família Thuidiaceae para o Brasil;

Apresentar uma filogenia molecular e construir uma hipótese filogenética com uso de marcadores moleculares para Thuidiaceae a nível mundial;

Determinar quais caracteres morfológicos informativos para separar os gêneros e espécies de Thuidiaceae.

1.5 Modelo de organização da tese

De acordo com as diretrizes estabelecidas pelo Programa de Pós Graduação em Botânica / UnB e devido às facilidades deste modelo, optou-se pela apresentação da tese em um formato misto, dividida em formato clássico de dissertação e em artigos divididos em quatro capítulos, cada um correspondendo a uma publicação em revista científica:

Capítulo 1: Filogenia molecular da família Thuidiaceae, baseada em marcadores de mitocôndria, cloroplasto e núcleo.

Capítulo 2: Novo arranjo taxonômico dos gêneros *Pelekium* e *Thuidiopsis* baseado em evidências filogenéticas.

Capítulo 3: A new species of *Thuidium* (Thuidiaceae) from Brazil and a Key to the Brazilian species of the genus.

Capítulo 4: A Família Thuidiaceae Schimp. (Bryophyta) no Brasil.

1.6 Referências Bibliográficas

- Akiyama, H. 1990. A morphological study of branch development in mosses with special reference to pseudoparaphyllia. *The Botanical Magazine* 103: 269-282.
- Ando, H. & A. Matsuo. 1984. *Applied Bryology. Advances in Bryology* 2: 133-224.
- Bartram, E. B. 1928. Costa Rican mosses collected by Paul C. Standley in 1924-1926. *Contributions from the United States National Herbarium* 26: 106.
- Bartram, E. B. 1964. Mosses of Cerro Antisana, Ecuadorian Andes. *Revue Bryologique et Lichénologique* 33: 1-14.
- Bescherelle, E. 1871. *Prodomus bryologiae mexicanae. Mémoires de la Société des Sciences Naturelles de Cherbourg* 15: 90-93.
- Bôas-Bastos, S. B. V. & C. J. P. Bastos. 2009. Musgos pleurocárpicos dos fragmentos de Mata Atlântica da Reserva Ecológica da Michelin, município de Igrapiúna, BA, Brasil. II – Hypnales (Bryophyta: Bryopsida). *Acta Botanica Brasilica* 23(3): 630-643.
- Bordin, J. & O. Yano. 2009. Briófitas do centro urbano de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. *Hoehnea* 36 (1): 7-71.
- Bordin, J. & O. Yano. 2010. Lista das Briófitas (Anthocerotophyta, Bryophyta, Marchantiophyta) do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisa Botânica* 61: 39-170.
- Bowers, F. D. 1974. The Mosses Reported from Costa Rica. *The Bryologist* 77: 150-177.
- Brotherus, V. F. 1891. Contribution à la Flore bryologique du Brasil. *Acta Societatis Scientiarum Fennicae* 19 (5): 27.
- Brotherus, V. F. 1908. Bryales. Pp. 977-1019. In: A. Engler & K. Prantl (eds.), *Die natürlichen Pflanzenfamilien Part I(3)*. Engelmann, Leipzig.
- Brotherus, V. F. 1925. Musci (Laubmoose). 2. Hälfte. In: A. Engler (ed.), *Die natürlichen Pflanzenfamilien, Zweite Auflage*. 11. Duncker & Humblot, Berlin.
- Buck, W. R. 1998. Pleurocarpous mosses of the West Indies. *Memoirs of The New York Botanical Garden* 82: 1-400.

- Buck, W. R. & B. Goffinet. 2000. Morphology and classification of mosses. Pp. 71–123. In: A. J. Shaw & B. Goffinet (eds.), *Bryophyte Biology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Buck, W. R. & H. Crum. 1990. An evaluation of familial limits among the genera traditionally aligned with the Thuidiaceae and Leskeaceae. *Contributions of the University of Michigan Herbarium* 17: 55–69.
- Câmara, P. E. A. S. 2008. Musgos pleurocárpicos das matas de galeria da Reserva Ecológica do IBGE, RECOR, Distrito Federal, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(2): 573-581.
- Câmara, P. E. A. S. & D. M. Vital. 2004. Briófitas do Município de Poconé, Pantanal de Mato Grosso, MT, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18(4): 881-886.
- Câmara, P. E. A. S., J. R. P. M. Oliveira & M. M. M. Santiago. 2005. A Checklist of the bryophytes of Distrito Federal (Brasília, Brazil). *Tropical Bryology* 26: 133-140.
- Câmara, P. E. A. S. & D. M. Vital. 2006. Briófitos de Cáceres, Pantanal de Matogrosso, Brasil, con nuevos registros para el estado y el País. *Tropical Bryology* 27: 1-8.
- Câmara, P. E. A. S. & A. E. R. Soares. 2010. A new and updated bryophyte checklist for Distrito Federal (Brasília, Brazil). *Tropical Bryology* 31: 165-168.
- Câmara, P. E. A. S., J. Shaw. 2013. A Molecular Phylogeny of the Moss Genus *Taxithelium* (Pylaisiadelphaceae) Based on Plastid, Mitochondrial and Nuclear Markers. *Systematic Botany* 38(4): 861–868.
- Cardot, J. 1909. Diagnoses préliminaires de mousses mexicaines. *Revue Bryologique* 36: 105-115.
- Cardot, J. & V. F. Brotherus. 1923. Botanische Ergebnisse der schwedischen Expedition nach Patagonien und dem Feuerlande 1907-1909. X. Les mousses. *Kongliga Svenska Vetenskaps Academiens Handlingar* 63(10): 62.
- Churchill, S. P. & E. L. Linares. 1995. *Prodromus bryologiae Novo-Granatensis: Introducción a la flora de musgos de Colombia. Parte 2: Grimmiaceae a Trachypodaceae*. Biblioteca José Jerónimo Triana 12(2): 831-843.
- Churchill, S. P., D. Griffin, J. Muñoz. 2000. A checklist of the mosses of the tropical Andean countries. *Ruizia* 17: 137-139.

- Costa, D. P. 2003. Floristic composition and diversity of amazonian rainforest bryophytes in the state of Acre, Brazil. *Acta Amazonica* 33(3): 399-414.
- Costa, D. P. & F. M. Lima. 2005. Moss diversity in the tropical rainforests of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 28(4): 671-685.
- Costa, D. P., K. C. Pôrto, A. P. Luizi-Ponzo, A. L. Ilkiu-Borges, C. J. P. Bastos, P. E. A. S. Câmara, D. F. Peralta, S. B. V. Bôas-Bastos, C. A. A. Imbassahy, D. K. Henriques, H. C. S. Gomes, L. M. Rocha, N. D. Santos, T. S. Siviero, T. F. Vaz-Imbassahy & S. P. Churchill. 2011. Synopsis of the Brazilian moss flora: checklist, distribution and conservation. *Nova Hedwigia* 93(3-4): 277-334.
- Costa, D. P. & A. E. R. Soares. Thuidiaceae. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil>>. Acesso: 10 de Janeiro de 2015.
- Crosby, M. R. 1969. The mosses reported from Panama. *The Bryologist* 72: 511-521.
- Crum, H. A. 1950. Mosses from Honduras. *The Bryologist* 53: 292-295.
- Crum, H. A. & L. E. Anderson. 1981. Mosses of Eastern North America. 1. Columbia University Press, New York.
- Cuming, A. C. 2009. Mosses as model organisms for developmental, cellular and molecular biology. Pp. 199–236. In: B. Goffinet & A. J. Shaw (eds.), *Bryophyte Biology*. ed. 2. Cambridge University Press, Cambridge.
- De Luna, E., W. R. Buck, H. Akiyama, T. Arikawa, H. Tsubota, A. E. Newton & A. J. Shaw. 2000. Ordinal phylogeny within the hypnobryalean pleurocarpous mosses inferred from cladistic analyses of three chloroplast DNA sequence data sets: trnL-F, rps4 and rbcL. *The Bryologist* 103: 242–256.
- Fernández, E. G & A. M. V. Serrano. 2009. *Atividades Biológicas das Briófitas. Âmbito cultural*, Rio de Janeiro.
- Fleischer, M. 1922. Thuidiaceae. *Die Musci der Flora von Buitenzorg* 4: 1494–1533.
- García-Avila, D., E. De Luna & A. E. Newton. 2009. Phylogenetic relationships of the Thuidiaceae and the non-monophyly of the Thuidiaceae and the Leskeaceae based on rbcL, rps4 and the rps4-trnS intergenic spacer. *The Bryologist* 112(1): 80–93.

- Genevro, J. A., F. P. A. Filho & D. F. Peralta. 2006. Briófitas de mata de galeria no Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. *Boletim do Instituto de Botânica* 18: 149-157.
- Gier, L. J. 1980. A preliminary study of the Thuidiaceae (Musci) of Latin America. *Journal of Bryology* 11: 253-309.
- Goffinet, B., W. R. Buck & A. J. Shaw. 2009. Morphology and classification of the Bryophyta. pp. 55-138. In: B. Goffinet & A. J. Shaw (eds.), *Bryophyte Biology* 2 ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gradstein, S. R., S. P. Churchill, & N. Salazar-Allen. 2001. Guide to the Bryophytes of Tropical America. *Memoirs of The New York Botanical Garden* 86: 1-577.
- Grout, A. J. 1932. *Leskea* and *Pseudoleskea*. pp. 185-196. In: A. J. Grout (ed.), *Moss Flora of North America v. 3*. Newfane, Vermont.
- Hampe, G. E. L. & Geheeb, A. 1881. Additamenta ad Enumerationem hactenus in provinciis Brasiliensibus Rio de Janeiro et São Paulo detectroum. *Flora* 64: 369–381.
- Hedenäs, L. 1997. An Evaluation of Phylogenetic Relationships among the Thuidiaceae, the Amblystegiaceae, and the Temperate Members of the Hypnaceae. *Lindbergia* 22(3): 101-133.
- Hegewald, P. & E. Hegewald. 1975. Verzeichnis der Laubmoose von Peru nach Literatureangaben. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 39: 39-66.
- Hegewald, E. & P. Hegewald. 1976. Eine Moossammlung aus Peru. I. *Nova Hedwigia* 28: 731-758.
- Hermann, F. J. 1976. Recopilacion de los musgos de Bolivia. *The Bryologist* 79: 125-171.
- Herzog, T. 1910. Weitere Beiträge zur Laubmoosflora von Bolivia. Beihefte zum *Botanischen Centralblatt* 27(2): 352.
- Herzog, T. 1942. Beiträge zur Kenntnis neotropischen Bryophyten. Beihefte zum *Botanischen Centralblatt* 61b: 559-590.
- Jaeger, A. 1870. *Adumbratio flore muscorum totius orbis terrarum*. Part 1. Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft. 1869–1870: 436.

- Jaeger, A. 1879. Adumbratio flore muscorum totius orbis terrarum. Part 9. Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft. 1877–1878: 257–514.
- Kindberg, N. C. 1897. Laubmoose aus dem Umanakdistrict. Bibliotheca Botanica 87(A): 64–68.
- La-Farge-England, C. 1996. Growth form, branching pattern, and perichaetial position in mosses: cladocarp and pleurocarpy redefined. The Bryologist 99:170-186.
- Lisboa, R. C. L. & A. L. Ilkiu-Borges. 1997. Novas ocorrências de Bryophyta (Musgos) para o Estado do Pará, Brasil. Acta Amazonica 22(2): 81-102.
- Magill, R. E. 1990. Glossarium polyglottum bryologiae: a multilingual glossary for bryology. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 33: 1– 297.
- McDaniel, S. F. & A. J. Shaw. 2003. Phylogeographic structure and cryptic speciation in the trans-Antarctic moss *Pyrrhobryum mnioides*. Evolution 57:205–215.
- Mitten, W. 1869. Musci austro-americanana. Journal of the Linnean Society, Botany. 12: 1-659.
- Moraes, E. N. R. & R. C. L. Lisboa. 2006. Musgos (Bryophyta) da Serra dos Carajás, Estado do Pará, Brasil. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais 1(1): 39-68.
- Müller, C. 1901. Symbolae ad bryologiam Brasiliae et regionum vicinarum. Hedwigia 40: 55-99.
- Newton, A. E., C. J. Cox, J. G. Duckett, J. A. Wheeler, B. Goffinet, T. A. J. Hedderon & B. D. Mishler. 2000. Evolution of the Major Moss Lineages: Phylogenetic Analyses Based on Multiple Gene Sequence and Morphology. The Bryologist 103(2):187-211.
- Peralta, D. F. & O. Yano. 2005. Briófitas de mata paludosa, município de Zacarias, noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. Acta Botanica Brasilica 19(4): 963-977.
- Peralta, D. F. & O. Yano. 2006. Novas ocorrências de musgos (Bryophyta) para o Estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Botânica 29(1): 49-65.

- Peralta, D. F. & O. Yano. 2008. Briófitas do Parque Estadual da Ilha Anchieta, Ubatuba, estado de São Paulo, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 63(1): 101-127.
- Peralta, D. F., J. Bordin & O. Yano. 2008. New mosses records (Bryophyta) for Goiás and Tocantins states, Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 22(3): 834-844.
- Peralta, D. F. & F. P. A. Filho. 2008. Briófitas corticícolas de mata ciliar ao longo do Rio Uruguai, antes do alagamento da área pela Barragem de Itá, entre Santa Catarina e Rio Grande do Sul, Brasil. *Hoehnea* 35(3): 411-418.
- Pinheiro, E. M. L. & P. E. A. S. Câmara. 2012. Musgos Pleurocárpicos de Capões de Mata no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás, Brasil. *Heringeriana* 6(2): 54-65.
- Pursell, R. A. 1973. Un censo de los musgos de Venezuela. *The Bryologist* 76: 473-500.
- Robinson, H. 1967. Preliminary studies on the bryophytes of Colombia. *The Bryologist* 70: 1-61.
- Robinson, H. 1975. The mosses of Juan Fernandez Islands. *Smithsonian Contributions to Botany* 27: 1-88.
- Rydin, H. 2009. Population and community ecology of bryophytes. Pp. 393 – 444. In: B. Goffinet & A. J. Shaw (eds.), *Bryophyte biology*, 2 ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Santos, R. C. P. & R. C. L. Lisboa. 2003. Musgos (Bryophyta) do nordeste paraense, Brasil – 1. Zona Bragantina, microrregião do Salgado e município de Viseu. *Acta amazonica* 33(3): 415-422.
- Santos, R. C. P. & R. C. L. Lisboa. 2008. Musgos (Bryophyta) da microrregião do Salgado Paraense e sua utilização como possíveis indicadores de ambientes perturbados. *Rodriguesia* 59(2): 361-368.
- Schiavone, M. M. & Suárez, G. M. 2007. Las Thuidiaceae en el noroeste de Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 42: 211-230.
- Schimper, W.P. 1852. *Thedenia, Anisodon, Pseudoleskea, Heterocladium, Thuidium, Hylocomium, Thamnium, Rhynchostegium*. *Bryologia Europaea* 49-51.
- Schimper, W.P. 1860. *Synopsis muscorum europaeorum*. E. Schweizerbart, Stuttgart.

- Schimper, W.P. 1876. Synopsis muscorum europaeorum praemissa introductione de elementis bryologicis tractante. Ed. 2. E. Schweizerbart, Stuttgart.
- Schofield W.B. 2001. Introduction to Bryology. The Blackburn Press, Caldwell.
- Sehnem, A. 1976. Musgos Sul-Brasileiros IV. Pesquisas 30: 52.
- Sousa, M. A. R., V. L. Gomes-Klein & O. Yano. 2010. Musgos (Bryophyta) do Parque Estadual da Serra dos Pireneus, Goiás, Brasil. Revista de Biologia Neotropical 7(1): 7-26.
- Souza, A. P. S. & R. C. L. Lisboa. 2005. Musgos (Bryophyta) na Ilha Trambioca, Barcarena, PA, Brasil. Acta Botanica Brasilica 19(3): 487-492.
- Spruce, R. 1867. Catalogus muscorum fere omnium quos in terris Amazonicis et Andinis legit Ricardius Sprucus per annos 1849-1860. London.
- Steere, W. C. 1948. Contribution of the bryogeography of Ecuador. I. A review of the species of Musci previously reported. The Bryologist 51: 65-167.
- Steere, W. C. 1967. The Bryology of Brazil: a preliminary bibliography. Atlas do Simpósio sobre a Biota Amazônica 4: 259-267.
- Stoeinin, H. K. 2008. Slow molecular evolution in 18S rDNA, rbcL and nad5 genes of mosses compared with higher plants. Journal of Evolutionary Biology 21:566-571.
- Touw, A. 2001. A review of Thuidiaceae (Musci) and a realignment of taxa traditionally accommodated in *Thuidium* sensu amplo (*Thuidium* Schimp., *Thuidiopsis* (Broth.) M. Fleisch, and *Pelekium* Mitt.) including *Aequatoriella* gen. nov. and *Indothuidium* gen. nov. Journal of the Hattori Botanical Laboratory 90: 167–209.
- Valente, E. B., K. Pôrto, S. B. V. Bôas-Bastos & C. J. P. Bastos. 2009. Musgos (Bryophyta) de um fragmento de Mata Atlântica na Serra da Jibóia, município de Santa Terezinha, BA, Brasil. Acta Botanica Brasilica 23(2): 369-375.
- Vanderpoorten, A., N. Devos, B. Goffinet, O. J. Hardy & A. J. Shaw. 2008. The barriers to oceanic island radiation in bryophytes: insights from the phylogeography of the moss *Grimmia montana*. Journal of Biogeography 35: 654–663.
- Visnadi, S. R. 2005. Brioflora da Mata Atlântica do estado de São Paulo: região norte. Hoehnea 32(2): 215-231.

- Visnadi, S. R. 2011. Briófitas dos picos do Cuscuzeiro e do Cardoso, estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais* 6(3): 307-317.
- Warnstorf, C. 1905. *Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, Laubmoose* 5. Gebrüder Borntraeger, Leipzig.
- Watanabe, R. 1972. A revision of the family Thuidiaceae in Japan and adjacent areas. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 36: 171-320.
- Welch, W. H. 1948. Mosses and their uses. *Proceedings Indiana Academy of Science* 58: 31-46.
- Williams, R. S. 1927. Mosses from Peru collected by the Captain Marshall Field Peruvian Expedition, 1923. *Publications of the Field Museum of Natural History, Botanical Series* 4(5): 125-139.
- Williams, R. S. 1930. Haitian mosses collected by E. C. Leonard. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 20(10): 177.
- Yano, O. 2004. Novas ocorrências de briófitas para vários estados do Brasil. *Acta Amazonica* 34(4): 559-576.
- Yano, O. & C. J. P. Basto. 2004. Adições à flora de briófitas de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18(3): 437-458.
- Yano, O. & D. F. Peralta. 2004. Musgos (Bryophyta) de Mato Grosso, Brasil. *Hoehnea* 31(3): 251-292.
- Yano, O. & P. E. A. S. Câmara. 2004. Briófitas de Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 34(3): 445 - 457.
- Yano, O. & D. F. Peralta. 2006. Novas Ocorrências de Briófitas para os Estados de Alagoas e Sergipe, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional* 64(4): 287-297.
- Yano, O. & D. F. Peralta. 2008a. Briófitas do Espírito Santo existentes no Herbário Científico do Estado "Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo", Instituto de Botânica, São Paulo, Brasil. *Boletim do Museu Biológico Mello Leitão* 24: 5-100.
- Yano, O. & D. F. Peralta. 2008b. Briófitas da Ilhabela, Estado de São Paulo, Brasil. *Hoehnea* 35(1): 111-121.
- Yano, O., J. Bordin & D. F. Peralta. 2009. Briófitas dos estados do Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí e Rio Grande do Norte (Brasil). *Hoehnea* 36(3): 387-415.

Yano, O. 2010. Levantamento de novas ocorrências de Briófitas brasileiras. Instituto de Botânica de São Paulo, São Paulo.

Yano, O. 2011. Catálogo de musgos brasileiros: literatura original, basiônimo, localidade-tipo e distribuição geográfica. Instituto de Botânica de São Paulo, São Paulo.

2. CAPÍTULO 1

A ser submetido para a revista Systematic Botany

Filogenia molecular da família Thuidiaceae, baseada em marcadores de mitocôndria, cloroplasto e núcleo.

Abel Eustáquio R. Soares¹ & Paulo E.A.S. Câmara¹

¹ Universidade de Brasília, UnB, Depto. de Botânica. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, DF. Brazil.

Resumo

A família Thuidiaceae pertence ao grupo dos musgos pleurocárpicos e a ordem Hypnales. Possuem características pouco comuns a maioria dos pleurocárpicos, como a presença de paráfios com papilas e gametófito com padrão de pinação característico (1-3 pinada). Mundialmente é representada por 16 gêneros e ca. de 72 espécies distribuídas pelas regiões temperadas e principalmente nas regiões tropicais. A circunscrição da família sempre foi controversa, principalmente devido às similaridades e parentesco conflitante com Leskeaceae. Desta forma, o objetivo foi apresentar uma filogenia molecular e construir uma hipótese filogenética com uso de marcadores moleculares para Thuidiaceae a nível mundial. Foram selecionadas 47 espécies para a extração de DNA. Material para extração foi obtido durante as coletas de campo e material de herbário. Foram utilizadas três regiões do genoma: rps4, nad5 e 26s. Os resultados aqui apresentados não suportam a atual divisão da família baseada em caracteres morfológicos. Podemos confirmar a monofilia da família Thuidiaceae constituída somente pelos gêneros *Pelekium*, *Thuidium* e *Thuidiopsis* e também a polifilia de Leskeaceae e demais gêneros antes tradicionalmente agrupados em Thuidiaceae. A proximidade entre *Thuidiopsis* e *Pelekium* sugere um forte parentesco entre estes dois gêneros e a necessidade da revisão dos sistemas de classificações atuais.

Palavras Chaves: Monofilético, *Thuidium*, *Pelekium*.

Introdução

A divisão Bryophyta, que inclui apenas os musgos, com aproximadamente 12.000 espécies (Crosby et al. 2004), pode ser dividida em três importantes grupos com base na posição do periquécio (La-Farge-England 1996): Acrocárpico, Cladocárpico e Pleurocárpico.

Os musgos pleurocárpicos são tipicamente encontrados em florestas tropicais e respondem por aproximadamente 50% de todas as espécies de musgos (Bryophyta) conhecidas (Shaw & Renzaglia 2004). São um grupo monofilético (De Luna et al. 1999; Newton et al. 2000) com uma linhagem altamente diversificada (Newton et al. 2007) que inclui as ordens Hookeriales, Hypnales e Ptychomniales. A radiação dos pleurocárpicos é datada em aproximadamente 165-131 milhões de anos, coincidindo com o aparecimento das complexas florestas de angiospermas no cretáceo (Newton et al. 2007), portanto são um grupo altamente derivado.

A ordem Hypnales é a maior e mais diversificada dentro dos pleurocárpicos, com aproximadamente 4.200 espécies, o que significa um terço de todas as espécies de Bryophyta (Goffinet et al. 2009).

A família Thuidiaceae pertence a ordem Hypnales. Colonizam diferentes substratos, ocorrendo sobre rochas, solos e troncos, em especial no interior de florestas. Muitos representantes da família tem um papel ecológico importante, formando carpetes sobre o solo das florestas, contribuindo para a retenção da umidade e manutenção do microclima, servindo como um ótimo substrato para a germinação de sementes e micro-habitat para diversos artrópodes (García-Avila et al. 2009).

Mundialmente é representada por 16 gêneros e ca. de 72 espécies distribuídas nas regiões temperadas e principalmente nas regiões tropicais (Touw 2001a). Seu centro de diversidade florística é na região Sino-Japonesa, o que sugere sua origem na Laurasia (Buck & Vitt 1986). É amplamente distribuída em todos os continentes com exceção da Antártida, ocorrendo das florestas tropicais as florestas temperadas, do nível do mar a altas altitudes, como por exemplo Himalaia e Cordilheira dos Andes. Muitos gêneros e espécies são endêmicos da Ásia e da América do Sul, sendo estes os locais de maior diversidade (Touw 2001a). Espécies de Thuidiaceae crescem geralmente na camada inferior de ambientes méxicos ou florestas úmidas (Touw 2001a), poucas espécies são encontradas em ambientes secos.

A família pode ser caracterizada por uma larga combinação de caracteres: ramificação regularmente pinada (1-3 pinada); paráfilos nos caulídios, na maioria das espécies abundantes; filídio do caulídio frequentemente deltóide ou deltóide-ovado, ápice acuminado ou longo-acuminado; costa simples; células papilosas; filídios da ramificação, nas espécies 2-3 pinadas, conspicuamente diferentes dos filídios dos caulídios e peristômio tipicamente hypnóide (Touw 2001b).

A circunscrição da família sempre foi controversa, principalmente devido às similaridades e parentesco conflitante com Leskeaceae. Estas controvérsias geraram diversas classificações diferentes ao longo de sua história. Durante muitos anos a circunscrição proposta por Brotherus (1908), com Thuidiaceae sendo considerada subfamília de Leskeaceae foi a mais aceita.

Porém, a partir da década de 90 duas propostas (Buck & Crum 1990; Touw 2001) surgem para explicar as relações de parentesco entre Leskeaceae e Thuidiaceae e dentro desta última família. Buck & Crum (1990) dividiram Thuidiaceae em duas subfamílias: *Cyrtohypnoideae* (*Boulaya* Cardot, *Cyrto-hypnum* (Hampe) Hampe & Lorentz, *Lorentzia* Hampe e *Raiiella* Reimers) e *Thuidioideae* (*Abietinella* Müll. Hal., *Thuidiopsis* (Broth.) M. Fleisch. e *Thuidium* Bruch & Schimp.) e transferiram os gêneros *Hylocomiopsis* Cardot. e *Actinothuidium* Broth. antes em Thuidiaceae para Hylocomiaceae.

No início do século 21 surge o conceito mais aceito e utilizado nos dias de hoje. Touw (2001a), baseado em múltiplos caracteres, dividiu a família em 16 gêneros e 72 espécies organizadas em três grupos informais: Combinado (*Abietinella*, *Boulaya*, *Haplocladium* (Müll. Hal.) Müll. Hal. e *Raiiella*), Helodioideo (*Actinothuidium*, *Bryonoguchia* Z. Iwats. & Inoue, *Echinophyllum* T.J. O'Brien, *Helodium* Warnst. e *Hylocomiopsis*) e Thuidioideo (*Aequatoriella* Touw, *Bryochenea* C. Gao & G.C. Zhang, *Indothuidium* Touw, *Orthothuidium* D.H. Norris & T.J. Kop., *Pelekium* Mitt., *Thuidium* e *Thuidiopsis*).

Desta forma, surge a eminente necessidade de resolver as relações filogenéticas dentro de Thuidiaceae e entre Thuidiaceae e Leskeaceae. Muitos trabalhos a respeito da filogenia de Hypnales utilizaram representante de Thuidiaceae em suas análises (De Luna et al. 1999, 2000; Buck et al. 2000; Goffinet et al. 2001; Goffinet & Buck 2004; Tsubota et al. 2004) e todos indicaram que Thuidiaceae pertence ao grupo das Hypnales e é um grupo irmão de Leskeaceae.

Gardiner et al. (2005), indicou que a família Thuidiaceae estava relacionada com *Leskea* Hedw. (gênero tipo de Leskeaceae) e *Haplocladium* (Müll. Hal.) Müll. Hal. mais do que qualquer outro grupo. As espécies do gênero *Thuidium* apresentaram-se como monofiléticas, porém, as outras espécies tradicionalmente agrupadas em Thuidiaceae apresentaram-se como polifiléticas. Nas análises de Gardiner et al. (2005), foi possível observar a formação de um grupo monofilético composto pelas três espécies de *Thuidium* utilizados no estudo (*Thuidium delicatulum* (Hedw.) Schimp., *Thuidium philibertii* Limpr. e *Thuidium tamariscinum* (Hedw.) Schimp.), mais algumas espécies de Leskeaceae, incluindo a espécie-tipo (*Leskea polycarpa* Hedw.), evidenciando a proximidade deste grupo e a necessidade de estudos mais aprofundados para solucionar a verdadeira circunscrição de Thuidiaceae e Leskeaceae.

Cox et al. (2010) em estudo a respeito da filogenia molecular de musgos, confirmou a existência de um grupo monofilético bem suportado composto por *Thuidium*, *Cyrto-hypnum* (*Pelekium*) e *Thuidiopsis*. Toda via, sua análise agrupou dentro de Thuidiaceae representantes de Helodiaceae e Leskeaceae.

A não monofilia de Thuidiaceae e Leskeaceae foi citada por Ignatov (2007). No seu trabalho representantes de *Thuidium* aparecem dentro do clado formado por *Leskea* e *Haplocladium* formando um grupo monofilético.

O primeiro trabalho exclusivo a respeito da filogenia molecular de Thuidiaceae foi realizado por García-Avila et al. (2009). Os autores realizaram um estudo filogenético com Thuidiaceae e Leskeaceae utilizando somente marcadores de cloroplasto (*rbcL*, *rps4* e *rps4-trnS*) e parcimônia. Os autores demonstraram a grande proximidade entre Leskeaceae e Thuidiaceae, bem como a confirmação da existência de um grupo monofilético composto somente por alguns representantes do agrupamento “Thuidioideo” proposto por Touw (2001a), sendo eles *Pelekium*, *Thuidiopsis* e *Thuidium*, ou seja, somente estes gêneros poderiam ser considerados Thuidiaceae. Também concluíram que Thuidiaceae e Leskeaceae não são grupos monofiléticos e que seria necessária uma análise mais ampla, incluindo mais representantes de ambas as famílias, além da inclusão de mais marcadores para tornar seus resultados mais conclusivos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é apresentar uma filogenia molecular e construir uma hipótese filogenética com uso de marcadores moleculares para Thuidiaceae a nível mundial, resolvendo o parentesco filogenético de Thuidiaceae e

Leskeaceae, bem como sua monofilia e delimitando os verdadeiros limites da família e dos seus gêneros. A hipótese filogenética foi construída utilizando dados de diferentes regiões do genoma como cloroplasto, mitocôndria e núcleo. De acordo com Kuzoff et al. (1998), hipóteses filogenéticas baseadas somente em um único gene não representam a verdadeira história de parentesco dos organismos. Sendo assim, o uso de diferentes regiões do genoma permite uma maior confiança nos resultados, uma vez que não estão sujeitos a transferência lateral ao mesmo tempo.

Material e Métodos

Amostragem – Foram selecionadas 47 espécies, sendo 10 gêneros e 33 espécies tradicionalmente agrupadas por Touw (2001a) em Thuidiaceae (*Abietinella*, *Actinothuidium*, *Boulaya*, *Haplocladium*, *Helodium*, *Hylocomiopsis*, *Pelekium*, *Rauiella*, *Thuidiopsis* e *Thuidium*); um gênero e duas espécies de Rigodiaceae (*Rigodium* Kunze ex Schwägr.); seis gêneros e sete espécies de Leskeaceae (*Claopodium* (Lesq. & James) Renauld & Cardot, *Lescuraea* Schimp., *Leskea*, *Lindbergia* Kindb., *Pseudoleskea* Bruch & Schimp., *Pseudoleskeella* Kindb.); dois gêneros e duas espécies de Pterigynandraceae (*Heterocladium* Bruch & Schimp. e *Myurella* Schimp.) e uma espécie de Theliaceae (*Fauriella* Besch.). Também foram selecionadas duas espécies de Hypnaceae (*Ectropothecium* Mitt. e *Vesicularia* (Müll. Hal.) Müll. Hal.) como grupo externo (Tabela 2). A escolha do grupo externo (*outgroup*) se baseou no trabalho de Cox et al. (2010). As espécies foram selecionadas para refletirem a variação morfológica e geográfica do grupo. Assim sendo, espécies de diferentes continentes foram utilizadas, tais como: América do Sul, América do Norte, Europa e Ásia.

A classificação das espécies agrupadas dentro de Thuidiaceae seguiu o conceito de Touw (2001a). Para as demais adotou-se o conceito de Goffinet et al. (2009).

Extração de DNA e amplificação – O DNA genômico foi extraído do material fresco obtido durante as coletas de campo em diversas regiões do Brasil e do material proveniente dos herbários quando disponível, viável e autorizado, utilizando as dependências do Laboratório de Biologia Molecular do Departamento de Botânica da Universidade de Brasília.

As espécies selecionadas para a extração foram limpas em água com auxílio de um pincel visando a retirada da terra, restos de substratos e outras espécies que ocasionalmente crescem em associação com o material selecionado.

O DNA foi obtido utilizando o protocolo mini-CTAB (Doyle & Doyle 1987). Foram utilizados marcadores de três regiões diferentes do genoma (Tab. 1). Para o cloroplasto foi utilizada a proteína ribossomal 4 (*rps4*); para o genoma mitocondrial foi utilizado o NADH – desidrogenase subunidade 5 (*nad5*) e para o genoma nuclear foi utilizado sequência parcial do DNA ribossomal 26s. Também foram utilizadas sequências do GenBank – NCBI quando as sequências obtidas não eram de qualidade aceitável e para aumentar a matriz de dados.

Uma única amplificação foi produzida para os marcadores *rps4* e 26s. O *nad5* foi amplificado em dois fragmentos sobrepostos: *nad5K* – *nad5Li* e *nad5Ki* - *nad5Le* (Bell & Newton 2005).

Tabela 1: Primers e temperaturas de anelamento utilizados no estudo.

Marcador	Referência	Temperatura de anelamento C°
<i>rps4</i> F	Nadot et al. 1994	51-54
<i>rps4</i> R	Nadot et al. 1994	51-54
<i>nad5K</i>	Beckert et al. 1999	52-54
<i>nad5Li</i>	Beckert et al. 1999	52-54
<i>nad5Ki</i>	Beckert et al. 1999	58-60
<i>nad5Le</i>	Beckert et al. 1999	58-60
26s R – LSOF	Shaw 2000	50-52
26s F – LS12R	Shaw 2000	50-52

A tabela 2 lista todos os táxons utilizados neste estudo, com o respectivo voucher de todas as espécies, com coletor e número de coleta, localidade e herbário, bem como o número de acesso no GenBank.

Tabela 2: Táxons utilizados no estudo, localidade de coleta, coletor e número de coleta, herbário onde está depositado e número de acesso no GenBank. * Sequências do GenBank.

Espécie	Voucher	Origem	GenBank		
			RPS4	26S	NAD5
<i>Abietinella abietina</i> (Hedw.) M. Fleisch.	Jia 8640 (MO)	China			
<i>Actinothuidium hookeri</i> (Mitt.) Broth.	Shevock 35187 (MO)	China			
<i>Boulaya mittenii</i> (Broth.) Cardot	Tanaka 327 (MO)	Japão			
<i>Claopodium whippleanum</i> (Sull.) Renauld & Cardot *	Shevock 19289 (DUKE)	USA	AY908294.1	HM751484.1	AY908746.1
<i>Ectropothecium leptochaeton</i> (Schwägr.) W.R. Buck *	Whittemore 5594 (MO)	Belize	AY908558.1	HM751405.1	AY908405.1
<i>Fauriella tenuis</i> (Mitt.) Cardot *	He & Song 327 (MO)	Coreia do Sul	AY908233.1	HM751394.1	AY908545.1
<i>Haplocladium angustifolium</i> (Hampe & Müll.) Broth.	Allen 27907 (MO)	USA			
<i>Helodium blandowii</i> (F. Weber & D. Mohr) Warnst. *	Shevock 18635 (MO)	USA	AY908339.1	HM751287.1	AY908393.1
<i>Heterocladium dimorphum</i> (Brid.) Schimp. *	Shevock 19252 (MO)	USA	AY908259.1	HM751463.1	AY908640.1
<i>Hylocomiopsis cylindricarpa</i> Thér. *	Pocs 6177 (NY)	-	AY908342.1	AY908342.1	AY908394.1
<i>Lescuraea radicata</i> (Mitt.) Mönk.	Whittemore 5372 (NY)	USA			
<i>Leskea nervosa</i> (Brid.) Myrin	Shevock 32344 (MO)	China			
<i>Leskea polycarpa</i> Hedw.	Allen 28958 (MO)	USA			

Espécie	Voucher	Origem	GenBank		
			RPS4	26S	NAD5
<i>Lindbergia brachyptera</i> (Mitt.) Kindb.	Darigo 4151 (MO)	USA			
<i>Myurella julacea</i> (Schwägr.) Schimp.	Allen 7037 (MO)	USA			
<i>Pelekium gratum</i> (P. Beauv.) Touw	Kien-Thai 8203 (KLU)	Malasia			
<i>Pelekium involvens</i> (Hedw.) Touw	Costa 3982 (RB)	Brasil			
<i>Pelekium minutulum</i> (Hedw.) Touw	Soares 1131 (UB)	Brasil			
<i>Pelekium muricatum</i> (Hampe) Touw	Yano 32078 (SP)	Brasil			
<i>Pelekium pygmaeum</i> (Schimp.) Touw	Allen 27411 (MO)	USA			
<i>Pelekium scabrosulum</i> (Mitt.) Touw	Soares 1196 (UB)	Brasil			
<i>Pelekium schistocalyx</i> (Müll. Hal.) Touw	Rivera s.n. (UB)	Brasil			
<i>Pelekium siphotheca</i> (Müll. Hal.) Touw	Câmara 2370 (UB)	Brasil			
<i>Pelekium velatum</i> Mitt.	Kien-Thai 8190 (KLU)	Malasia			
<i>Pelekium versicolor</i> (Hornsch. ex Müll. Hal.) Touw	He 36440 (MO)	Taiwan			
<i>Pseudoleskea andina</i> Schimp. ex E. Britton *	Buck 39552A (NY)	Equador	AY908257.1	HM751293.1	AY908696.1
<i>Pseudoleskeella tectorum</i> (A. Braun ex Brid.) Broth. *	Schofield 94788 (MO)	USA	AY907950.1	HM751279.1	AY908416.1

Espécie	Voucher	Origem	GenBank		
			RPS4	26S	NAD5
<i>Raiiella lagoensis</i> (Hampe) W.R. Buck	Magill 13951 (MO)	Nicaragua			
<i>Raiiella praelonga</i> (Schimp. ex Besch.) Wijk & Margad.	Sousa 421 (MO)	Brasil			
<i>Rigodium implexumi</i> Kunze ex Schwägr.	Ireland 34044 (MO)	Chile			
<i>Rigodium toxarion</i> (Schwägr.) A. Jaeger	Soares 1843 (UB)	Brasil			
<i>Thuidiopsis furfurosa</i> (Hook. f. & Wilson) M. Fleisch.	Ireland 31235 (MO)	Chile			
<i>Thuidiopsis sparsai</i> (Hook. f. & Wilson) Broth.	Wasum 4590 (SP)	Brasil			
<i>Thuidium assimile</i> (Mitt.) A. Jaeger	Pisarenko 67 (MO)	Sibéria			
<i>Thuidium cymbifolium</i> (Dozy & Molk.) Dozy & Molk.	Jia 9714 (MO)	China			
<i>Thuidium delicatulum</i> (Hedw.) Schimp.	Buck 51893 (NY)	USA			
<i>Thuidium glaucinoides</i> Broth.	Shevock 32330 (MO)	China			
<i>Thuidium mattogrossense</i> Broth.	Soares 1821 (UB)	Brasil			
<i>Thuidium peruvianum</i> Mitt.	Villaroel 1911 (MO)	Bolívia			
<i>Thuidium philibertii</i> 1 Limpr.	Ignatov 171 (MO)	Rússia			
<i>Thuidium philibertii</i> 2 Limpr.	Soares 1790 (UB)	Brasil			

Espécie	Voucher	Origem	GenBank		
			RPS4	26S	NAD5
<i>Thuidium pristocalyx</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger	He 36401 (MO)	Taiwan			
<i>Thuidium bifidum</i> Soares, A.E.R. & Câmara, P.E.A.S	Oliveira 250 (UFP)	Brasil			
<i>Thuidium tamariscinum</i> (Hedw.) Schimp.	Kurbatova 246 (MO)	Rússia			
<i>Thuidium tomentosum</i> Schimp.	Soares 1482 (UB)	Brasil			
<i>Thuidium recognitumi</i> (Hedw.) Lindb.	Allen 29238 (MO)	USA			
<i>Vesicularia vesicularis</i> (Schwägr.) Broth.*	Newton 4552	-	AY908559.1	HQ443934.1	AY908406.1

A amplificação foi feita utilizando-se a técnica de reação em cadeia da polimerase (PCR), utilizando um volume final de 20 μ l, sendo 2 μ l de “thermophilic” tampão, 0,8 μ l de 50mM MgCl₂, 0,4 μ l Taq (Promega), 1,5 μ l BSA (10 mg/ml), 3,2 μ l 1mM dNTP, 1 μ l de cada primer (10mM), 3 μ l de DNA, completados com 7,1 μ l de água Milli-q. O DNA genômico utilizado foi diluído na proporção de 1:10 antes do uso. As condições de amplificação foram as seguintes para todos os primers, com diferenças apenas nas temperaturas de anelamento (tabela 1) de acordo com a especificidade de cada primer e espécie: 94°C – 1min (desnaturação), 50-60°C – 1min (anelamento), 72°C – 1min, repetidos durante 35 ciclos, sempre precedidos de um passo inicial de 2 minutos a 94°C e uma extensão final de 7 minutos a 72°C.

Sequenciamento e análise dos dados – a limpeza da reação de PCR e o sequenciamento (sem clonagem) foram terceirizados e realizados pela MACROGEN Inc. (Seoul, Korea). A montagem das sequências (Contigs) foi feita utilizando o software CodonCode Aligner (versão 4.2.7; CodonCode Corporation, MA, USA). Todas as sequências serão submetidas ao GenBank (tabela 2).

Inicialmente o alinhamento foi realizado utilizando o software ClustalX (Higgins & Sharp 1988), e então ajustados e checados manualmente utilizando o software Phyde (versão 0.9971; Phylogenetic Data Editor).

A análise dos dados e a reconstrução filogenética foram feitas por meio dos critérios da parcimônia, verossimilhança e análise bayesiana.

Para a análise de máxima parcimônia foi utilizado o software PAUP versão 4.0b10 para Macintosh (Swofford 2002). Busca heurística foi realizada com 100 replicações randômicas e TBR (tree-bisection reconnection) com no máximo 10.000 árvores. Todos os caracteres foram desordenados e igualmente ponderados, *gaps* foram tratados como ausência de dados. O bootstrap foi calculado como parâmetro de suporte para os clados (Felsenstein 1985), com 1.000 replicações. Valores de bootstrap superiores a 75 são considerados confiáveis e aceitáveis.

As análises de Verossimilhança foram realizadas no software RaxML (Stamatakis 2014). O modelo de evolução ideal para cada *locus* foi calculado utilizando o software jModeltest 2.1.3 (Darriba et al. 2012). O suporte para os

clados foi calculado utilizando bootstrap (Felsenstein 1985), com 1.000 replicações.

As inferências Bayesianas foram feitas no software Mr. Bayes v.3.2.2 (Ronquist & Huelsenbeck 2003). O modelo de evolução ideal para cada *locus* foi calculado utilizando o software jModeltest 2.1.3 (Darriba et al. 2012). Quatro corridas, cada uma com quatro cadeias MCMC (*Markov Chain Monte Carlo Chain*) foram executadas para 5.000.000 gerações, amostradas a cada 1.000 gerações, em corridas paralelas. O suporte para os nós foi calculado por meio das probabilidades posteriores. Os valores das probabilidades posteriores variam entre 0 e 1, sendo que valores abaixo de 0,95 foram considerados não confiáveis. O software Tracer 1.5 (Rambaut & Drummond 2013) foi utilizado para determinar quando a amostragem das árvores estava estabilizada. Os primeiros 25% das árvores foram descartados (*burn-in*). Uma árvore de consenso foi construída a partir das demais árvores resultantes para estimar as probabilidades posteriores.

As árvores obtidas foram editadas utilizando o software FigTree 1.4.2 (Rambaut 2009).

Para cada método de reconstrução filogenética (parcimônia, verossimilhança e bayesiana), foram utilizadas uma matriz de dados concatenada com os três marcadores (rps4 + 26s + nad5), bem como uma matriz de dados individual para cada marcador.

Resultados

Foram utilizados 47 táxons neste estudo, resultando em 183 novas sequências obtidas e disponibilizadas no GenBank.

Todas as árvores obtidas individualmente para cada marcador apresentaram a mesma topologia, diferindo somente no grau de resolução dos nós, demonstrando a consistência dos dados e das análises realizadas. Os poucos conflitos observados na topologia referem-se aos agrupamentos com baixo valor de suporte e as politomias. Como não houve incongruência nas análises individuais para cada marcador, as matrizes foram concatenadas para

a obtenção de uma matriz única e mais robusta, que também apresentou a mesma topologia das matrizes individuais.

O alinhamento das 47 sequências geradas resultou em uma matriz compartilhada (rps4 + 26s + nad5) com 3.170 caracteres, sendo 2.748 constantes, 240 variáveis e 232 informativos (Tab. 3). Dentre todas as árvores obtidas individualmente para cada marcador e para a análise compartilhada (rps4 + 26s + nad5), os resultados provenientes da análise compartilhada obtiveram os valores mais elevados de índice de confiança (bootstrap e probabilidades posteriores) e a topologia da árvore foi a mais consistente.

Tabela 3: Estatísticas individuais dos marcadores rps4, 26s e nad5 e da análise compartilhada. CI= índice de consistência; RI= índice de retenção.

	RPS4	26s	NAD5	RPS4 +26s+NAD5
Taxas Incluídos	47	42	46	47
Tamanho da Matriz	676	1093	1401	3170
Caracteres Constantes	521	969	1258	2748
Sítios Variáveis	78	64	98	240
Informativos	97	90	45	232
N. de Árvores	10000	10000	10000	10000
Comp. da Árvore	331	258	174	919
CI	0.568	0.547	0.851	0.610
RI	0.695	0.723	0.855	0.659
Modelo de Evolução	TVM+I+G	TIM1+I+G	TPM1uf+G	GTR+G
Log. likelihood	-21,327.856	-4,326.575	-78,671.245	-96,012.1731

A monofilia da família Thuidiaceae composta somente pelos gêneros *Thuidium*, *Pelekium* e *Thuidiopsis* foi fortemente suportada (Fig. 1) em todas as análises realizadas com valores consistentes (parcimônia 80, verossimilhança 79 e bayesiana 0,98). A monofilia do gênero *Pelekium* só pode ser confirmada com a inclusão de *Thuidiopsis*. Este clado é fortemente suportado com valores consistentes (parcimônia 98, verossimilhança 96 e bayesiana 1), o que sugere

a grande proximidade entre estes dois gêneros e a necessidade de uma nova circunscrição.

Thuidium apresentou-se como polifilético, com a formação de dois clados (Fig. 1), sugerindo uma nova circunscrição para o grupo.

De acordo com a atual circunscrição adotada para Leskeaceae, a não-monofilia da família também foi comprovada. A Figura 1, apesar dos baixos valores de suporte, oferece uma boa noção dos verdadeiros limites de Leskeaceae, onde somente o agrupamento formado *Leskea polycarpa*, *Raiella praelonga*, *Haplocladium angustifolium* e *Hylocomiopsis cylindricarpa* é monofilético.

Os resultados obtidos neste estudo não corroboram o conceito mais amplo da família baseado somente em caracteres morfológicos estabelecidos por Touw (2001a), com a família contendo 16 gêneros e 72 espécies. Dos 16 gêneros estabelecidos por Touw (2001a), dez foram utilizados neste estudo (*Abietinella*, *Actinothuidium*, *Boulaya*, *Haplocladium*, *Helodium*, *Hylocomiopsis*, *Pelekium*, *Raiella*, *Thuidiopsis* e *Thuidium*), os outros seis (*Bryonoguchia*, *Echinophyllum*, *Aequatoriella*, *Bryochenea*, *Indothuidium* e *Orthothuidium*) não foram utilizados devido à ausência de material fresco para retirada de DNA. Também foram utilizados gêneros que já foram tratados dentro de Thuidiaceae em sistemas de classificações ultrapassados (*Claopodium*, *Fauriella*, *Heterocladium* e *Myurella*).

Em relação ao conceito da família Thuidiaceae proposta por Buck & Crum (1990), com a divisão em duas subfamílias (Cyrtohypnoideae e Thuidioideae), os resultados aqui apresentados também não corroboram a teoria de Buck & Crum (1990), tendo em vista que os gêneros *Boulaya*, *Raiella* e *Abietinella* não fazem parte do agrupamento monofilético que delimitou a família Thuidiaceae. Além disso, as duas subfamílias propostas são polifiléticas de acordo com os resultados aqui apresentados.

É possível evidenciar a formação de três clados monofiléticos bem definidos dentro de Thuidiaceae (Fig. 1), divididos da seguinte forma:

Clado 1 – *Pelekium*: formado por todos os representantes de *Pelekium* e *Thuidiopsis*, com a presença da espécie-tipo do gênero *Pelekium* (*P. velatum*) e do gênero *Thuidiopsis* (*T. furfurosa*). Este clado possui valores de suporte

elevados, próximo aos valores máximos de confiança no agrupamento (98 parcimônia, 96 verossimilhança e 1 bayesiana). O gênero *Pelekium* apresentou-se como polifilético, com a formação de dois agrupamentos. O primeiro constituído por todos os representantes de *Pelekium*, com exceção de *P. minutulum* que juntamente com *Thuidiopsis sparsa* e *Thuidiopsis furfurosa* formaram o segundo agrupamento, considerado grupo irmão do primeiro. Sendo assim, para que o gênero fosse considerado monofilético, optou-se por agrupar todos dentro do mesmo clado.

Clado 2 – *Thuidium*: composto por todos os representantes de *Thuidium*, com exceção de *T. delicatulum* e *T. recognitum*. Clado com elevado suporte, garantindo a robustez das análises (96 parcimônia, 91 verossimilhança e 1 bayesiana).

Clado 3 – (informalmente denominado *Pseudothuidium*): composto somente por *Thuidium delicatulum* e *Thuidium recognitum*.

Muitos gêneros tradicionalmente alinhados dentro de Thuidiaceae, tais como: *Abietinella*, *Actinothuidium*, *Boulaya*, *Claopodium*, *Haplocladium*, *Helodium*, *Heterocladium*, *Hylocomiopsis* e *Raiiella*, não pertencem ao clado formando por *Pelekium*, *Thuidiopsis* e *Thuidium*, aqui tratadas como Thuidiaceae verdadeiras.

A polifilia de *Raiiella*, gênero que já foi tratado como Thuidiaceae e também como Leskeaceae é bastante evidente. A monofilia da família Rigodiaceae também pode ser observada, confirmando a mesma como uma família monoespecífica constituída somente pelo gênero *Rigodium*, com *Myurella* (Pterigynandraceae) como grupo basal (Fig. 1).

Actinothuidium hookeri, grupo irmão das Thuidiaceae, é morfologicamente distinto dos gêneros monofiléticos que compõem Thuidiaceae, não apresentando uma das principais características do grupo, a presença de células papilosas, é aqui tratado como um gênero fora de Thuidiaceae.

Analisando a topologia da árvore e seus cladogramas, foi possível estabelecer uma correlação de agrupamentos (morfológico e genético) de táxons dentro do mesmo clado com base na morfologia da seta e das papilas (Fig. 2 e Fig. 3). Dentro do clado 1 (*Pelekium*), observa-se a formação de três agrupamentos. O primeiro grupo formado por: *P. scabrosulum*, *P. schistocalyx*, *P. gratum*, *P.*

velatum e *P. involvens* possui seta papilosa. O segundo grupo formado por: *P. versicolor*, *P. muricatum*, *P. siphotheca* e *P. pygmaeum* tem como característica a presença de seta lisa, que também é compartilhada com o grupo formado por *P. minutulum*, *Thuidiopsis furfurosa* e *Thuidiopsis sparsa*. Dentro do clado 2 (*Thuidium*) e clado 3 (*Pseudo-thuidium*) todas as espécies compartilham a característica de apresentarem seta lisa.

Em relação as papilas, dentro de um mesmo clado observam-se diferentes tipos morfológicos de papilas, distribuídas dentro do mesmo agrupamento (Fig. 3). Basicamente podemos dividi-las quanto ao número de papilas presente no lúmen celular da seguinte forma: unipapilosa – somente uma papila e com variações na morfologia (alta, baixa e estrelada) e pluripapilosa – duas a cinco papilas.

Dentro do clado 1 (*Pelekium*), o grupo formado pelas espécies *P. siphotheca*, *P. sparsifolium* e *P. muricatum* são unipapilosas simples, com papilas características das espécies de *Pelekium* unipapilosas.

Em contrapartida, o agrupamento constituído de *P. involvens*, *P. schistocalyx*, *P. scabrosulum*, *P. minutulum*, *P. velatum*, *P. gratum* e *Thuidiopsis sparsa* são pluripapilosos, com as papilas localizadas na periferia do lúmen celular, característica típica das espécies de *Pelekium* pluripapilosas.

No clado 2 (*Thuidium*), o agrupamento formado por *T. peruvianum*, *T. assimile*, *T. cymbifolium*, *T. glaucinoides* e *T. philibertii* 2 são unipapilosos, com uma papila alta e curva. O agrupamento formado por *T. tomentosum* e *T. mattogrossense* apresenta uma característica pouco comum dentro do gênero *Thuidium*, células pluripapilosas localizadas no centro do lúmen celular. Apesar de *T. bifidum* estar presente no mesmo agrupamento de *T. tomentosum* e *T. mattogrossense*, suas células são unipapilosas bífidas.

Ainda dentro do clado *Thuidium*, podemos observar um agrupamento formado por *T. tamariscinum*, *T. pristocalyx* e *T. philibertii* 1, que apresentam uma papila de tamanho mediano, curvada ou reta.

Por fim o agrupamento formado por *T. delicatum* e *T. recognitum* tem como característica uma papila de tamanho variável, de pequena a mediana.

Discussão

A circunscrição da família Thuidiaceae sempre foi bastante duvidosa, com a inclusão e exclusão de diversos gêneros ao longo de sua história (Touw 2001a). Seu parentesco com Leskeaceae e por vezes a monofilia de ambas as famílias sempre foi questionada. Geneticamente Thuidiaceae e Leskeaceae estão muito próximas e morfológicamente sua proximidade de se deve ao fato de ambas apresentarem algumas características pouco comuns dentre os musgos, tais como a presença de paráfílos e papilas. Todavia a classificação e os limites da família sempre foram estabelecidos com base somente em critérios morfológicos.

Os resultados aqui apresentados não suportam a atual divisão da família baseada em caracteres morfológicos (Touw 2001a). Podemos confirmar a monofilia da família Thuidiaceae constituída somente pelos gêneros *Pelekium*, *Thuidium* e *Thuidiopsis* e também a polifilia de Leskeaceae.

Baseado no agrupamento monofilético aqui apresentado, podemos definir morfológicamente Thuidiaceae como táxons que apresentam padrão de ramificação pinado; paráfílos com células papilosas; filídios unipapilosos a pluripapilosos, nunca lisos e caulídio em secção transversal sem hialoderme, com uma pequena camada de células de parede espessa, bordeadas por células largas de parede delgada.

A polifilia de *Thuidium* foi fortemente suportada em todas as análises realizadas, com a formação de dois cladogramas (2 e 3), sendo o último basal aos demais representantes da família. Os resultados aqui encontrados sugerem a necessidade de um estudo morfológico aprofundado para definir a nova circunscrição para as espécies do clado 3 (*T. delicatulum* e *T. recognitum*), provavelmente com a criação de um novo gênero. Morfológicamente a criação de um novo gênero não se sustenta, tendo em vista a ausência de caracteres morfológicos distintivos para a separação entre grupos extremamente parecidos do ponto de vista morfológico.

A monofilia do gênero *Pelekium* só pode ser confirmada com a inclusão de *Thuidiopsis*. Este agrupamento possui valores de suporte (parcimônia e probabilidades posteriores) elevados, demonstrando a robustez, a similaridade genética e morfológica deste agrupamento. A proximidade de *Thuidiopsis* e

Pelekium observada aqui e nos trabalhos de García-Avila et al. (2009) e Cox et al. (2010), sugere um forte parentesco entre estes dois gêneros.

Morfologicamente *Thuidiopsis* se assemelha bastante a *Pelekium*, tanto na morfologia dos paráfios, quanto na forma das papilas dos filídios. *Thuidiopsis* e *Pelekium* possuem paráfios não ramificados, enquanto *Thuidium* possui paráfios ramificados. Além disso, *Thuidiopsis* e *Pelekium* possuem papilas tanto na face abaxial quanto na face adaxial do filídio, enquanto *Thuidium* possui papilas apenas na face abaxial. Também podemos destacar a morfologia das papilas que são bastante semelhantes nas espécies pluriplapilosas de *Thuidiopsis* e *Pelekium*, com as papilas dispostas na periferia no lúmen celular. Desta forma, entende-se ser necessária a sinonimização destes dois gêneros, com a inclusão de todas as espécies de *Thuidiopsis* dentro de *Pelekium*.

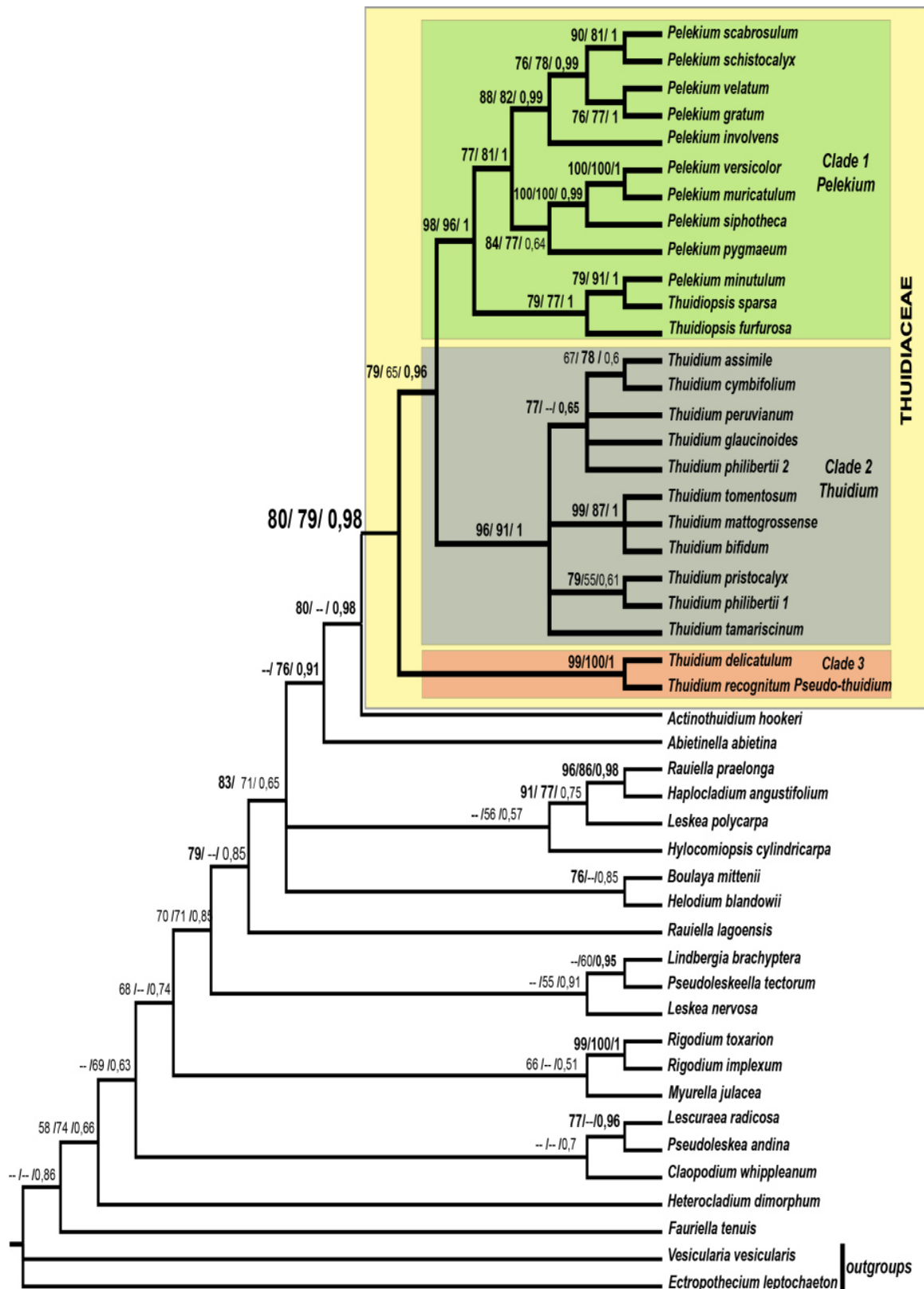


Figura 1: Cladograma de consenso obtido por análise bayesiana com a matriz combinada (rps4+26s+nad5). Os valores sobre os ramos correspondem aos valores de bootstrap de parcimônia, verossimilhança e probabilidades posteriores da análise Bayesiana respectivamente. Valores abaixo de 50% para bootstrap e 0,5 para probabilidades posteriores foram descartados no cladograma.

De acordo com García-Avila et al. (2009), a família Thuidiaceae só poderia ser considerada monofilética se considerarmos somente o grupo denominado “*Thuidioid*” (*sensu* Touw 2001a), formado pelos gêneros *Pelekium*, *Thuidium*, *Thuidiopsis* e *Aequatoriella*, o que, de fato, com exceção de *Aequatoriella* que não foi utilizada aqui devido a ausência de material fresco para extração de DNA, corrobora nossos resultados, onde somente o agrupamento foi considerado monofilético.

O gênero *Actinothuidium*, tradicionalmente agrupado dentro de Thuidiaceae, aparece como grupo irmão da família em nosso estudo e também nos resultados de García-Avila et al. (2009). Morfologicamente *Actinothuidium* possui medula central homogênea, filídios fortemente serreados, paráfios com células alongadas e lisas, filídios com células alongadas, prurulosas ou lisas, características contrárias às utilizadas aqui para definir Thuidiaceae e conseqüentemente ausentes nas espécies do grupo “*Thuidioid*” (*sensu* Touw 2001a). Touw (2001a), em sua revisão de Thuidiaceae, conclui que *Actinothuidium* é um gênero basal e o coloca dentro do grupo “*Heloidioid*” (*sensu* Touw 2001a), que aqui apresenta-se como um grupo polifilético.

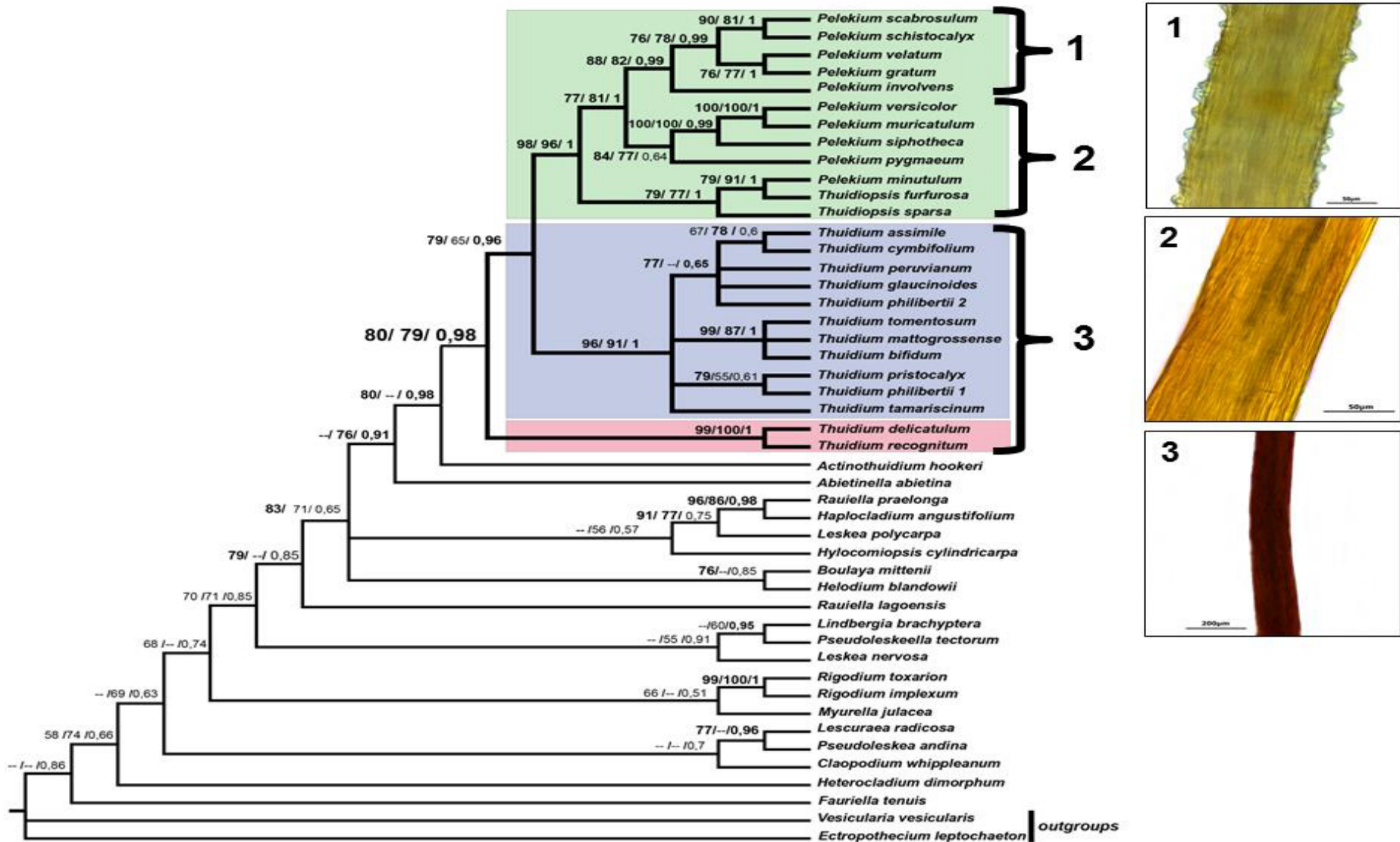


Figura 2: Cladograma (bayesiana) obtido com a matriz combinada (rps4+26s+nad5). Os valores sobre os ramos correspondem aos valores de bootstrap de parcimônia e verossimilhança, e probabilidades posteriores da análise Bayesiana. 1 = Seta papilosa/rugosa. 2 e 3 = Seta lisa.

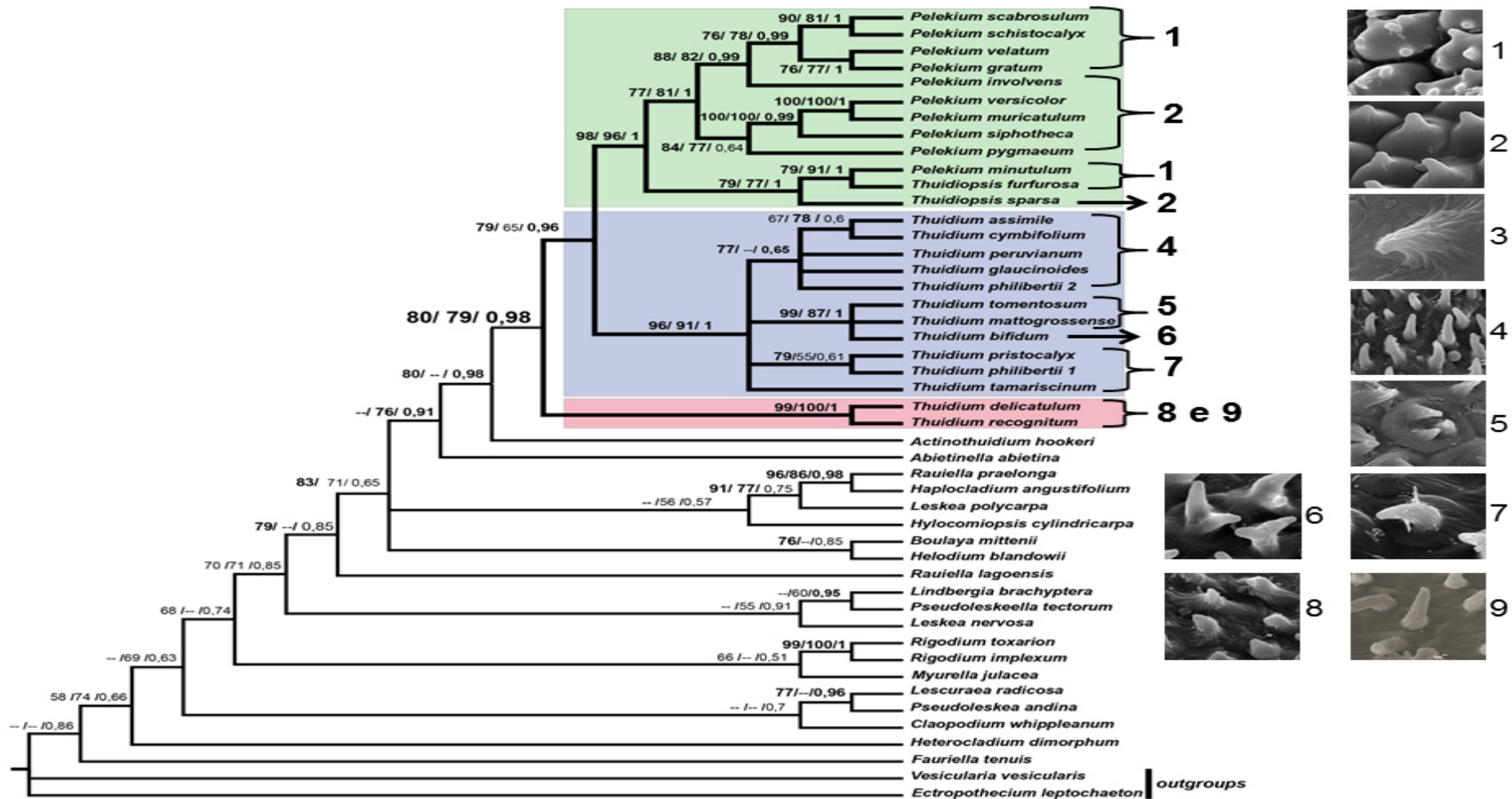


Figura 3: Cladograma (bayesiana) obtido com a matriz combinada (rps4+26s+nad5). Os valores sobre os ramos correspondem aos valores de bootstrap de parcimônia e verossimilhança, e probabilidades posteriores da análise Bayesiana. 1 = pluripapilosa com as papilas na periferia do lúmen, 2 = unipapilosa, 3 = unipapilosa com papila baixa, 4 = unipapilosa com papila alta, 5 = pluripapilosa com as papilas no centro do lúmen, 6 = unipapilosa bífida, 7 = unipapilosa com papila curvada e mediana, 8 = unipapilosa com papila mediana e 9 = unipapilosa com papila alta.

O agrupamento morfológico baseado na morfologia da seta (fig.2), evidência a formação de grupos monofiléticos que se diferenciam com base na seta dentro do clado *Pelekium*, onde o padrão de seta papilosa apresenta-se como uma característica distal em relação a característica basal de seta lisa. Touw (2001a) já havia mencionado a formação de dois grupos informais com base na morfologia da seta. Ele chamou estes grupos de *muricatum* (seta lisa) e *velatum* (seta papilosa).

O grupo *muricatum* (*sensu* Touw 2001a) é representado em nossas análises pelo agrupamento formado por *P. muricatum*, *P. versicolor*, *P. siphotheca* e *P. pygmaeum*, que juntos formam um grupo monofilético fortemente suportado, que tem como características a presença de seta lisa e paráfios com células inconspicuamente papilosas. O grupo *velatum* (seta papilosa), aqui representado pelas espécies *P. velatum*, *P. scabrosulum*, *P. schistocalyx*, *P. gratum* e *P. involvens*, também formam um grupo monofilético (Fig. 2), que tem como característica a seta papilosa e paráfios com células conspicuamente papilosas. Diante disto, a morfologia da seta apresenta-se como uma característica segura e distintiva para a separação dos agrupamentos monofiléticos formados dentro do clado 1 – *Pelekium*.

Baseados somente em características morfológicas Buck & Crum (1990) e Touw (2001a) estabeleceram os limites da família Thuidiaceae. A divisão em duas subfamílias proposta por Buck & Crum (1990) foi parcialmente comprovada em nossas análises, pois verifica-se a presença de um grupo denominado Clado 1 - *Pelekium* (Fig. 1) que engloba os representantes do gênero *Pelekium* e também outro agrupamento denominado Clado 2 - *Thuidium*. Estes dois cladogramas podem ser entendidos como a divisão em duas subfamílias proposta por Buck & Crum (1990). Os demais gêneros das subfamílias (*Boulaya*, *Raiiella* e *Abietinella*) não pertencem a Thuidiaceae de acordo com o conceito monofilético adotado aqui, sendo mais prováveis de serem classificados como Leskeaceae.

A divisão proposta por Touw (2001a) também pode ser parcialmente comprovada, tendo em vista a confirmação da monofilia do grupo “*Thuidioid*”, que já havia sido confirmada por García-Avila et al. (2009). Por outro lado a não monofilia do grupo “*Combinado*” também pode ser confirmada neste trabalho e por García-Avila (2009), devido à presença de *Leskea polycarpa* (espécie-tipo da família Leskeaceae) entre os representantes deste grupo, indicando que estas espécies provavelmente estão mais intimamente relacionadas com Leskeaceae do que com Thuidiaceae.

A confirmação dos limites da família Thuidiaceae somente com os representantes do grupo “*Thuidioid*” (*sensu* Touw 2001), tal como observado também nos estudos de García-Avila et al. (2009), sugere um reordenamento de Thuidiaceae e de Leskeaceae, com a inclusão dos grupos “*Helodioid*” e “Combinado” (*sensu* Touw 2001) dentro de Leskeaceae.

A impossibilidade de inclusão neste estudo dos gêneros *Aequatoriella*, *Bryochenea*, *Indothuidium*, *Orthothuidium* agrupados dentro do grupo “Thuidioideo” (*sensu* Touw 2001), devido à ausência de material apto a fornecer DNA de qualidade, indica a necessidade de estudos futuros que visem a inclusão destes gêneros para delimitar com maior precisão sua verdadeira circunscrição. García-Avila et al. (2009), incluiu *Aequatoriella* em seu estudo, demonstrando que este gênero pertence ao clado das Thuidiaceae e deve ser levado em consideração nas futuras delimitações da família.

Em relação a *Indothuidium*, *Orthothuidium* e *Bryochenea*, os mesmos são gêneros monotípicos, relativamente novos, de ocorrência restrita ao Sudoeste da Ásia, Malásia e região Sino-Japonesa (Touw 2001a), o que dificulta a obtenção de material fresco para DNA.

Indothuidium tem como espécie-tipo *Indothuidium kiasense* R.S. Williams (Touw), cujo basônimo é *Thuidium kiasense* R.S. Williams, que morfologicamente se assemelha as atuais espécies de *Pelekium*, diferindo somente no tamanho diminuto e arquitetura do gametófito que é frequentemente 1-pinado. Tem distribuição restrita a Malásia e Ásia Continental Tropical.

Orthothuidium tem como espécie-tipo *Orthothuidium curtisetum* D.H. Norris & T.J. Kop., cujo basônimo é *Cyrto-hypnum curtisetum* (D.H. Norris & T.J. Kop.) W.R. Buck & H.A. Crum, que morfologicamente possui diversas características que o levariam a ser classificado com um representante de *Pelekium*. Sua distribuição é extremamente restrita a Papua-Nova Guiné.

Bryochenea tem distribuição restrita a região Sino-Japonesa. Sua única espécie válida é *Bryochenea vestitissima* (Besch.) Touw, cujo basônimo é *Thuidium vestitissimum* Besch. Aa espécie é pequena (assim como *Pelekium*), possui paráfilos não-ramificados e células unipapilosas (Touw 2001a), o que morfologicamente remete aos representantes de *Pelekium*.

De acordo com Touw (2001a), *Indothuidium*, *Orthothuidium* e *Bryochenea* se assemelham as atuais espécies de *Pelekium*. Sendo assim, acredita-se que a inclusão destes gêneros dentro do clado Thuidiaceae em futuros estudos filogenéticos seja completamente plausível e necessária.

Historicamente a circunscrição de Thuidiaceae sempre foi bastante controversa devido ao seu parentesco conflitante com Leskeaceae. Este trabalho é o dos pesquisadores já citados (Gardiner et al. 2005; Ignatov et al. 2007; García-Avila et al. 2009 e Cox et al. 2010), comprovam que as famílias Thuidiaceae e Leskeaceae são geneticamente diferentes, não havendo argumentos filogenéticos e morfológicos para agrupar as duas dentro da mesma família. Além disso, Thuidiaceae é formada somente pelos representantes dos gêneros *Thuidium*, *Pelekium* e *Thuidiopsis*. Estudos futuros com representantes dos gêneros *Aequatoriella*, *Bryochenea*, *Indothuidium* e *Orthothuidium*, provavelmente devem confirmar estes gêneros como representantes de Thuidiaceae, corroborando a delimitação estabelecida por Touw (2001a) e denominada grupo “Thuidioideo” (*sensu* Touw 2001a).

Desta forma, é necessária a revisão dos sistemas de classificações atuais, com uma revisão a nível global de Thuidiaceae e Leskeaceae e a inclusão dos demais representantes do grupo “Thuidioideo” *sensu* Touw (2001a) em estudos futuros.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor, ao Laboratório de Biologia Molecular do Departamento de Botânica da Universidade de Brasília e a todos os pesquisadores envolvidos diretamente e indiretamente com a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- Beckert, S., S. Steinhauser, H. Muhle, & V. Knoop. 1999. A molecular phylogeny of bryophytes based on nucleotide sequences of the mitochondrial nad5 gene. *Plant Systematics and Evolution* 218: 179–192.
- Bell, N. E. & A. E. Newton. 2005. The paraphyly of Hypnodendron and the phylogeny of related non-hypnalaean pleurocarpous mosses inferred from chloroplast and mitochondrial sequence data. *Systematic Botany* 30: 34–51.
- Brotherus, V. F. 1908. Bryales. In A. Engler and K. Prantl (eds). *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, Leipzig: Engelmann. Part. I(3): 1153–1246.
- Brotherus, V. F. 1925. Musci (Laubmoose) 2. In A. Engler & K. Prantl (eds.). *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, Leipzig: Engelmann 11.
- Buck, W. R. & H. Crum. 1990. An evaluation of familial limits among the genera traditionally aligned with the Thuidiaceae and Leskeaceae. *Contributions of the University of Michigan Herbarium* 17: 55–69.
- Buck, W. R. & B. Goffinet. 2000. Morphology and classification of mosses. In A. J. Shaw & B. Goffinet (eds), Pp. 71–123. *Bryophyte Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Buck, W. R. & D. H. Vitt. 1986. Suggestions for a new familial classification of pleurocarpous mosses. *Taxon* 35: 21-60.
- Cox, C. J., B. Goffinet, N. J. Wickett, S. B. Boles & A. J. Shaw. 2010. Moss diversity: a molecular phylogenetic analysis of genera. *Phytotaxa* 9: 175–95.
- Crosby, M. R., R. E. Magill, B. Allen & S. B. Boles. 2004. *A Checklist of Mosses*. St. Louis: Missouri Botanical Garden.
- Darriba D, Taboada G. L, Doallo R, Posada D. 2012. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods* 9(8), 772.
- De Luna, E., A. E. Newton, D. Whitney, D. González & B. D. Mishler. 1999. The transition to pleurocarpy: a phylogenetic analysis of the main diplolepidous lineages based on rbcL sequences and morphology. *The Bryologist* 102: 634–650.
- De Luna, E., W. R. Buck, H. Akiyama, T. Arikawa, H. Tsubota, A. E. Newton & A. J. Shaw. 2000. Ordinal phylogeny within the hypnobryalean pleurocarpous mosses

- inferred from cladistic analyses of three chloroplast DNA sequence data sets: trnL-F, rps4 and rbcL. *The Bryologist* 103: 242–256.
- Doyle, J. J. & J. L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19: 11–15.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution* 39: 779–783.
- Fleischer, M. 1922. Thuidiaceae. *Die Musci der Flora von Buitenzorg*, 4: 1494–1533.
- García-Avila, D., E. De Luna & A. E. Newton. 2009. Phylogenetic relationships of the Thuidiaceae and the non-monophyly of the Thuidiaceae and the Leskeaceae based on rbcL, rps4 and the rps4-trnS intergenic spacer. *The Bryologist* 112(1): 80–93.
- Gardiner, A., M. Ignatov, S., Huttunen & A. Troitsky. 2005. On resurrection of the families Pseudoleskeaceae Schimp. and Pylaisiaceae Schimp. (Musci, Hypnales). *Taxon* 54(3): 651-663.
- Goffinet, B. & W. R. Buck. 2004. Systematics of Bryophyta (Mosses): from molecules to a revised classification. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 98: 205–239.
- Goffinet, B., W. R. Buck & A. J. Shaw. 2009. Morphology and classification of the Bryophyta. In J. Shaw & B. Goffinet (eds.), Pp. 55-138. *Bryophyte Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Goffinet, B., C. J. Cox, A. J. Shaw & T. A. J. Hedderson. 2001. The Bryophyta (mosses): Systematic and evolutionary inferences from rps4 gene (cp DNA) phylogeny. *Annals of Botany* 87: 191–208.
- Grout, A. J. 1932. *Leskea* and *Pseudoleskea*. pp. 185-196. In *Moss Flora of North America v. 3*. eds. A.J. Grout. Vermont: Newfane.
- Higgins, D. G. & P. M. Sharp. 1988. Clustal: A package for performing multiple sequence alignment on a micocomputer. *Gene* 73: 237–244.
- Ignatov, M. S., A. A. Gardiner, V. K. Bobrova, I. A. Milyutina, S. Huttunen & A. V. Troitsky. 2007. On the relationships of mosses of the order Hypnales, with special reference to taxa traditionally classified in the Leskeaceae. *The Systematics Association Special Volume* 71: 269–286.

- Kuzoff, R. K., J. A. Sweere, D. E. Soltis & E. A. Zimmer. 1998. The phylogenetic potential entire 26s rDNA sequence in plants. *Molecular Biology and Evolution* 15: 251-263.
- La-Farge-England, C. 1996. Growth form, branching pattern, and perichaetial position in mosses: cladocarpy and pleurocarpy redefined. *The Bryologist* 99: 170-186.
- Nadot, S., R. Bajon, & B. Lejeune. 1994. The chloroplast gene rps4 as a tool for the study of Poaceae phylogeny. *Plant Systematics and Evolution* 191: 27–38.
- Newton, A.E., C.J. Cox, J. G. Duckett, J. A. Wheeler, B. Goffinet, T. A. J. Hedderson, B. D. Mishler. 2000. Evolution of the Major Moss Lineages: Phylogenetic Analyses Based on Multiple Gene Sequence and Morphology. *The Bryologist* 103(2): 187-211.
- Newton, A.E., N. Wikstrom, N. Bell, L. L. Forrest, & M. S. Ignatov. 2007. Dating the diversification of the pleurocarpous mosses. *The Systematics Association Special Volume* 71: 337–66.
- Rambaut, A. 2009. FigTree, ver.1.3.1. Available: <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>.
- Ronquist, F. & J. P. Huelsenbeck. 2003. MRBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics* 19: 1572–1574.
- Schimper, W. P. 1876. *Synopsis muscorum europaeorum praemissa introductione de elementis bryologicis tractante*. Ed. 2. Stuttgart: E. Schweizerbart.
- Shaw, A. J. 2000. Phylogeny of the Sphagnopsida based on chloroplast and nuclear DNA sequences. *The Bryologist* 103: 277–306.
- Shaw, A.J. & Renzaglia K. 2004. Phylogeny and diversification of bryophytes. *American Journal of Botany* 91(10):1557.
- Stamatakis, A. 2014. “RAxML Version 8: A tool for Phylogenetic Analysis and Post-Analysis of Large Phylogenies”. In *Bioinformatics*.
- Swofford, D. L. 2002. PAUP*. *Phylogenetic analysis using parsimony (*and other methods)*. Version 4. Sunderland: Sinauer Associates.
- Touw, A. 2001a. A review of Thuidiaceae (Musci) and a realignment of taxa traditionally accommodated in *Thuidium* sensu amplo (*Thuidium* Schimp., *Thuidiopsis* (Broth.) M. Fleisch, and *Pelekium* Mitt.) including *Aequatoriella* gen. nov. and *Indothuidium* gen. nov. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 90: 167–209.

- Touw, A. 2001b. A Taxonomic Revision of the Thuidiaceae (Musci) of Tropical Asia, the Western Pacific, and Hawaii. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 91: 1-136.
- Tsubota, H., E. De Luna, D. González, M. S. Ignatov & H. Deguchi. 2004. Molecular phylogenetics and ordinal relationships based on analyses of a large-scale data set of 600 rbcL sequences of mosses. *Hikobia* 14: 149–170.

3. CAPÍTULO 2

A ser submetido para a revista The Bryologist

Novo arranjo taxonômico dos gêneros *Pelekium* e *Thuidiopsis* baseado em marcadores de mitocôndria, cloroplasto e núcleo e em evidências morfológicas.

Abel Eustáquio R. Soares¹ & Paulo E.A.S. Câmara¹

¹ *Universidade de Brasília, UnB, Depto. de Botânica. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, DF. Brazil*

Resumo

Os gêneros *Pelekium*, *Thuidium* e *Thuidiopsis* são típicos representantes da família Thuidiaceae e juntos formam um grupo monofilético fortemente suportado. Historicamente *Pelekium* e *Thuidiopsis* eram separados morfológicamente com base em sua sexualidade. Com o advento da biologia molecular diversos autores relataram a grande proximidade entre *Pelekium* e *Thuidiopsis*, com ambos se mostrando um grupo monofilético. Foram visitados os principais herbários do Brasil e do exterior com coleções significativas de Thuidiaceae. 26 espécies de Thuidiaceae e duas espécies de Hypnaceae foram selecionadas para as análises filogenéticas e morfológicas. O DNA genômico foi extraído do material fresco. Marcadores de três regiões diferentes do genoma foram utilizados (*rps4*, 26S e *nad5*). Análises de parcimônia, verossimilhança e bayesiana foram utilizadas para a reconstrução filogenética. Os gêneros *Pelekium* e *Thuidiopsis* formam um clado monofilético bem suportado. Os resultados aqui apresentados não suportam a atual divisão da família baseada em caracteres morfológicos. *Pelekium* e *Thuidiopsis* necessitam de uma nova circunscrição que está sendo apresentada neste estudo baseada em evidências filogenéticas e morfológicas.

Palavras Chaves: Thuidiaceae, monofilético, filogenia.

Introdução

Thuidiaceae é uma família de musgos pleurocárpicos que apresenta características morfológicas pouco comuns entre os pleurocárpicos, tais como paráfios papilosos e padrão de ramificação pinado. Durante sua história enfrentou diversos problemas de circunscrição, o que gerou diversas classificações e transferências de gêneros entre Thuidiaceae e Leskeaceae desde sua proposição (Schimper 1860). Para maiores detalhes da história taxonômica vide Soares & Câmara (capítulo 4).

Do ponto de vista morfológico e/ou filogenético, os gêneros *Pelekium* Mitt., *Thuidium* Brunch & Schimp. e *Thuidiopsis* (Broth.) M. Fleisch., são típicos representantes de Thuidiaceae e formam um grupo monofilético fortemente suportado (Touw 2001a, Buck & Crum 1990, Gardiner et al. 2005, Cox et al. 2010, García-Avila et al. 2009 & Soares & Câmara Capítulo 1).

Basicamente *Pelekium* e *Thuidiopsis* eram separados morfológicamente com base em sua sexualidade (monóicas X dióicas) (Buck & Crum 1990, Touw 2001a). Ambas compartilham características importantes tais como paráfio simples e pêlos axilares com uma simples célula distal, que são diferentes das características encontradas nos representantes de *Thuidium*. *Pelekium* e *Thuidiopsis* inicialmente eram tratadas dentro de *Thuidium* e somente a partir dos trabalhos de Brotherus (1908) e Fleischer (1922) foram elevadas ao status de gênero.

Com o advento da biologia molecular alguns autores (Cox et al. 2010 e García-Avila et al. 2009) relataram a grande proximidade entre *Pelekium* e *Thuidiopsis*, onde ambos têm se mostrado um grupo monofilético altamente similar em termos genéticos. Cox et al. (2010) já tinha fornecido evidências da grande proximidade entre *Pelekium* e *Thuidiopsis*, cujo resultados demonstraram que ambos os gêneros eram grupos irmãos e estavam muito mais próximos geneticamente entre si do que de *Thuidium*. Os autores utilizaram poucos representantes dos gêneros *Pelekium*, *Thuidium* e *Thuidiopsis*, e por isso seus resultados não favorecem um entendimento mais amplo da proximidade entre *Pelekium* e *Thuidiopsis*.

García-Avila et al. (2009) também demonstraram a grande proximidade entre *Pelekium* e *Thuidiopsis*, pois foi observada a formação de um grupo

monofilético bem suportado formado pelas espécies *Pelekium velatum* Mitt., *Thuidiopsis sparsa* (Hook. f. & Wilson) Broth., *Aequatoriella bifaria* (Bosch & Sande Lac.) Touw. e *Thuidium plumulosum* (Dozy & Molk.) Dozy & Molk., com as duas últimas formando o grupo irmão e basal de *Pelekium* e *Thuidiopsis*, portanto corroborando o forte parentesco genético entre *Pelekium* e *Thuidiopsis*. Neste mesmo estudo as outras três espécies de *Thuidium* utilizadas (*T. delicatulum* (Hedw.) Schimp., *T. cymbifolium* (Dozy & Molk.) Dozy & Molk. e *T. tamariscinum* (Hedw.) Schimp.) formaram um clado basal ao mencionado anteriormente.

Fortes evidências filogenéticas confirmando a grande proximidade entre *Pelekium* e *Thuidiopsis* também foram fornecidas nos estudos de Soares & Câmara (Capítulo 1). Nas análises realizadas com diversos representantes de Thuidiaceae, Leskeaceae e algumas famílias cujos gêneros já foram classificados dentro de Thuidiaceae em sistemas de classificações antigos, demonstraram mais uma vez a proximidade filogenética entre ambos. Neste estudo observa-se a formação de um clado fortemente suportado formado por *Pelekium minutulum* (Hedw.) Touw., *Thuidiopsis sparsa* e *Thuidiopsis furfurosa* (Hook. f. & Wilson) M. Fleisch. Este clado é basal ao clado formado por todos os outros representantes de *Pelekium* utilizados no estudo e ambos foram considerados um grupo monofilético.

O gênero *Pelekium* possui distribuição predominante nos trópicos da África, Américas, Eurásia, Pacífico e Austrália, mas também está presente em regiões extratropicais da Europa, Leste da Ásia, Américas, Macaronésia e África do Sul (Touw 2001a). Possui aproximadamente 20 espécies bem conhecidas, formando dois grupos distintos (sem status taxonômico formal) que podem ser divididos com base no ápice do filídio do caulídio e da ornamentação da seta (Touw 2001a). Caracterizam-se por seu tamanho diminuto (quando comparadas a *Thuidium*); paráfilo simples, não ramificados; pêlos axilares com uma simples célula distal e filídios com células pluripapilosas ou unipapilosas em ambas as faces.

Thuidiopsis consiste em um pequeno gênero com duas espécies muito similares (Touw 2001a). São caracterizadas por serem espécies de tamanho mediano; paráfilo simples e não ramificado; filídio do caulídio cordado, ápice

acuminado, frequentemente falcado; células unipapilosas e pluripapilosas em ambas as faces do filídio. Ocorrem na América do Sul, Austrália, Nova Zelândia, algumas ilhas no sul do Pacífico e no Sul da Malásia. *Thuidiopsis* cresce em ambientes úmidos e secos, florestais ou abertos, sobre troncos vivos ou em decomposição, solos e rochas.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é testar a monofilia dos gêneros *Pelekium* e *Thuidium*, apresentando uma filogenia centrada nos principais gêneros e típicos representantes de Thuidiaceae (*Pelekium*, *Thuidium* e *Thuidiopsis*), com o uso de marcadores moleculares provenientes de diferentes regiões do genoma (cloroplasto, mitocôndria e núcleo), resolvendo o parentesco entre estes gêneros.

Material e Métodos

Foram visitados os principais herbários do Brasil e do exterior com coleções significativas de Thuidiaceae: BM, INPA, NY, MO, R, RB, SP e UB, além da solicitação de empréstimo para instituições nacionais e internacionais: ALCB, BHCB, CEN, E, G, H, HEPH, IBGE, JE, L, M, MAK, MG, PACA, PC, PH, UFPE, S, UFG, US e W. Foram realizadas coletas em 11 Estados brasileiros: AM, BA, ES, GO, MA, MG, MT, RJ, RR, SC, SP e DF. As coletas se concentraram em áreas com vegetação florestal no Cerrado, Amazônia e Mata Atlântica. Ao final foram estudadas 2.650 exsiccatas de Thuidiaceae e o material tipo de 60 táxons.

Foram selecionadas 26 espécies de Thuidiaceae e duas espécies de Hypnaceae (*Ectropothecium* Mitt. e *Vesicularia* (Müll. Hal.) Müll. Hal.) como grupo externo (Tab. 2). A escolha do grupo externo (*outgroup*) se baseou no trabalho de Cox et al. (2010). As espécies foram selecionadas para refletirem a variação morfológica e geográfica do grupo.

O DNA genômico foi extraído do material fresco e do material proveniente dos herbários quando disponível, viável e autorizado, utilizando as dependências do Laboratório de Biologia Molecular de Plantas do Departamento de Botânica da Universidade de Brasília.

O DNA foi obtido utilizando o protocolo mini-CTAB (Doyle & Doyle 1987). Foram utilizados marcadores de três regiões diferentes do genoma (Tabela 1). Para o cloroplasto foi utilizada a proteína ribossomal 4 (rps4); para o genoma mitocondrial foi utilizado a desidrogenase subunidade 5 (nad5) e para o genoma nuclear foi utilizado sequência parcial do DNA ribossomal 26s. Também foram utilizadas sequências disponíveis no GenBank – NCBI quando as sequências obtidas não eram de qualidade aceitável e para aumentar a matriz de dados.

O nad5 foi amplificado em dois fragmentos sobrepostos: nad5K – nad5Li e nad5Ki - nad5Le (Bell & Newton 2005).

Tabela 1: Primers e temperaturas de anelamento utilizados no estudo.

Marcador	Referência	Temperatura de anelamento C°
rps4 F	Nadot et al. 1994	51-54
rps4 R	Nadot et al. 1994	51-54
nad5K	Beckert et al. 1999	52-54
nad5Li	Beckert et al. 1999	52-54
nad5Ki	Beckert et al. 1999	58-60
nad5Le	Beckert et al. 1999	58-60
26s R – LSOF	Shaw 2000	50-52
26s F – LS12R	Shaw 2000	50-52

A tabela 2 lista todos os táxons utilizados neste estudo, com o respectivo voucher de todas as espécies, bem como o número de acesso no GenBank.

Tabela 2: Táxons utilizados no estudo, localidade de coleta, coletor e número de coleta, herbário onde está depositado e número de acesso no GenBank. * Sequências do GenBank.

Espécie	Voucher	Origem	GenBank		
			RPS4	26S	NAD5
<i>Ectropothecium leptochaeton</i> (Schwägr.) W.R. Buck *	Whittemore 5594 (MO)	Belize	AY908558.1	HM751405.1	AY908405.1
<i>Pelekium gratum</i> (P. Beauv.) Touw	Kien-Thai 8203 (KLU)	Malásia			
<i>Pelekium involvens</i> (Hedw.) Touw	Costa 3982 (RB)	Brasil			
<i>Pelekium minutulum</i> (Hedw.) Touw	Soares 1131 (UB)	Brasil			
<i>Pelekium muricatum</i> (Hampe) Touw	Yano 32078 (SP)	Brasil			
<i>Pelekium pygmaeum</i> (Schimp.) Touw	Allen 27411 (MO)	USA			
<i>Pelekium scabrosulum</i> (Mitt.) Touw	Soares 1196 (UB)	Brasil			
<i>Pelekium schistocalyx</i> (Müll. Hal.) Touw	Rivera s.n. (UB)	Brasil			
<i>Pelekium siphotheca</i> (Müll. Hal.) Touw	Câmara 2370 (UB)	Brasil			
<i>Pelekium velatum</i> Mitt.	Kien-Thai 8190 (KLU)	Malásia			
<i>Pelekium versicolor</i> (Hornsch. ex Müll. Hal.) Touw	He 36440 (MO)	Taiwan			
<i>Thuidiopsis furfurosa</i> (Hook. f. & Wilson) M. Fleisch.	Ireland 31235 (MO)	Chile			
<i>Thuidiopsis sparsa</i> (Hook. f. & Wilson) Broth.	Wasum 4590 (SP)	Brasil			
<i>Thuidium assimile</i> (Mitt.) A. Jaeger	Pisarenko 67 (MO)	Sibéria			
<i>Thuidium cymbifolium</i> (Dozy & Molk.) Dozy & Molk.	Jia 9714 (MO)	China			
<i>Thuidium delicatulum</i> (Hedw.) Schimp.	Buck 51893 (NY)	USA			

Espécie	Voucher	Origem	GenBank		
			RPS4	26S	NAD5
<i>Thuidium glaucinoides</i> Broth.	Shevock 32330 (MO)	China			
<i>Thuidium mattogrossense</i> Broth.	Soares 1821 (UB)	Brasil			
<i>Thuidium peruvianum</i> Mitt.	Villaroel 1911 (MO)	Bolívia			
<i>Thuidium philibertii</i> 1 Limpr.	Ignatov 171 (MO)	Rússia			
<i>Thuidium philibertii</i> 2 Limpr.	Soares 1790 (UB)	Brasil			
<i>Thuidium pristocalyx</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger	He 36401 (MO)	Taiwan			
<i>Thuidium bifidum</i> Soares A.E.R. & Câmara, P.E.A.S	Oliveira 250 (UFP)	Brasil			
<i>Thuidium tamariscinum</i> (Hedw.) Schimp.	Kurbatova 246 (MO)	Rússia			
<i>Thuidium tomentosum</i> Schimp.	Soares 1482 (UB)	Brasil			
<i>Thuidium recognitumi</i> (Hedw.) Lindb.	Allen 29238 (MO)	USA			
<i>Vesicularia vesicularis</i> (Schwägr.) Broth. *	Newton 4552	-	AY908559.1	HQ443934.1	AY908406.1

A amplificação foi feita utilizando-se a técnica de reação em cadeia da polimerase (PCR), utilizando um volume final de 20 μ l, sendo 2 μ l de “thermophilic” tampão, 0,8 μ l de 50mM MgCl₂, 0,4 μ l Taq (Promega), 1,5 μ l BSA (10 mg/ml), 3,2 μ l 1mM dNTP, 1 μ l de cada primer (10mM), 3 μ l de DNA, completados com 7,1 μ l de água Milli-q. O DNA genômico utilizado foi diluído na proporção de 1:10 antes do uso. As condições de amplificação foram as seguintes para todos os primers, com diferenças apenas nas temperaturas de anelamento (Tab. 1) de acordo com a especificidade de cada primer e espécie: 94°C – 1min (desnaturação), 50-60°C – 1min (anelamento), 72°C – 1min, repetidos durante 35 ciclos, sempre precedidos de um passo inicial de 2 minutos a 94°C e uma extensão final de 7 minutos a 72°C.

A limpeza da reação de PCR e o sequenciamento (sem clonagem) foram terceirizados e realizados pela MACROGEN Inc. (Seoul, Korea). A montagem das sequências (Contigs) foi feita utilizando o software CodonCode Aligner (versão 4.2.7; CodonCode Corporation, MA, USA). Todas as sequências serão submetidas ao GenBank (Tab. 2).

Inicialmente o alinhamento foi realizado de forma automática utilizando o software ClustalX (Higgins & Sharp 1988), e então ajustados e checados manualmente utilizando o software Phyde (versão 0.9971; Phylogenetic Data Editor).

A análise dos dados e a reconstrução filogenética foram feitas por meio dos critérios da parcimônia, verossimilhança e análise bayesiana.

Para a análise de máxima parcimônia foi utilizado o software PAUP versão 4.0b10 para Macintosh (Swofford 2002). Busca heurística foi realizada com 100 replicações randômicas e TBR (tree-bisection reconnection) com no máximo 10.000 árvores. Todos os caracteres foram desordenados e igualmente ponderados, *gaps* foram tratados como ausência de dados. O bootstrap foi calculado como parâmetro de suporte para os clados (Felsenstein 1985), com 1.000 replicações. Valores de bootstrap superiores a 75 são considerados confiáveis e aceitáveis.

As análises de Verossimilhança foram realizadas no software RaxML. (Stamatakis 2014). O modelo de evolução ideal para cada *locus* foi calculado utilizando o software jModeltest 2.1.3 (Darriba et al. 2012). O suporte para os clados foi calculado utilizando bootstrap (Felsenstein 1985), com 1.000 replicações.

As inferências Bayesianas foram feitas no software Mr. Bayes v.3.2.2 (Ronquist & Huelsenbeck 2003). O modelo de evolução ideal para cada *locus* foi calculado

utilizando o software jModeltest 2.1.3 (Darriba et al. 2012). Quatro corridas, cada uma com quatro cadeias MCMC (*Markov Chain Monte Carlo Chain*) foram executadas para 5.000.000 gerações, amostradas a cada 1.000 gerações, em corridas paralelas. O suporte para os nós foi calculado por meio das probabilidades posteriores. Os valores das probabilidades posteriores variam entre 0 e 1, sendo que valores abaixo de 0,95 foram considerados não confiáveis. O software Tracer 1.5 (Rambaut & Drummond 2013) foi utilizado para determinar quando a amostragem das árvores estava estabilizada. Os primeiros 25% das árvores foram descartados (*burn-in*). Uma árvore de consenso foi construída a partir das demais árvores resultantes para estimar as probabilidades posteriores.

As árvores obtidas foram editadas utilizando o software FigTree 1.4.2 (Rambaut 2009).

Para cada método de reconstrução filogenética (parcimônia, verossimilhança e bayesiana) foram utilizadas uma matriz de dados individual para cada marcador. Como não houve incongruências uma matriz concatenada com os três marcadores (rps4 + 26s + nad5) também foi utilizada.

Foram selecionados táxons para representar os gêneros *Pelekium*, *Thuidium* e *Thuidiopsis* em sua amplitude morfológica e geográfica nos estudos morfológicos realizados. As espécies foram estudadas utilizando-se de microscópio óptico e microscópio eletrônico de varredura. Microfotografias foram feitas utilizando o microscópio Leica DM-500 acoplado a câmera digital. O material utilizado nos estudos de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram os caulídios e paráfílos. Foram utilizados os laboratórios de microscopia eletrônica de varredura da Universidade de Brasília (UnB) e do Jardim Botânico de Nova Iorque (NYBG). As amostras foram preparadas de acordo com os protocolos de Bozzola & Russel (1998) e descritos em Câmara & Kellogg (2010). O material foi desidratado em série alcoólica iniciada em 50% e finalizada a 100%, com as trocas a cada 2 horas. Após a desidratação em série alcoólica, as amostras foram submetidas a secagem em ponto crítico utilizando os equipamentos Denton DCP-1 dryer (Denton Vacuum LLC, Moorestown, NJ USA) e Bal-Tec CPD 030 dryer (Bal-Tec AG, Balzers, Liechtenstein), com CO₂ líquido como fluido de transição. Após a secagem as amostras foram montadas em stubs e metalizadas com ouro-paládio utilizando os equipamentos Hummer 6.2 (Anatech, Union City, CA, USA) e Bal-Tec SCD 050 (Bal-Tec AG). A seguir as

amostras foram visualizadas no microscópio eletrônico de varredura JSM-840 ASM e JSM-5410 LV (JEOL, Tokyo, Japan).

Resultados

O alinhamento das 27 sequências geradas resultou em uma matriz compartilhada (rps4 + 26s + nad5) com 3.147 caracteres, sendo 2.893 constantes, 163 variáveis e 141 informativos. Dentre todas as árvores obtidas individualmente para cada marcador e para a análise compartilhada (rps4 + 26s + nad5), os resultados provenientes da análise compartilhada obtiveram os valores mais elevados de índice de confiança (bootstrap e probabilidades posteriores) e a topologia da árvore foi a mais consistente.

Todas as árvores obtidas individualmente para cada marcador apresentaram a mesma topologia, diferindo somente no grau de resolução dos nós, demonstrando a consistência dos dados e das análises realizadas. Os poucos conflitos observados na topologia referem-se aos agrupamentos com baixo valor de suporte e as politomias. Como não houve incongruência nas análises individuais para cada marcador, as matrizes foram concatenadas para a obtenção de uma matriz única e mais robusta, que também apresentou a mesma topologia das matrizes individuais.

A tabela 3 apresenta as características individuais de cada marcador utilizado no estudo, bem como as características da matriz compartilhada.

Tabela 3: Estatísticas individuais para cada marcador utilizado e da análise compartilhada. CI= índice de consistência; RI= índice de retenção.

	RPS4	26s	NAD5	RPS4 +26s+NAD5
Taxas Incluídos	27	27	27	27
Tamanho da Matriz	676	1073	1398	3147
Caracteres Constantes	571	1007	1315	2893
Sítios Variáveis	78	64	98	163
Parcimônia Informativos	67	43	31	141
N. de Árvores	10000	10000	10000	10000
Comp. da Árvore	186	88	95	451
CI	0.661	0.818	0.884	0.736

	RPS4	26s	NAD5	RPS4 +26s+NAD5
RI	0.773	0.872	0.864	0.754
Modelo de Evolução	TVM+I+G	TIM1+I+G	TPM1uf+G	TPM1uf+I+G
Log. likelihood	-17,089.346	-6,455.876	-52,870.008	-86,655.541

Os gêneros *Pelekium* e *Thuidiopsis* formam um clado monofilético bem suportado (77 parcimônia, 85 verossimilhança e 1 bayesiana), o que sugere a grande proximidade entre estes dois gêneros e a necessidade de uma nova circunscrição.

Foi observada a formação de dois cladogramas monofiléticos (Fig. 1) divididos da seguinte forma: Clado *Thuidium* - composto por todos os representantes de *Thuidium*, com *T. delicatulum* e *T. recognitum* com grupo basal e Clado *Pelekium* - formado por todos os representantes de *Pelekium* e *Thuidiopsis*.

Analisando a topologia da árvore e seus cladogramas, foi possível estabelecer uma correlação de agrupamentos (morfológico e genético) de táxons dentro do clado com base na morfologia dos paráfios (Fig. 2). Dentro do clado *Pelekium* todas as espécies possuem paráfio simples, não ramificado, formado por 2-10 células, distribuído de forma abundante ou escassa nos caulídios. No clado *Thuidium*, todas as espécies possuem paráfios ramificados, formados por 10-40 células, distribuídos de forma abundante no caulídio.

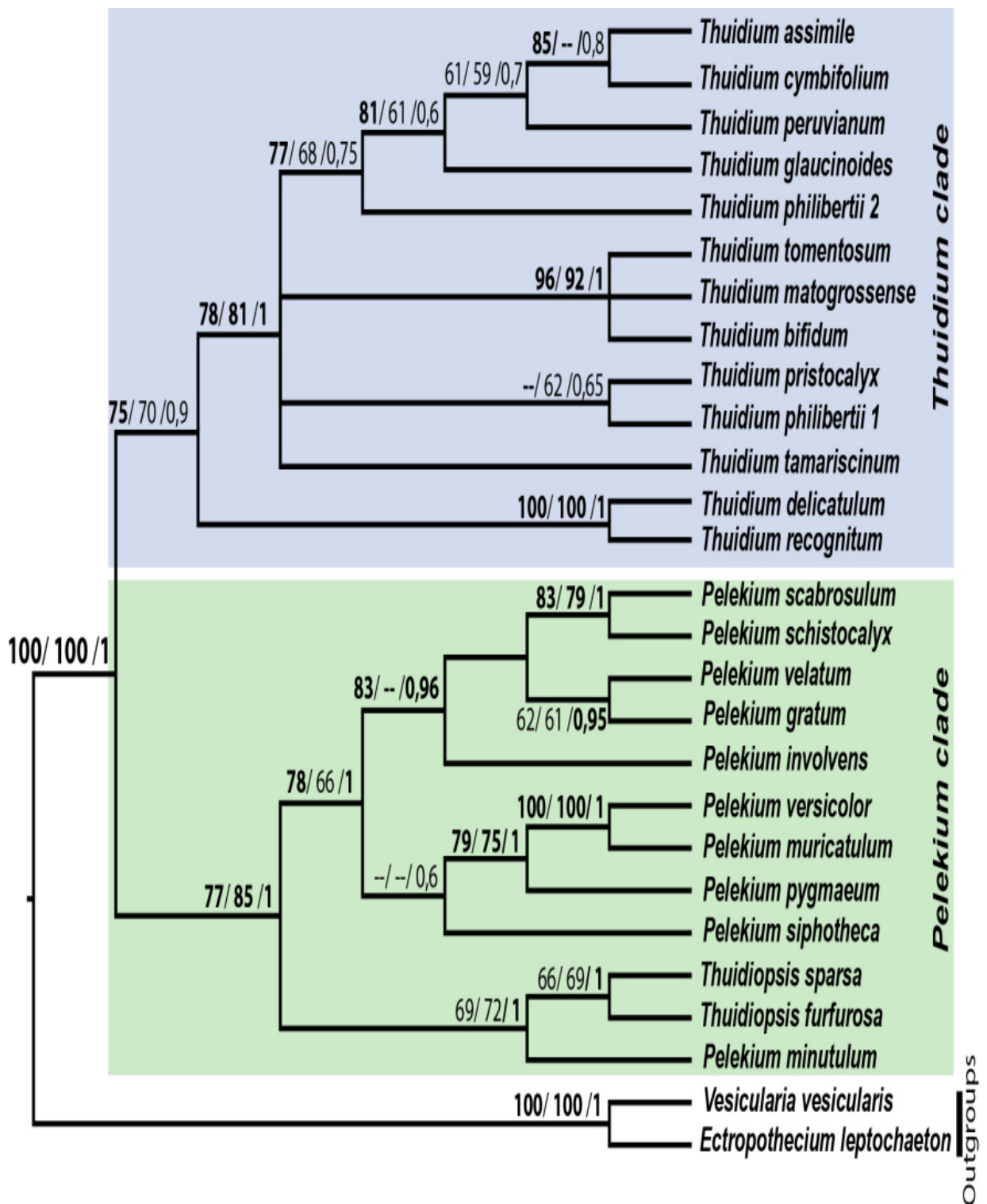


Figura 1: Cladograma de consenso obtido por análise bayesiana com a matriz combinada (rps4+26s+nad5). Os valores sobre os ramos correspondem aos valores de bootstrap de parcimônia, verossimilhança e probabilidades posteriores da análise Bayesiana respectivamente. Valores abaixo de 50% para bootstrap e 0,5 para probabilidades posteriores foram descartados no cladograma.

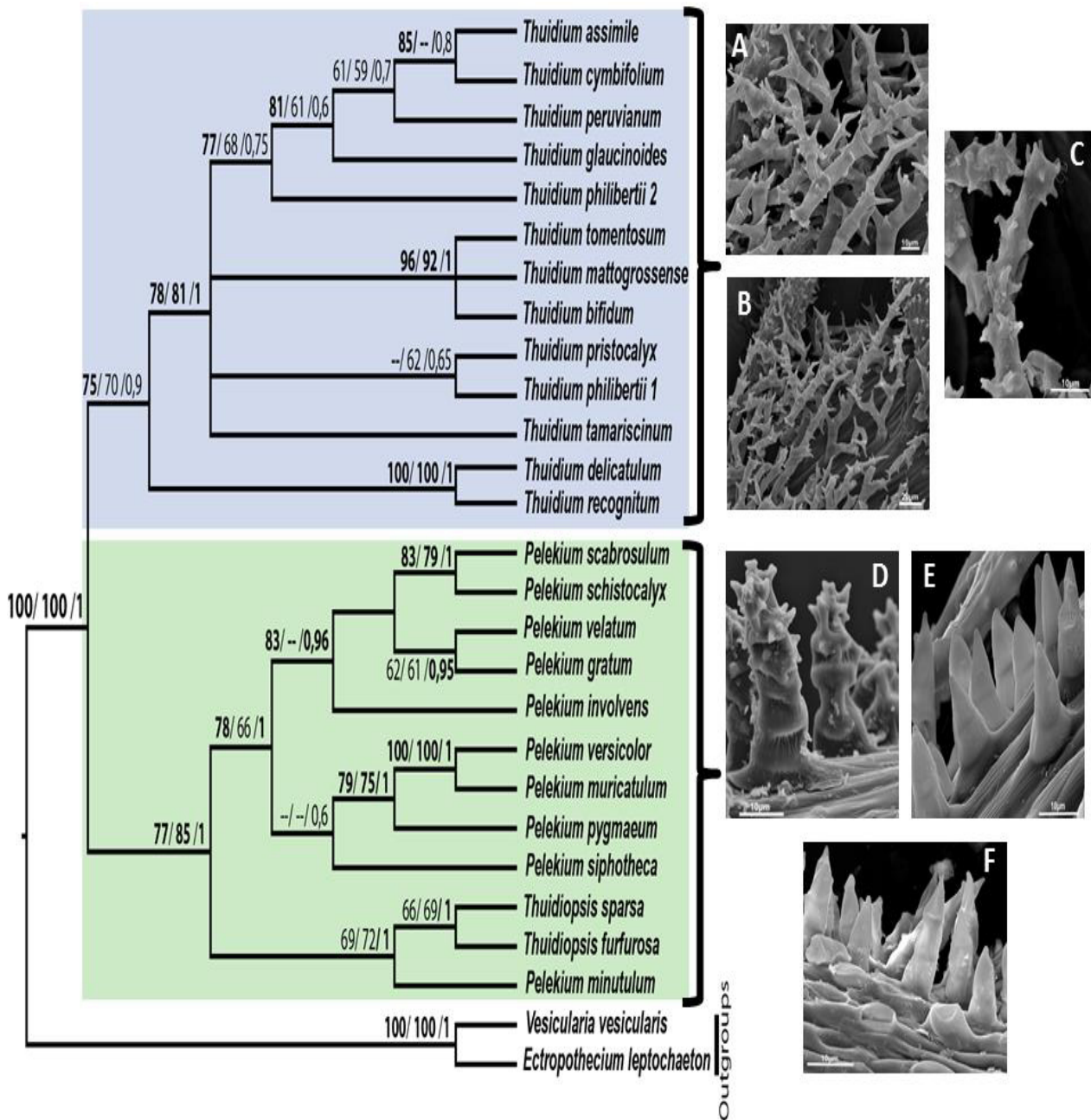


Figura 2: Cladograma (bayesiana) obtido com a matriz combinada (rps4+26s+nad5). Os valores sobre os ramos correspondem aos valores de bootstrap de parcimônia e verossimilhança, e probabilidades posteriores da análise Bayesiana. A, B e C = Paráfilo ramificado típico do gênero *Thuidium*. D, E e F = Paráfilo simples típico de *Thuidiopsis* e *Pelekium*.

Discussão

A monofilia do gênero *Pelekium* só pode ser confirmada com a inclusão de *Thuidiopsis* que está aninhado dentro do clado *Pelekium*. Este agrupamento possui valores de suporte (parcimônia e probabilidades posteriores) elevados, demonstrando a robustez, a similaridade genética e morfológica deste agrupamento. A proximidade de *Thuidiopsis* e *Pelekium* observada aqui e nos trabalhos de García-Avila et al. (2009) e Cox et al. (2010), sugere um forte parentesco entre estes dois gêneros.

Os resultados aqui apresentados não suportam a atual divisão da família (Touw 2001a). *Pelekium* e *Thuidiopsis* necessitam de uma nova combinação transferindo as espécies de *Thuidiopsis* (*T. furfurosa* e *T. sparsa*) para dentro do *Pelekium*, conforme proposto neste estudo baseado em características filogenéticas e morfológicas. *Pelekium* tem a preferência por ser o nome mais antigo em relação a *Thuidiopsis*.

Thuidiopsis se assemelha bastante a *Pelekium*, tanto na morfologia dos paráfios (Fig. 3 a 6), quanto na forma das papilas dos filídios (Fig. 9 a 12). *Thuidiopsis* e *Pelekium* possuem paráfios não ramificados, pequenos, constituídos de 2 a 10 células (Fig. 3 a 6), enquanto *Thuidium* possui paráfios ramificados, geralmente grandes e robustos, constituídos de 10 a 40 células (Fig. 7 e Fig. 8). Além disso, *Thuidiopsis* e *Pelekium* possuem papilas tanto na face abaxial quanto na face adaxial do filídio, enquanto *Thuidium* possui papilas apenas na face abaxial.

Também podemos destacar a morfologia das papilas que são bastante semelhantes nas espécies de *Thuidiopsis* e *Pelekium*. Nas espécies com células pluripapilosas as papilas estão dispostas na periferia no lúmen celular (Fig. 11 e Fig. 12), ao passo que em *Thuidium* as papilas estão localizadas no centro do lúmen celular (Fig. 15 e Fig. 16). Além disso, nas espécies unipapilosas de *Pelekium* e *Thuidiopsis*, as papilas são pequenas, baixas e geralmente inconspícuas (Fig. 9 e Fig. 10), enquanto em *Thuidium* nas espécies unipapilosas que representam a grande maioria dos táxons do gênero, as papilas geralmente são grandes, altas a medianas, frequentemente encurvadas, conspícuas e vistosas (Fig. 13 e Fig. 14). Do mesmo modo, representantes de *Thuidiopsis* e *Pelekium* apresentam gametófito pequeno e 1-2-pinado, enquanto *Thuidium* possui um gametófito grande, robusto e 2-3-pinado.

Desde Fleischer (1922) e Brotherus (1925) estes gêneros eram separados com base em características de sua sexualidade (monóicas x dióicas). Estas características nem sempre estão presentes, o que dificulta e limita a delimitação destes grupos. As

espécies de *Thuidiopsis* (dióicas) dificilmente exibem estruturas reprodutivas, tendo em vista sua preferência pela reprodução vegetativa, que é a principal forma de reprodução deste gênero (Touw 2001).

A utilização do tipo de paráfio para a separação morfológica dos dois clados aqui apresentados, juntamente com o padrão de papila, disposição das papilas nas faces adaxial e abaxial dos filídios, bem como o padrão dos pêlos axilares, parece ser mais adequado para a delimitação e separação deste dois clados, tendo em vista os recentes resultados dos estudos filogenéticos realizados nos últimos anos por diversos pesquisadores (García-Avila et al. 2009, Cox et al. 2010, Soares & Câmara Capítulo 1) e das evidências morfológicas apresentadas no presente estudo.

Desta forma, podemos definir como características morfológicas distintivas para a nova combinação e para o clado *Pelekium*: plantas com paráfilos simples, pequenos, constituídos de 2 a 10 células, papilosos; pêlos axilares com uma simples célula distal, papilas nas espécies pluripapilosas localizados na periferia do lúmen celular e filídios com papilas na face abaxial e adaxial.

Novas Combinações

Pelekium furfurosum (Hook. f. & Wilson) Soares, A.E.R. & Câmara, P.E.A.S, *comb. nov.* – *Hypnum furfurosum* Hook. f. & Wilson, Fl. Nov.-Zel. 2: 10, 88 f. 7. 1854 – *Thuidium furfurosum* (Hook. f. & Wilson) Reichardt, Reise Novara 1(3): 187. 1870. Tipo: New Zeland, Bay of Islands, near the sea, at dry roots of *Metrosideros truncate*, 8. 1841, *J.D, Hooker 390* (Lectotipo: BM!). Lectotipificada por Touw & Falter-Van den Haak (1989).

Pelekium sparsum (Hook. f. & Wilson) Soares, A.E.R. & Câmara, P.E.A.S. *comb. nov.* - *Hypnum sparsum* Hook. f. & Wilson, Fl. Nov.-Zel. 2: 109, 89 f. 5. 1854. - *Thuidiopsis sparsa* (Hook. f. & Wilson) Broth., Nat. Pflanzenfam. (ed. 2) 11: 323. 1925. Tipo: New Zealand, North Island: Wangarei, *J. Bolton s.n.* (holotype: BM!, isotype: NY!).

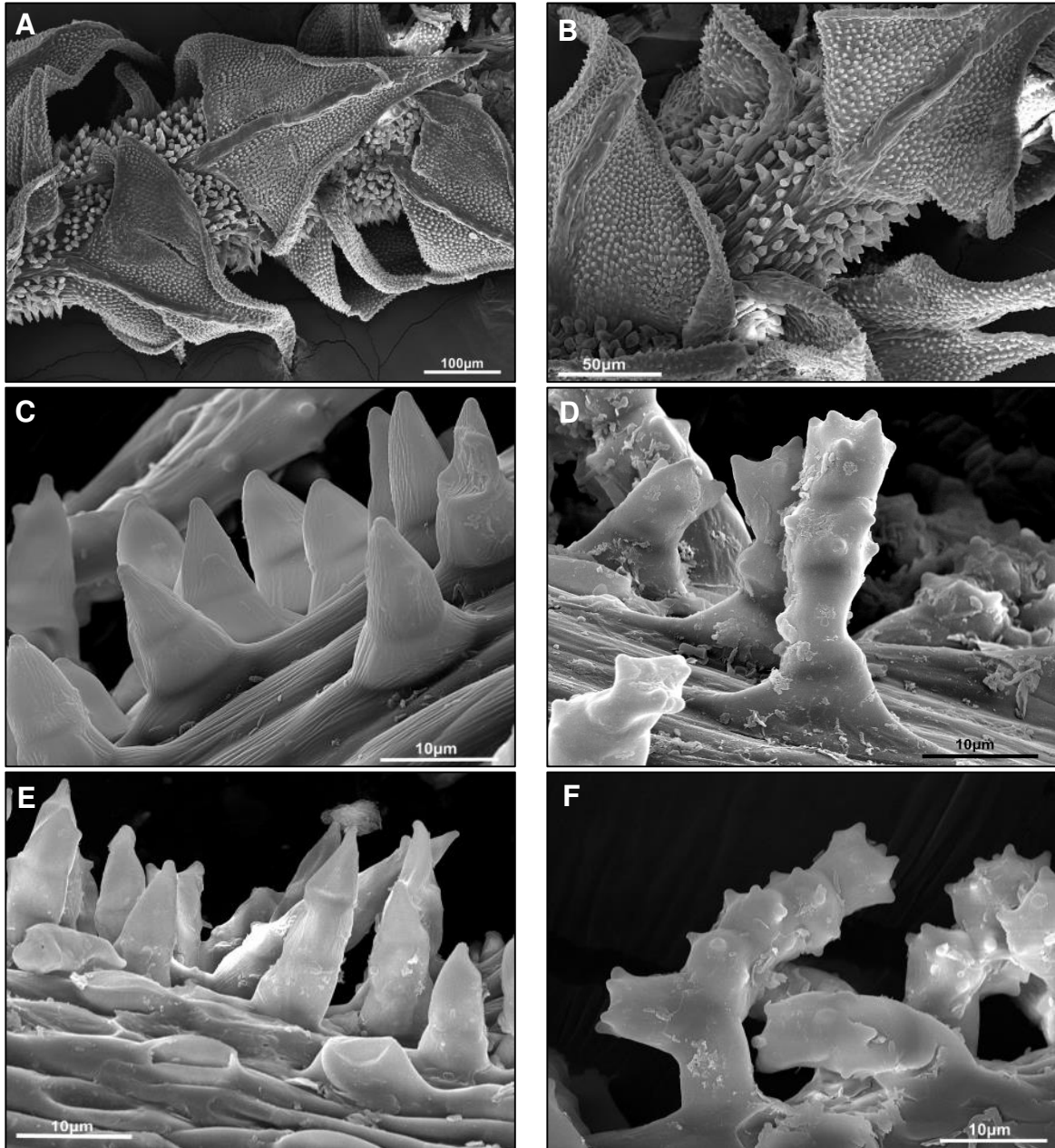


Figura 3: Paráfalo simples em *Pelekium*. A e B = visão geral do caulídio e paráfalos em *Pelekium siphotheca*. C e E = Paráfalo com ápice agudo em *Pelekium siphotheca*. D e F = Paráfalo com ápice truncado em *Pelekium scabrosulum*.

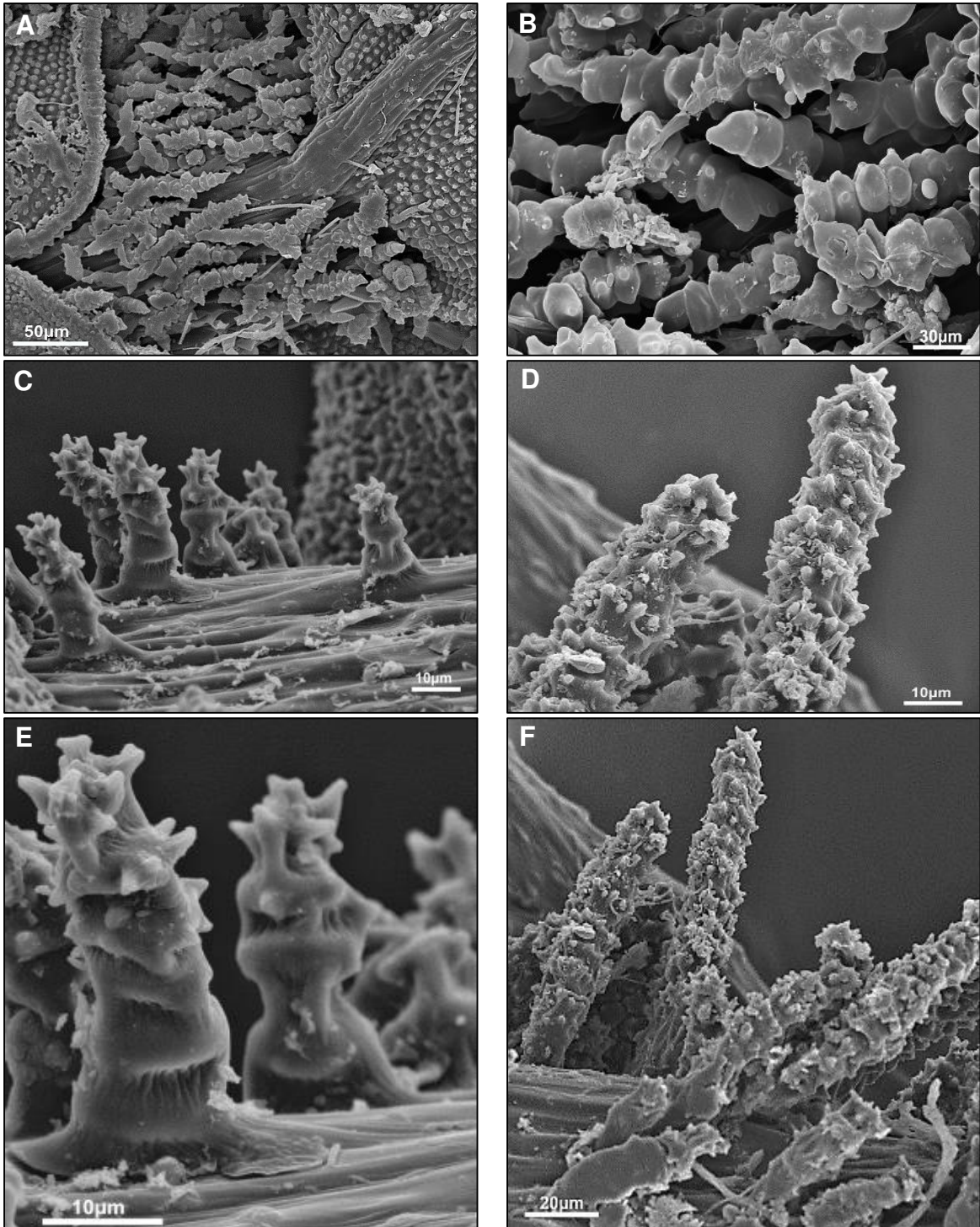


Figura 4: Paráfilo simples em *Thuidiopsis*. A = visão geral do caulídio e paráfílos em *Thuidiopsis furfurosa*. B = Paráfílos em *Thuidiopsis furfurosa*. C, D, E e F = Paráfilo simples em *Thuidiopsis sparsa*.

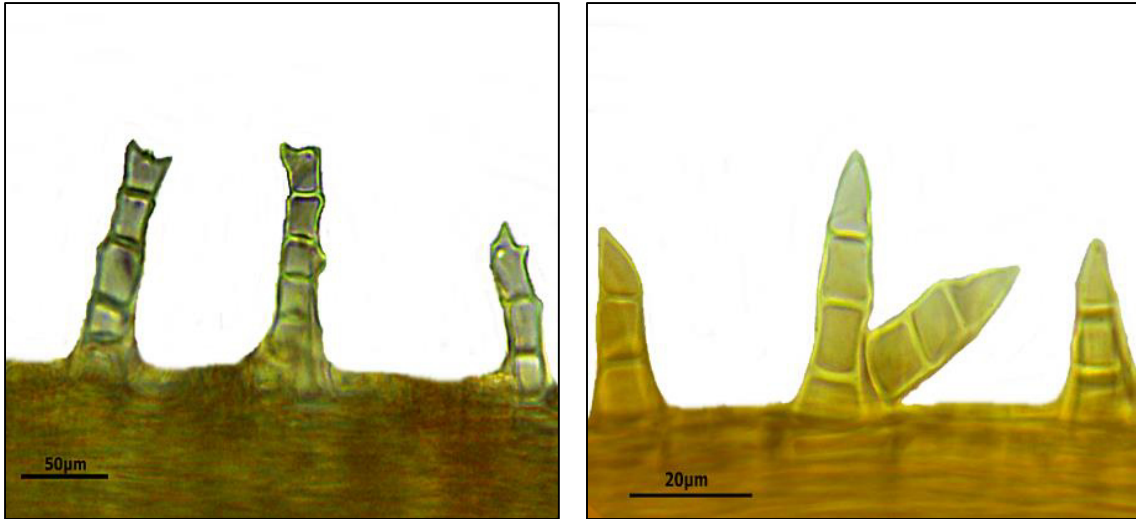


Figura 5: Paráfilo simples, não ramificado típico do gênero do *Pelekium*.

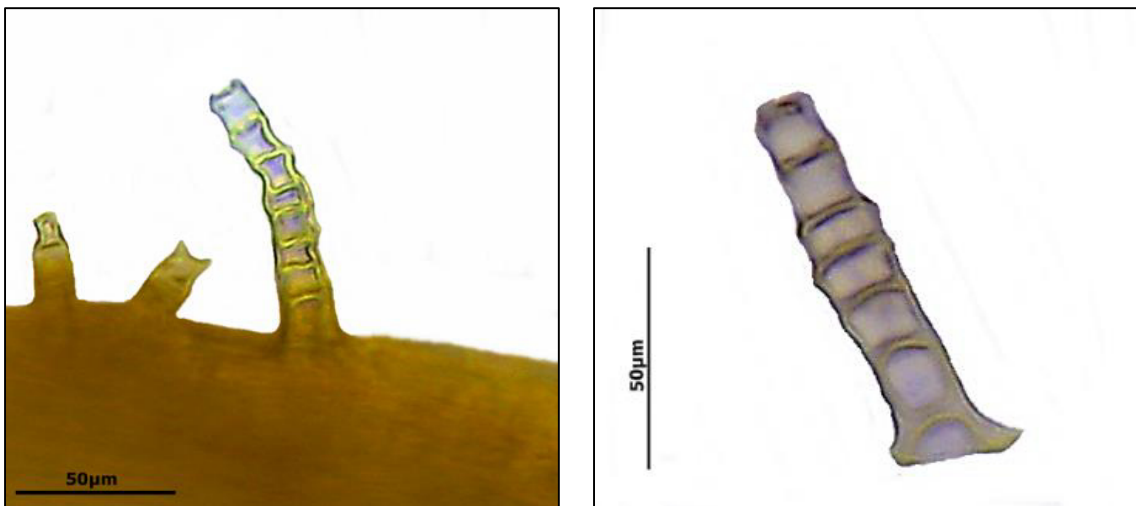


Figura 6: Paráfilo simples, não ramificado típico do gênero *Thuidiopsis*.

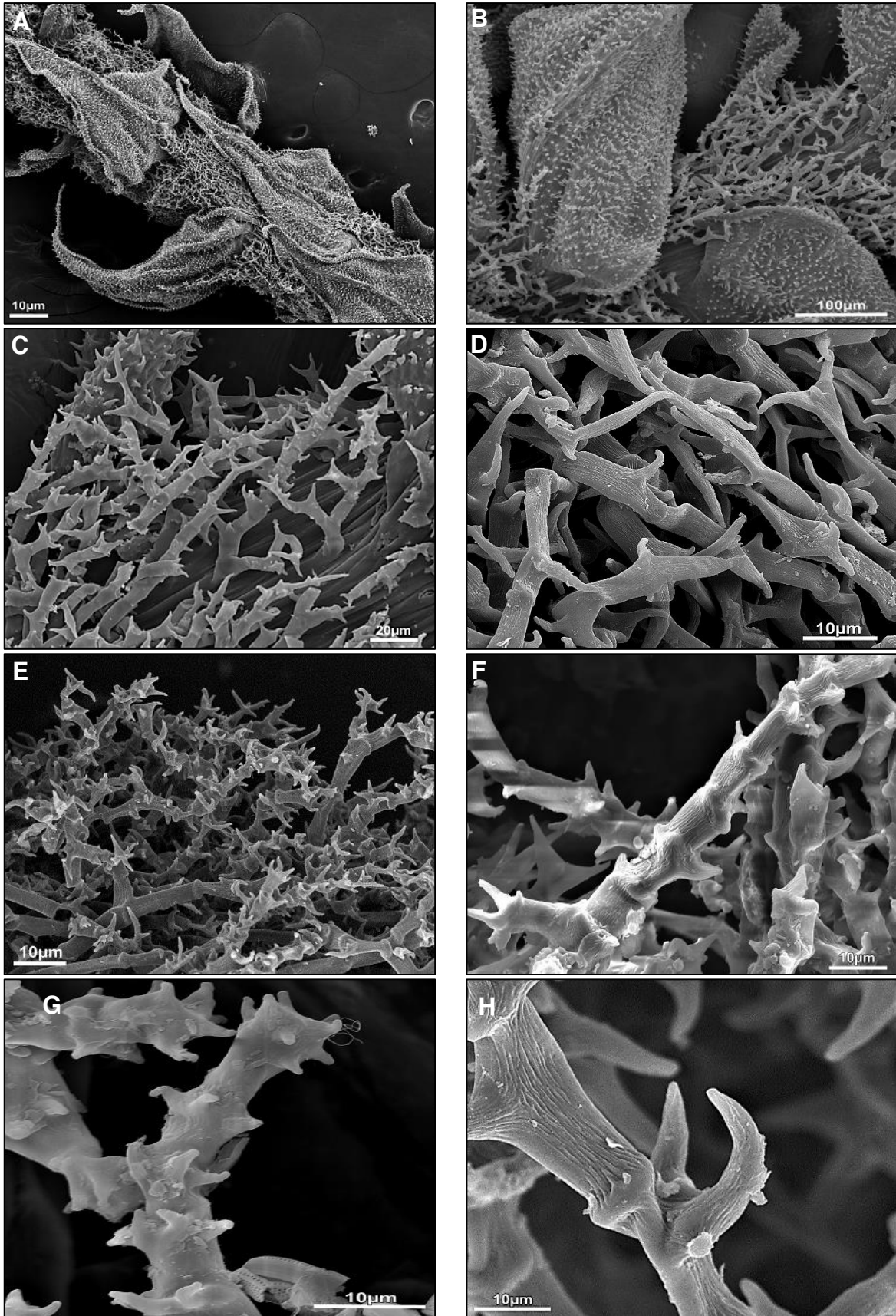


Figura 7: Paráfilo ramificado em *Thuidium*. A e B = Caulídio e paráfílos em *Thuidium brasiliense*. C e D = *T. delicatulum*. E e F = *T. brasiliense*. G = Paráfilos com papilas em *T. pseudoprotensum*. H = Paráfilo com papilas em *T. brasiliense*.

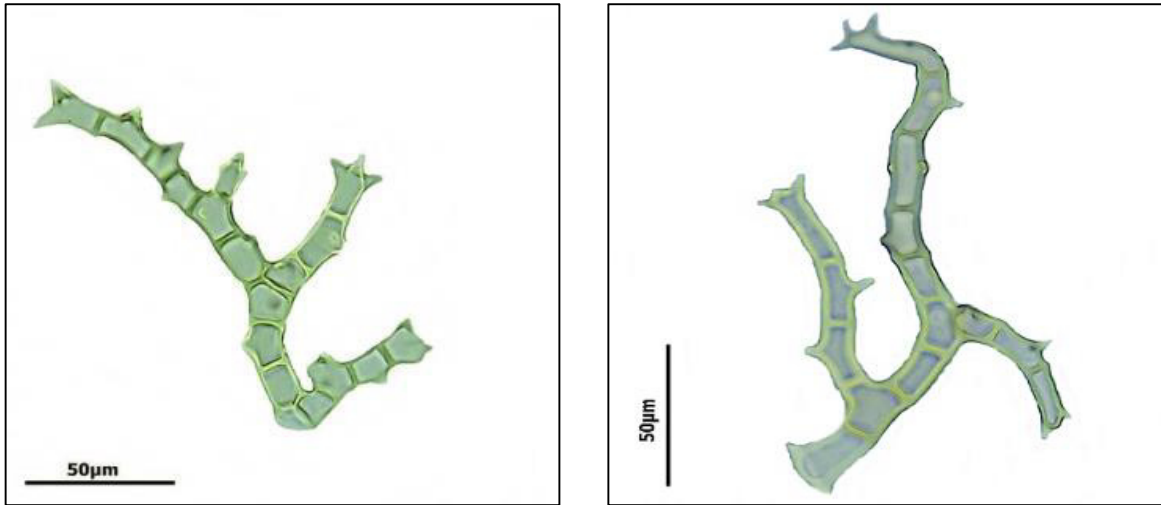


Figura 8: Paráfilo ramificado típico do gênero *Thuidium*.

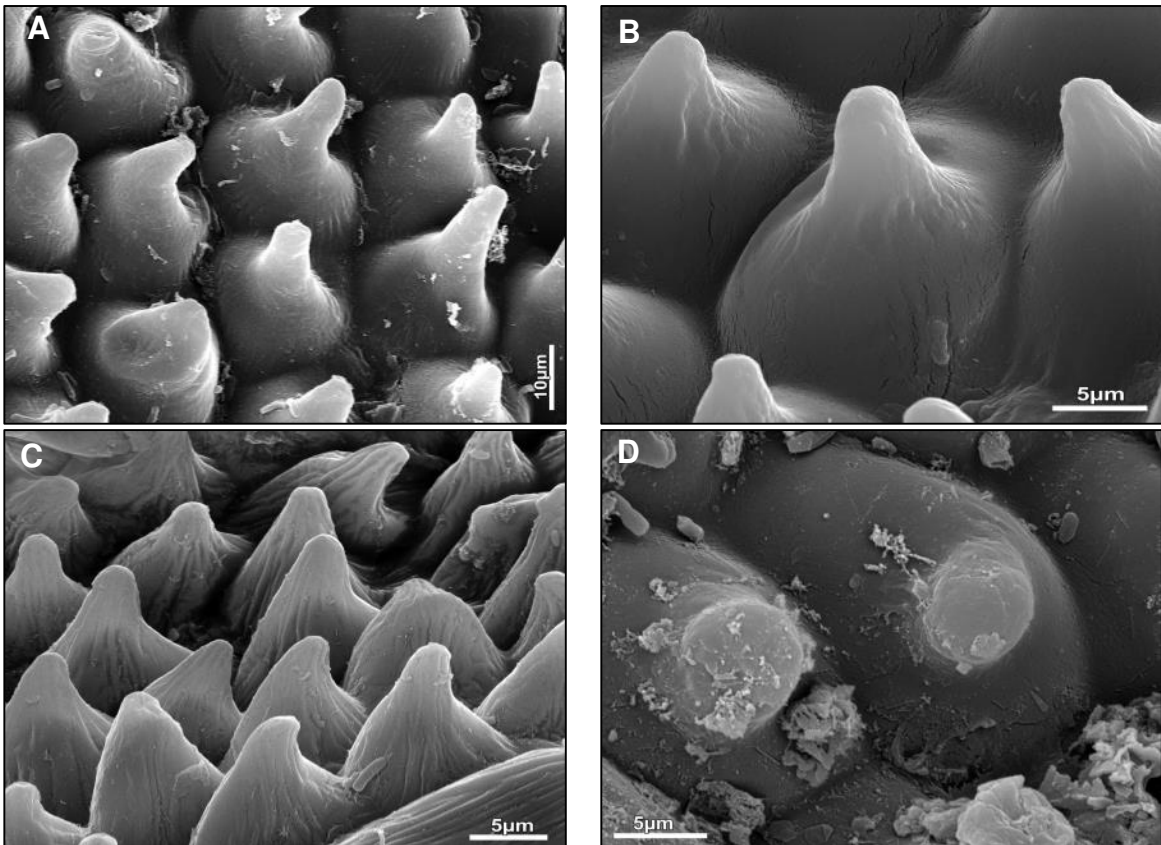


Figura 9: Células unipapilosas com papilas típicas de *Pelekium* e *Thuidiopsis*. A = *Pelekium muricatum*. B e C = *Pelekium siphotheca*. D = *Thuidiopsis furfurosa*.

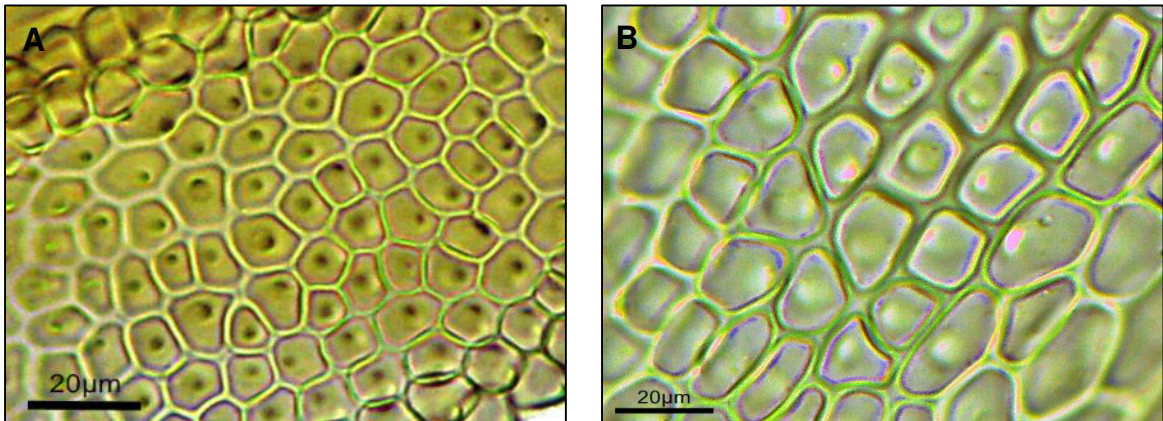


Figura 10: Células unipapilosas com papilas típicas de *Pelekium* e *Thuidiopsis*. A = *Pelekium muricatum*. B = *Thuidiopsis furfurosa*.

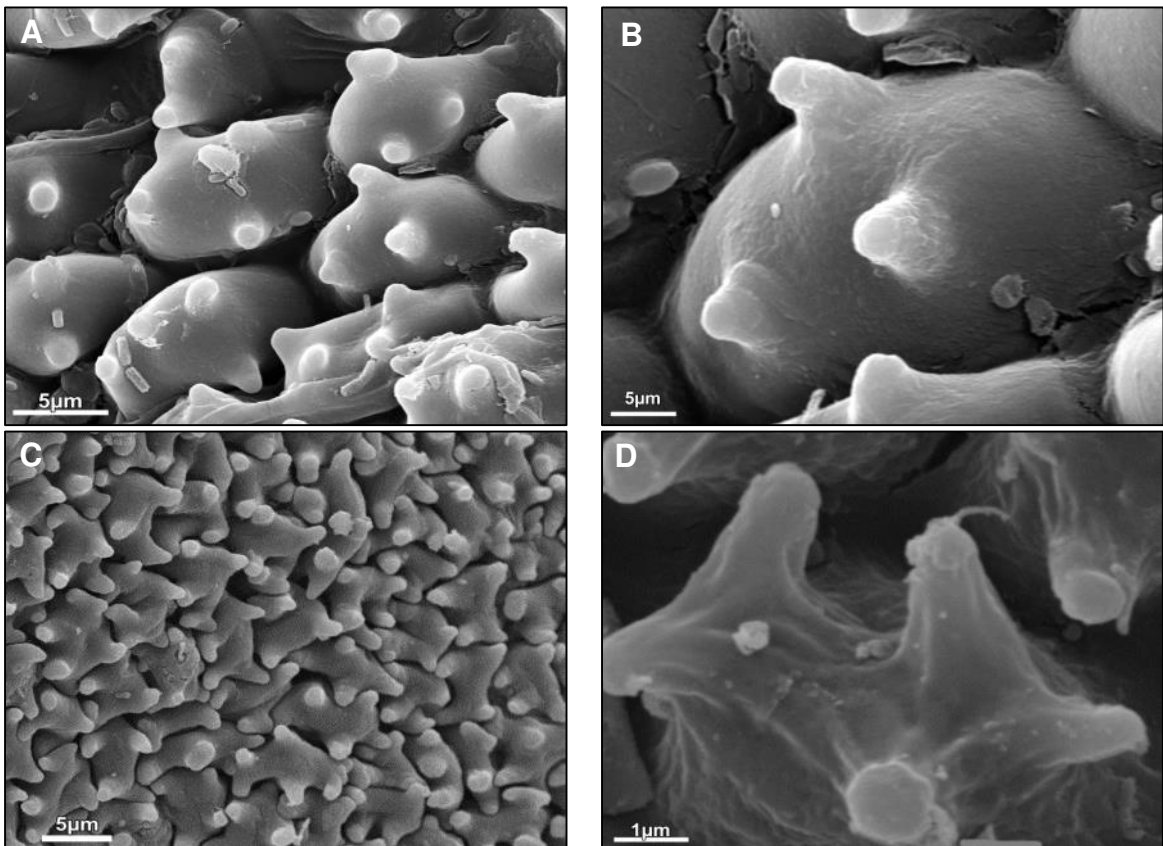


Figura 11: Células pluripapilosas com papilas típicas de *Pelekium* e *Thuidiopsis*. A e B = *Pelekium scabrosulum*. C e D = *Thuidiopsis sparsa*.

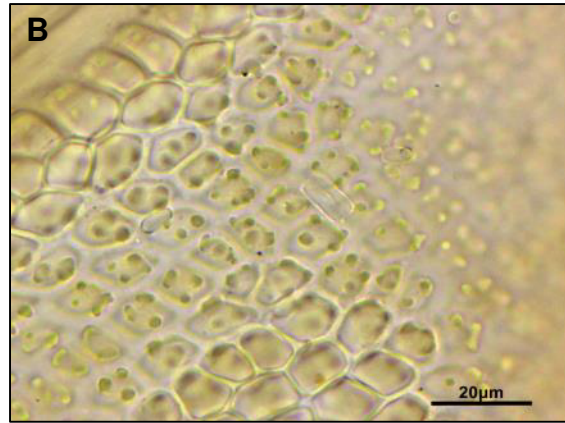
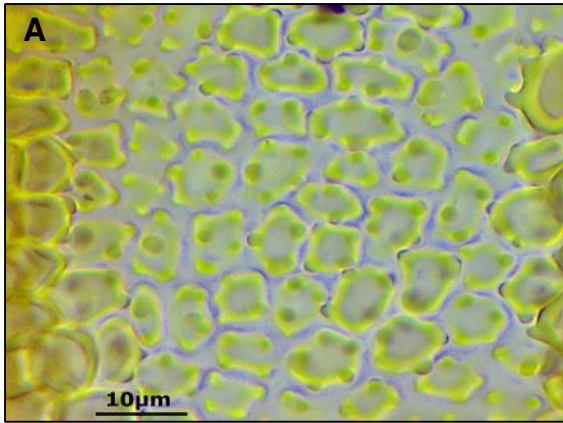


Figura 12: Células pluripapilosas com papilas típicas de *Pelekium* e *Thuidiopsis*.
A e B = *Pelekium scabrosulum*. C e D = *Thuidiopsis sparsa*.

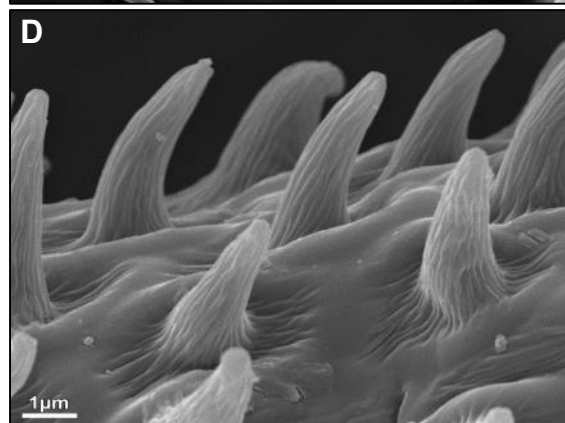
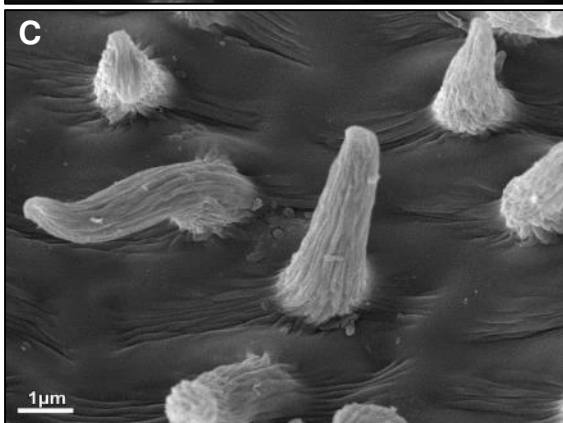
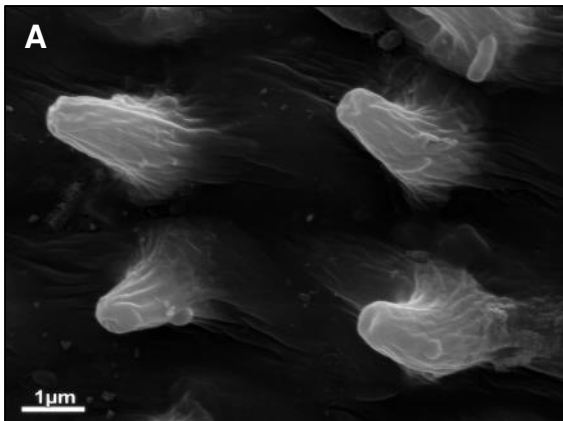


Figura 13: Células unipapilosas com papilas típicas de *Thuidium*. A e B = *Thuidium delicatulum*. C e D = *Thuidium brasiliense*.

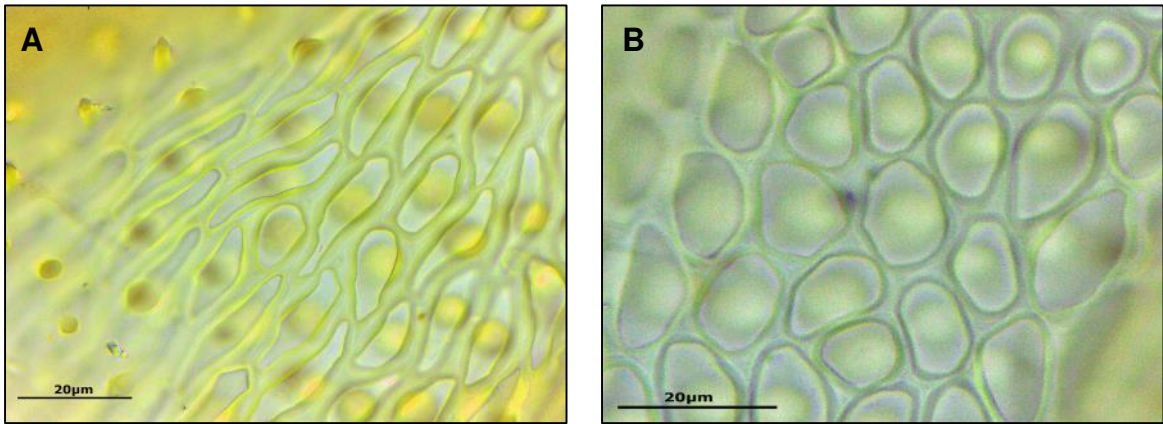


Figura 14: Células unipapilosas com papilas típicas de *Thuidium*. A = *Thuidium brasiliense*. B = *Thuidium delicatulum*.

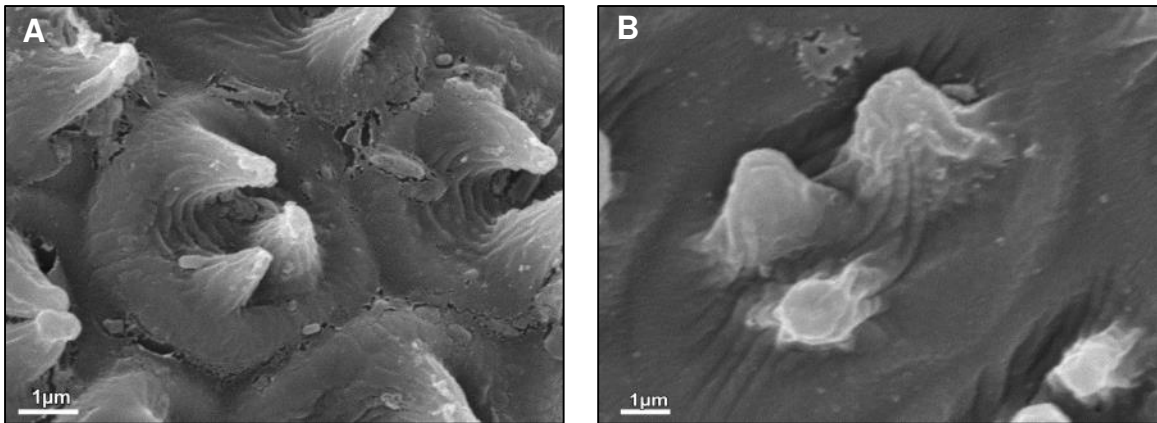


Figura 15: Células pluripapilosas com papilas típicas de *Thuidium*, localizadas no centro do lúmen celular. A e B = *Thuidium tomentosum*.

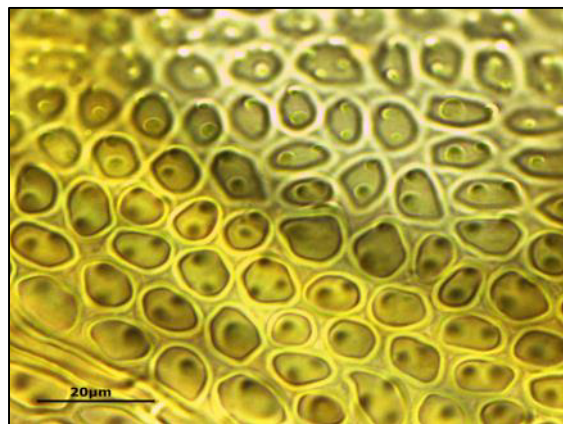


Figura 16: Células pluripapilosas com papilas típicas de *Thuidium tomentosum*, localizadas no centro do lúmen celular.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor e ao Laboratório de Biologia Molecular do Departamento de Botânica da Universidade de Brasília e ao PNADB - CAPES.

Referências Bibliográficas

- Beckert, S., S. Steinhauser, H. Muhle, & V. Knoop. 1999. A molecular phylogeny of bryophytes based on nucleotide sequences of the mitochondrial nad5 gene. *Plant Systematics and Evolution* 218: 179–192.
- Bell, N. E. & A. E. Newton. 2005. The paraphyly of *Hypnodendron* and the phylogeny of related non-hypnalaean pleurocarpous mosses inferred from chloroplast and mitochondrial sequence data. *Systematic Botany* 30: 34–51.
- Brotherus, V. F. 1925. Musci (Laubmoose) 2. In A. Engler & K. Prantl (eds.). *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, Leipzig: Engelmann 11.
- Bozzola, J. & L. D. Russel. 1998. *Electron microscopy: principles and techniques for biologists*. Ed.2. Jones & Bartlett Learning, Massachusetts.
- Buck, W. R. & H. Crum. 1990. An evaluation of familial limits among the genera traditionally aligned with the Thuidiaceae and Leskeaceae. *Contributions of the University of Michigan Herbarium* 17: 55–69.
- Câmara, P. E. A. S. & E. A. Kellogg. 2010. Morphology and development of leaf papillae in Sematophyllaceae. *The Bryologist* 113(1): 22-33.
- Cox, C. J., B. Goffinet, N. J. Wickett, S. B. Boles & A. J. Shaw. 2010. Moss diversity: a molecular phylogenetic analysis of genera. *Phytotaxa* 9: 175–95.
- Darriba D, Taboada G. L, Doallo R, Posada D. 2012. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods* 9(8), 772.
- Doyle, J. J. & J. L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19: 11–15.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution* 39: 779–783.
- Fleischer, M. 1922. Thuidiaceae. *Die Musci der Flora von Buitenzorg* 4: 1494–1533.
- García-Avila, D., E. De Luna & A. E. Newton. 2009. Phylogenetic relationships of the Thuidiaceae and the non-monophyly of the Thuidiaceae and the Leskeaceae based on rbcL, rps4 and the rps4-trnS intergenic spacer. *The Bryologist* 112(1): 80–93.
- Gardiner, A., M. Ignatov, S., Huttunen & A. Troitsky. 2005. On resurrection of the families Pseudoleskeaceae Schimp. and Pylaisiaceae Schimp. (Musci, Hypnales). *Taxon* 54(3): 651-663.

- Higgins, D. G. & P. M. Sharp. 1988. Clustal: A package for performing multiple sequence alignment on a micocomputer. *Gene* 73: 237–244.
- Nadot, S., R. Bajon, & B. Lejeune. 1994. The chloroplast gene *rps4* as a tool for the study of Poaceae phylogeny. *Plant Systematics and Evolution* 191: 27–38.
- Rambaut, A. 2009. FigTree, ver.1.3.1. Available: www.tree.bio.ed.ac.uk/software
- Rambaut A. & A. J. Drummond. 2013. Tracer v1.5. Available: <http://beast.bio.ed.ac.uk/Tracer>.
- Ronquist, F. & J. P. Huelsenbeck. 2003. MRBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics* 19: 1572–1574.
- Schimper, W. P. 1860. *Synopsis muscorum europaeorum*. E. Schweizerbart, Stuttgart.
- Shaw, A. J. 2000. Phylogeny of the Sphagnopsida based on chloroplast and nuclear DNA sequences. *The Bryologist* 103: 277–306.
- Stamatakis, A. 2014. RAxML Version 8: A tool for Phylogenetic Analysis and Post-Analysis of Large Phylogenies. *Bioinformatics* 30(9):1312-3.
- Swofford, D. L. 2002. PAUP*. Phylogenetic analysis using parsimony (*and other methods). Version 4.: Sinauer Associates, Sunderland.
- Touw, A. 2001a. A review of Thuidiaceae (Musci) and a realignment of taxa traditionally accommodated in *Thuidium* sensu amplo (*Thuidium* Schimp., *Thuidiopsis* (Broth.) M. Fleisch, and *Pelekium* Mitt.) including *Aequatoriella* gen. nov. and *Indothuidium* gen. nov. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 90: 167–209.
- Touw, A. & L. Falter-Van den Haak. 1989. A revision of the Australasian Thuidiaceae (Musci), with notes on species from adjacent regions. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 67: 1-5

4. CAPÍTULO 3

Aceito para publicação na revista The Bryologist

Registro: BRYOLOGIST-D-15-00016.

A new species of *Thuidium* (Thuidiaceae) from Brazil and a Key to the Brazilian species of the genus.

Abel Eustáquio Rocha Soares¹ and Paulo Eduardo Aguiar Saraiva Câmara¹

¹ *Universidade de Brasília, UnB, Depto. de Botânica. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, DF. Brazil.*

Abstract

During a revision of the Thuidiaceae for Brazil, we found a new species of *Thuidium* endemic to Brazil. It occurs in the south, southeast and midwest regions of the country, in the Atlantic Forest and Cerrado regions, and is considered near threatened. *Thuidium bifidum* is mainly characterized by bifid papillae and short-celled paraphyllia. Details of its morphological characters are illustrated and the geographical distribution mapped. A key to the species of *Thuidium* in Brazil is also provided.

Key Words: Mosses, Atlantic Forest, Cerrado, bifid papillae.

Thuidium Bruch & Schimp. is a widespread genus of Thuidiaceae occurring in boreal and temperate areas of the northern hemisphere, in tropical areas of Asia, Pacific and the Americas, and in Africa, Australia and New Zealand (Touw 2001a). According to Touw (2001b), in the tropics the genus occurs mainly in the mountains, although a few species have a wide vertical distribution and occur close to sea level.

Thuidium is characterized by robust stems with branches regularly bipinnate or partly tripinnate, abundant paraphyllia covering the stems, and papillose paraphyllia. The paraphyllia are forked, uniseriate, and intermediate cells are quadrate to rectangular. Leaves of the stem and branches are generally unipapillose.

The genus *Thuidium* was initially described by Bruch et al. (1852), with five species. The circumscription of New World *Thuidium* is difficult, because in the past many species that are now allocated in independent genera were grouped into *Thuidium* (e.g., *Cyrto-hypnum* (Hampe) Hampe & Lorentz) and also because of the close morphological similarities between species.

According to Touw (2001b) there are about 20–25 *Thuidium* species worldwide; in Tropical Asia, the Western Pacific, and Hawaii, there are six species (Touw 2001b). In the same year, Touw (2001a) revised the Thuidiaceae and limited the family to 16 genera and 72 species.

In the Neotropics, available distributional data comes only from local floras and checklists such as Gradstein et al. (2001), who cite 16 species for Tropical America, of which probably only 5–10 are valid. Gier (1980) listed 17 species of *Thuidium* for Latin America, but his study did not take into account the existence of several synonyms. Sharp et al. (1994) mentioned two *Thuidium* species for Mexico. Buck (1998) cites five *Thuidium* species for the West Indies. Churchill & Linares (1995) reported the occurrence of 10 *Thuidium* species for Colombia, and Schiavone & Suárez (2007) cited three species for Argentina. For Brazil, according to Costa & Soares (2015), there are nine *Thuidium* species distributed in almost all regions of the country, mainly in humid forest areas.

In South America many nomenclatural problems persist, particularly due to the use of floras from Europe, Asia and North America to identify the South American species. This created a chain reaction, as for many years these were the only existing bibliographies, which caused the use of names that do not correspond to the actual

local taxa and do not correctly represent the morphology of the species. This scenario has been changing in recent years as several local researchers have revised families and visited international herbaria to study the types.

During the investigation of the family Thuidiaceae in Brazil, we came across a previously unknown species of *Thuidium*, which is described here. Details of its morphological characters are illustrated and its geographical distribution is mapped. A key to the species of *Thuidium* in Brazil is also provided.

Materials and Methods

Loans totaling 2650 specimens and the type material of 60 taxa were obtained from 31 herbaria (ALCB, BHCB, BM, CEN, E, F, G, H, HEPH, HUCS, IBGE, INPA, JE, L, M, MAK, MG, MO, NY, PACA, PC, PH, RB, S, SP, UFG, UFPE, UB, US e W). Specimens were rehydrated in boiling water and then mounted in Hoyer's solution (Anderson 1954). All observations and measurements were made from mounted material.

Species were recognized on the basis of morphological differences. All measurements were made from leaves taken from the middle of the stem or branch and viewed under a Nikon Labophot-2 light microscope. All illustrations were made from type material.

Leaf papilla morphology has been investigated under scanning electron microscopy (SEM). Samples were prepared according to Bozzola & Russel (1998) and Câmara & Kellogg (2010), although with a more gradual dehydration series, in 5% increments, at the same time intervals, between 50% and 100% followed by two final steps at 100% and 100% in plants with thinner cell walls. Plants were submitted to critical point drying using a Denton DCP-1 dryer (Denton Vacuum LLC, Moorestown, NJ USA) and a Bal-Tec CPD 030 dryer (Bal-Tec AG, Balzers, Liechtenstein), with liquid CO₂ as the transition fluid. After drying, leaves were mounted on stubs and sputter-coated with gold and gold-palladium layers using two sputter coaters: a Hummer 6.2 (Anatech, Union City, CA, USA) and a Bal-Tec SCD 050 (Bal-Tec AG). The sputter-coated specimens were kept in a dessicator containing silica gel before SEM visualization. The samples were observed and photomicrographs were taken with JSM-840 A SM and JSM-5410 LV scanning electron microscopes (JEOL, Tokyo, Japan) at 15 kV and at a working distance of 10 mm.

Taxonomy

Thuidium bifidum Soares, A.E.R. & Câmara, P.E.A.S., *sp. nov.*

A Thuidium tomentosum unipapillose apud papillae bifida differt.

TYPE: BRAZIL. SÃO PAULO: Itapeva, Estação Experimental de Itapeva, margem do riacho, cerradão com transição para mata atlântica; 49°04'21"S, 24°03'18"W, 670 m; 6 May 2010, *D.F. Peralta 11461* (holotype: SPI, isotype: UB!).

Description.

Plants median, 7-10 cm long, green, dark-green, yellow-green. Stems prostrate, mostly arched, ramification frequently bipinnate, sometimes tripinnate, branches to 0.5-0.9 cm long. In cross section with 3-5 rows of small thick-walled cells and yellow-golden, dark-red, surrounding yellow to hyaline cells with thinner walls, central strand small. Paraphyllia abundant, in special on the stems, mostly crowded, to ca. 120-280 μm long, abundant on primary branches, few or sometimes absent on the secondary branches, branched, mostly uniseriate, intermediate cells quadrate, short, ca. 1-2:1, 6-15 μm long, 6-8 μm wide, papillose, 2-3 papillae, margins papillose-serrulate, apical cell usually truncate and papillose. Pseudoparaphyllia foliose. Axillary hairs consisting of 1-2 basal cells, brown and 1-3 elongate distal cells. Stem and branch leaves differentiated. Stem leaves appressed-erect when dry, barely spreading when moist, deltoid, ovate-deltoid, 0.7-1 mm long, 0.3-0.5 mm wide, acuminate, short-cordate, concave, scarcely plicate; margins crenulate-papillose or serrulate-papillose, recurved upward, sometimes narrowly recurved below; costa strong, ca. 4/5 the leaf length, ending in but not filling the acumen, abaxial face prominent, roughened by spinose papillae and projecting short, often appendiculate near insertion; median leaf cells isodiametric to quadrate, 1-2:1, 8-12 μm long, 5-7 μm wide, bifid papillae, tall, both sides, sometimes in adaxial face papillae inconspicuous or smooth; cells of the acumen less strongly ornamented; apical cell mostly acute and smooth, occasionally bearing small papillae; alar cells not differentiated but cells in 2-4 rows across the insertion rectangular and smooth. Branch leaves erect when dry, spreading when moist, ovate-deltoid, 0.3-0.6 mm long, 0.15-0.3 mm wide, acute, short-cordate, concave; margin crenulate-papillose or serrulate-papillose, plane; costa usually ca. 2/3 to 3/4 the leaf length, sometimes forked above, mostly weakly prominent abaxially, smooth or seldom

spinose papillae; median leaf cells oval to irregularly isodiametric, 1:1, 4-6 μm long, 3-5 μm wide, bifid papillae, tall, both sides, sometimes in adaxial face papillae inconspicuous or smooth; apical cell truncate, usually crowned with 1-2 papillae or smooth. Perichaetial leaves erect, lanceolate to triangular-lanceolate, 3-5 mm long, loriform, often piliferous acumen; margins serrulate in the acumen, ciliate at base of the acumen, entire, plane; costa narrow; median cells oblong to rectangular, smooth or nearly so. Setae elongate, smooth, brown to reddish, 2-4 cm long; capsules horizontal to inclined, ca. to 3 mm long, smooth, asymmetric, cylindrical; exothecial cells thin walled, subquadrate; annulus and operculum not seen; exostome orange-yellow, lanceolate, shouldered, bordered, cross-striolate below, finely papillose above, trabeculate at back; endostome lanceolate, papillose, smooth basal membrane, tall, keeled, perforate; spore 8-15 μm diam., finely papillose; calyptrae not seen.

Discussion

This species is characterized by bifid or trifold papillae (Fig. 2a), paraphyllia with short and quadrate cells (Fig. 1c), bipinnate (Fig. 1a), stem leaves small and deltoid, acuminate, costa with abaxial face prominent, roughened by spinose papillae, and branch leaves ovate, acute.

In Asia, there are a few species that sometimes have bifid or trifold papillae near the leaf base, but this is not a constant feature and occurs only in some cells of some leaves. In *T. bifidum* the bifid/trifold papillae are constant. Moreover, the Asiatic species with bifid or trifold papillae are generally more robust and the stem leaves are larger than 1 mm.

Thuidium bifidum has been overlooked in Brazil and probably in Tropical America; all specimens studied here were initially identified as *T. tomentosum*, a name commonly applied to plants with bifid papillae.

Thuidium bifidum can be misidentified as *T. tomentosum* (the morphologically closest species), as it shares many similar features such as habit and paraphyllia; however, the two species can be differentiated by their papillae (Fig. 2). *Thuidium tomentosum* is pluripapillose, whereas *T. bifidum* is unipapillose (bifid or trifold), a unique feature of *T. bifidum*. The main difficulty in separating *T. bifidum* from *T. tomentosum* lies in distinguishing between pluripapillose cells and bifid/trifold papillae. However, careful inspection will show that the bifid/trifold papillae originate at a single point in the

cell lumen, and divide only at the apex of the papillae (Fig. 2a), whereas pluripapillose cells have 2–4 papillae developing separately, located in the center of the cell lumen (Fig. 2b).

Unfortunately it is not always easy to see the difference under the light microscope, so another useful feature that helps to differentiate the two species is the paraphyllia and the stem leaves. *Thuidium bifidum* has 2–4 papillae per cell on its paraphyllia (Fig. 1c) and the stem leaves are acuminate with a narrow base (Fig. 1e); *T. tomentosum* has 1–2 papillae per cell on its paraphyllia (Fig. 1d), and the stem leaves are short-acuminate with a wide base (Fig. 1f).

Etymology.

The specific epithet refers to the main characteristic of the plant, the leaves with bifid papillae.

Ecology and distribution.

Endemic to Brazil, *Thuidium bifidum* occurs in the southern, southeastern and midwestern regions (Fig. 3), in the Atlantic Forest and in gallery forest in the Cerrado biome, in moist shady places. It grows on trunks of live and dead trees and less frequently in rocky streams, at elevations of 400 to 1300 m.

The Atlantic Forest, one of 34 hotspots for biodiversity conservation (Mittermeier et al. 2004), is a region with extremely rich biodiversity, high species diversity and high levels of endemism (Fonseca 1985). The Atlantic Forest has one of the richest floras of bryophytes in South America, with approximately 1230 species, including 71% of the species recognized for Brazil, 30% for the Neotropics and 6% for the world (Costa 2009).

The Cerrado is also one of the world's biodiversity hotspots. In the last 35 years, more than 50% of its approximately 2 million km² has been transformed into pasture and agricultural land planted in cash crops (Klink & Machado 2005). The Cerrado has the richest flora among the world's savannas, and high levels of endemism with approximately 478 bryophyte species recognized, comprising 30% of all species recognized for Brazil (Costa & Peralta 2015), 10% for the Neotropics (Gradstein et al. 2001) and 3% for the world.

Most likely the species has a wider distribution than currently known, but the difficulty in recognizing it as a distinct species (probably due to its similarity with *T. tomentosum*) has obscured recognition of its actual distribution, which is probably much broader than that presented here.

At the beginning of our study with Thuidiaceae we sometimes came across species with similar characteristics to *T. bifidum* collected in the Atlantic Forest, but due to lack of knowledge at the time they were classified as *T. tomentosum*.

Conservation Considerations.

The species is known only from six locations; three are in unprotected areas near urban centers, and the other three are in protected areas, such as Itatiaia National Park and the Caraça RPPN (Private Natural Reserve). The distribution patterns and the first author's experience with Thuidiaceae in Brazil suggest that *T. bifidum* may occur in other forest areas, particularly in areas of Atlantic Forest and gallery forests.

Therefore, *T. bifidum* was assigned a lower-risk rating because it does not fit any of the IUCN (2001) criteria for definition as "endangered" (CR, EN, VU). The species was classified as near threatened (NT) according to IUCN criteria (IUCN 2001).

Additional specimens examined.

BRAZIL. GOIÁS: Formoso, *D.M. Vital* 12790 (SP). MINAS GERAIS: Nova Lima, *D.F. Peralta* 11646 (SP). RIO DE JANEIRO: Itatiaia, *A.E.R. Soares* 1813 (UB). RIO GRANDE DO SUL: Nova Roma do Sul, *J.R.P.M. Oliveira* 250 (UFP). SANTA CATARINA: A. *Sehnem* 14384 (PACA).

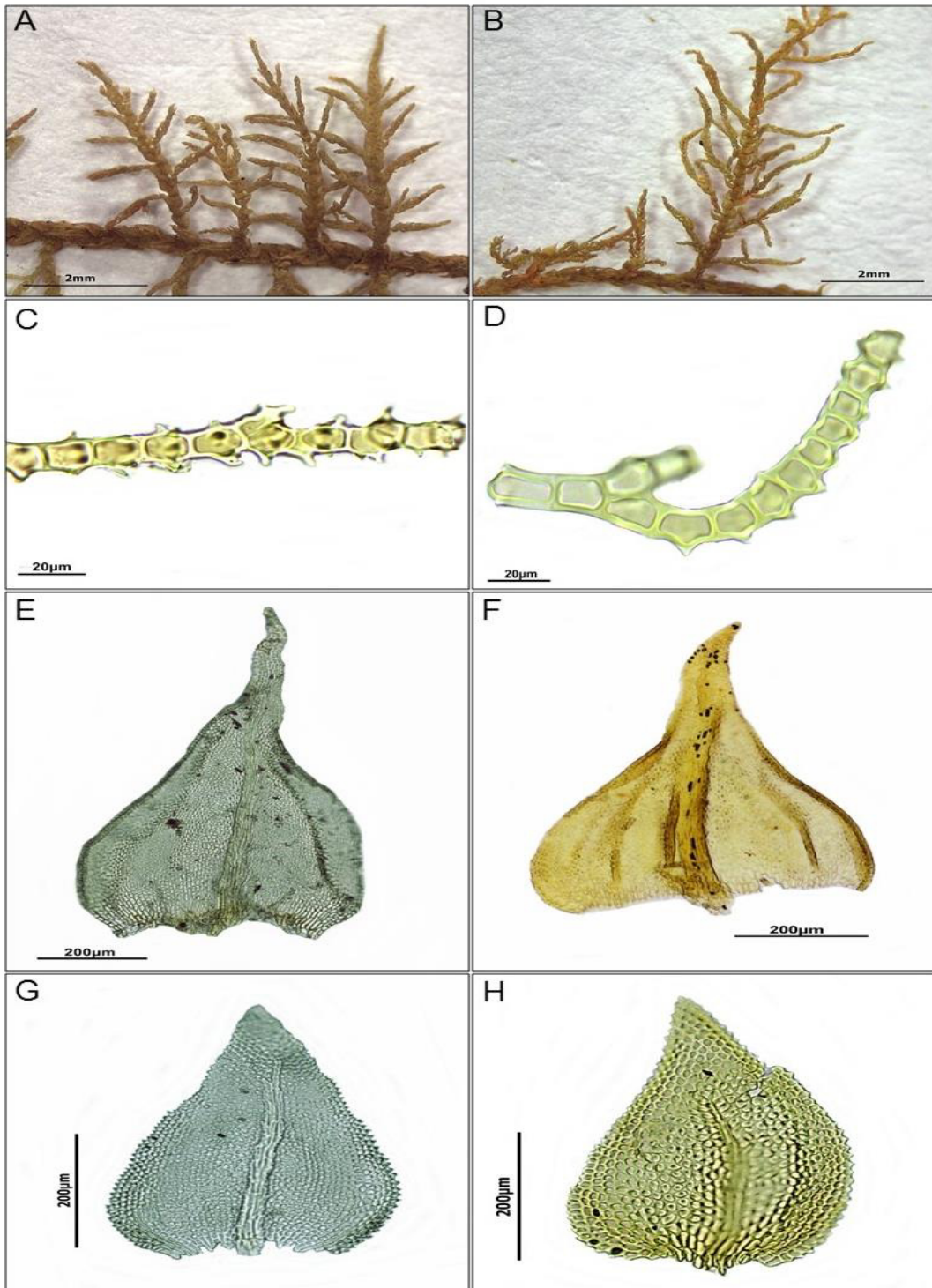


Figure 1: Comparison of the morphological differences between *Thuidium bifidum* and *T. tomentosum*. A. Gametophyte of *T. bifidum*. B. Gametophyte of *T. tomentosum*. C. *T. bifidum* paraphyllia with 2–4 papillae per cell. D. *T. tomentosum* paraphyllia with 1–2 papillae per cell. E. *T. bifidum* stem leaf with narrow base. F. *T. tomentosum* stem leaf with wide base. G. *T. bifidum* branch leaf. H. *T. tomentosum* branch leaf.

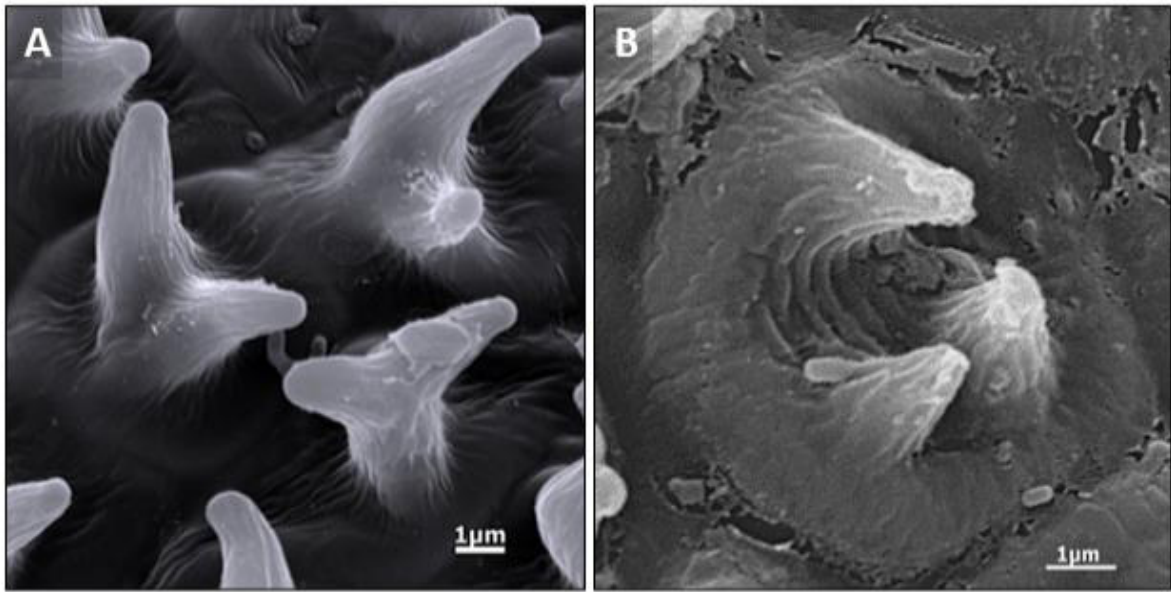


Figure 2: Comparison of the morphological differences between *Thuidium bifidum* and *T. tomentosum*. A. Bifid papillae on *T. bifidum* (observed with scanning electron microscopy). B. Pluripapillose cells on *T. tomentosum* (observed with scanning electron microscopy).

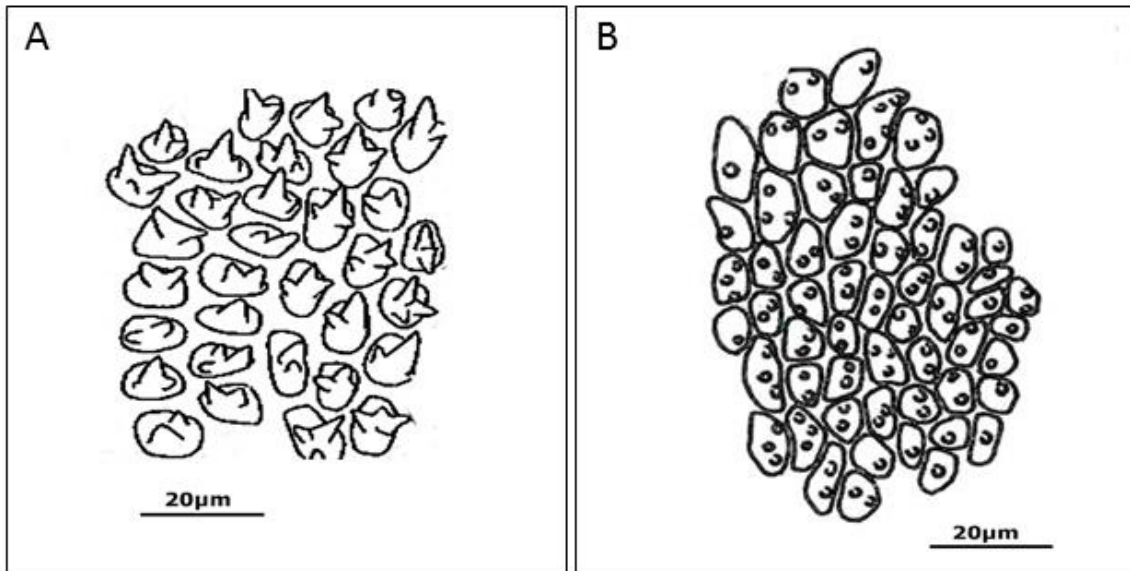


Figure 3: Comparison of the morphological differences between *T. bifidum* and *T. tomentosum*. A: Bifid papillae on *T. bifidum*. B: Pluripapillose cells on *T. tomentosum*.

A key to the species of *Thuidium* in Brazil

- 1. Leaves with pluripapillose cells..... ***T. tomentosum***
- 1. Leaves with unipapillose cells2
- 2. Apical cell of branch leaves pointed ***T. tamariscinum***
- 2. Apical cell of branch leaves truncate3
- 3. Cells of paraphyllia rectangular, ca. 3-5:1.....4
- 3. Cells of paraphyllia quadrate, ca. 1-2:15
- 4. Branch leaf cells elongated, elliptical to rectangular-linear; costa ending 1/2 the leaf length..... ***T. brasiliense***
- 4. Branch leaf cells oval to isodiametric; costa ending 2/3-3/4 the leaf length
..... ***T. delicatulum***
- 5. Costa filling the acumen ***T. urceolatum***
- 5. Costa ending in but not filling the acumen.....6
- 6. Stem leaves ending in a uniseriate hair tip, ca. 2-5 cells, usually hyaline.....
..... ***T. philibertii***
- 6. Stem leaves having no pointed process or awn (muticous).....7
- 7. Branch leaf cells with tall papillae, papillae bifid, stem leaves with 0.7-1 mm long
..... ***T. bifidum***
- 7. Branch leaf cells with lower papillae, papillae simple, stem leaves with 1.2-1.5mm long..... ***T. pseudoprotensum***

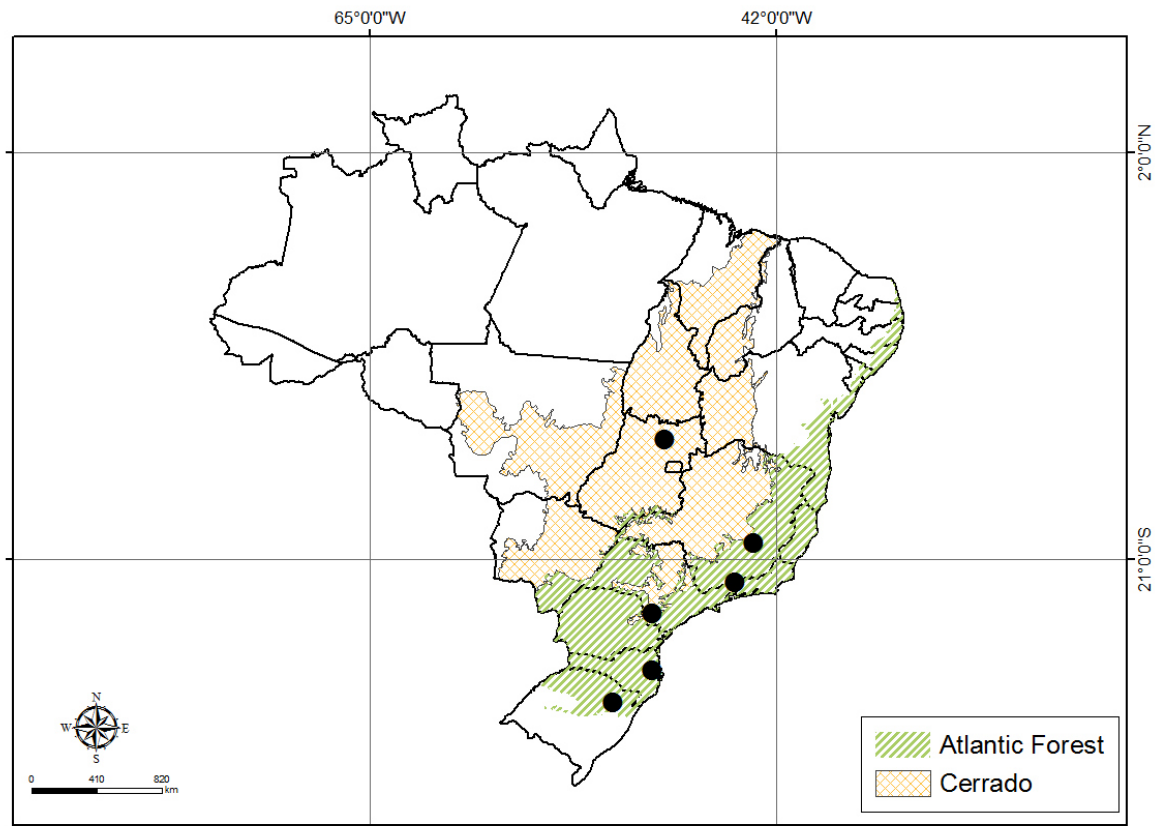


Figure 4. Known geographical distribution of *Thuidium bifidum* in Brazil, highlighting its occurrence area within the Atlantic Forest and Cerrado.

ACKNOWLEDGMENTS

Funds were provided by CNPq (Brazilian Government) and University of Brasília (Brazil). We are grateful to Micheline Carvalho-Silva for his assistance and Janet Reid for text revision. We also thank the PNADB program from CAPES and PROTAX program from CNPq.

Literature cited

- Anderson, L. E . 1954. Hoyer's solution as a rapid permanent mounting medium for bryophytes. *The Bryologist* 57: 242 – 244.
- Bozzola, J.J. & L. D. Russel. 1998. *Electron Microscopy. Principles and Techniques for Biologists*. 2nd ed. Jones & Bartlett, Sudbury.
- Buck, W. R. 1998. Pleurocarpous mosses of the West Indies. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 82: 1–400.
- Câmara, P. E. A. S. & E. A. Kellogg. 2010. Morphology and development of leaf papillae in Sematophyllaceae. *The Bryologist* 113: 22-33.
- Churchill, S. P. & E. L. Linares. 1995. *Prodromus bryologiae Novo-Granatensis: introducción a la flora de musgos de Colombia. Parte 2: Grimmiaceae a Trachypodaceae*. *Biblioteca José Jerónimo Triana* 12(2): 831-843.
- Costa, D. P. 2009. Briófitas. Pages 13-17. In: J. R. Stehmann, R. C. Forzza, A. Salino, M. Cabral, D. P. Costa & L. H. Y. Kamino (eds.), *Plantas da Floresta Atlântica*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Costa, D. P. & A. E. R. Soares. Thuidiaceae. In: *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available: <<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil>>. Access: 10 January 2015.
- Costa, D. P. & D. F. Peralta. Briófitas. In: *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB128472>>. Access: 10 January 2015.
- Fonseca, G. A. B. 1985. The vanishing Brazilian Atlantic Forest. *Biological conservation* 34: 17-34.
- Gier, L. J. 1980. A preliminary study of the Thuidiaceae (Musci) of Latin America. *Journal of Bryology* 11: 253-309.
- Gradstein, S. R., S. P. Churchill & N. Salazar-Allen. 2001. *Guide to the Bryophytes of Tropical America*. *Memoirs of The New York Botanical Garden* 86: 1-577.

- IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Klink, C. A. & R. B. Machado. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1(1): 147-155
- Mittermeier, R. A., P. R. Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C. G. Mittermeier, J. Lamoureaux & G. A. B. Fonseca. 2004. Hotspots revisited. CEMEX, Mexico City.
- Ribeiro, M. C., J. P. Metzger, A. C. Martensen, F. J. Ponzoni & M. M. Hirota. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142: 1144-1156.
- Schiavone, M. M. & G. M. Suárez. 2007. Las Thuidiaceae en el noroeste de Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 42: 211-230.
- Sharp, A. J., H. Crum & P. M. Eckel. 1994. The moss flora of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 69(in 2 parts): [i]–vii + 1–580 + I–XVII; [i]–viii + 581–1113 + I–XVII.
- Stheman, J. R., R. C. Forzza, A. Salino, M. Sobral, D. P. Costa & L. H. Y. Kamino. 2009. Diversidade Taxonômica na Floresta Amazônica. Pages 27- 37. In: J. R. Stheman, R. C. Forzza, A. Salino, M. Sobral, D. P. Costa & L. H. Y. Kamino (eds.), *Plantas da Floresta Atlântica*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Touw, A. 2001a. A review of Thuidiaceae (Musci) and a realignment of taxa traditionally accommodated in *Thuidium* sensu amplo (*Thuidium* Schimp., *Thuidiopsis* (Broth.) M. Fleisch, and *Pelekium* Mitt.) including *Aequatoriella* gen. nov. and *Indothuidium* gen. nov. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 90: 167-209.
- Touw, A. 2001b. A Taxonomic Revision of the Thuidiaceae (Musci) of Tropical Asia, the Western Pacific and Hawaii. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 91: 1-136.

5. CAPÍTULO 4

A ser submetido para a revista The Bryologist

A Família Thuidiaceae Schimp. (Bryophyta) no Brasil

Abel E. R. Soares¹ & Paulo E. A. S. Câmara¹

¹ Universidade de Brasília, UnB, Depto. de Botânica. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, DF. Brazil

Resumo

A família Thuidiaceae pode ser caracterizada por uma ampla combinação de caracteres compartilhados por todos os seus gêneros. É representada mundialmente por 72 espécies e 16 gêneros distribuídos em regiões tropicais e temperadas no mundo. Sua circunscrição sempre foi controversa devido ao seu parentesco conflitante com Leskeaceae. Foram estudadas exsicatas provenientes de diversos herbários nacionais e internacionais e o material-tipo de todas as espécies com registro de ocorrência no Brasil. Expedições de coleta foram realizadas em 11 estados brasileiros e no Distrito Federal. O tratamento taxonômico apresenta chaves para identificação dos gêneros e espécies, descrições, fotos, distribuição geográfica e comentários para todas as espécies. Sinônimos e lectotipificações são apresentados, bem como a localização do material-tipo. Estão sendo tratadas 16 espécies e dois gêneros de Thuidiaceae para o Brasil. Duas novas ocorrências para o Brasil e uma nova espécie são apresentadas.

Palavras Chaves: Papilas, Paráfilos, *Thuidium*, *Pelekium*.

Introdução

Thuidiaceae é uma família cosmopolita que coloniza substratos diversos. É caracterizada por uma ampla combinação de caracteres compartilhados por todos os seus gêneros, tais como: crescimento prostrado, ramificação pinada, dimorfismo entre os filídios do caulídio e das ramificações nas espécies 2-3 pinadas, filídios com células uni- a pluripapilosas, paráfios simples ou ramificados, papilosos, esporófito do tipo hipnóide (com exostômio e endostômio alterno e bem definidos) e seta frequentemente papilosa (Buck & Crum 1990; Touw 2001a).

A família é representada por 16 gêneros e ca. de 72 espécies distribuídas em regiões tropicais e temperadas no mundo (Touw 2001a); no neotrópico cerca de 30 espécies (Gradstein et al. 2001). Ocorrem principalmente na Ásia, América do Sul e Central e Oceania, sendo a Ásia seu centro de diversidade.

A circunscrição de Thuidiaceae é controversa. Um dos principais problemas taxonômicos da família envolvia o seu parentesco conflitante com Leskeaceae, o que gerou diversas classificações diferentes ao longo de sua história, pois durante anos foi extremamente comum a transferência de gêneros entre estas duas famílias, resultando em uma enorme confusão taxonômica.

Schimper (1852) foi o primeiro a reconhecer as diferenças taxonômicas do grupo, propondo o estabelecimento do gênero *Thuidium*, inicialmente com cinco espécies combinadas de *Hypnum* (Hypnaceae). Schimper também foi o primeiro a descrever Thuidiaceae (Schimper 1860, 1876), porém o autor preferiu reconhecê-la como uma subfamília de Leskeaceae que ficou subdividida em três subfamílias: Leskeae (*Myurella* Bruch & Schimp., *Leskea* Hedw. e *Anomodon* Hook. & Taylor), Pseudoleskeae (*Pseudoleskea* Bruch & Schimp.) e Thuidieae (*Heterocladium* Bruch & Schimp. e *Thuidium* Bruch & Schimp.).

Schimper (1860) também foi o primeiro a reconhecer que futuramente as pequenas espécies monóicas agrupadas dentro de *Thuidium* (*Pelekium*) deveriam ser agrupadas em um gênero próprio. Ele acomodando *Thuidium minutulum* (Hedw) Schimp. em uma sessão sem nome próprio, já reconhecendo as diferenças taxonômicas que futuramente levariam estas pequenas plantas monóicas a serem agrupadas dentro do seu próprio gênero (hoje *Pelekium* Mitt. e anteriormente *Cyrtohypnum* (Hampe) Hampe & Lorentz), mas que na época eram agrupadas dentro de *Thuidium*.

Kindberg (1897) foi o primeiro a reconhecer Thuidiaceae como família, elevando a subfamília Thuidieae proposta por Schimper (1876) ao status de família (Thuidiaceae) e transferindo alguns gêneros de Leskeaceae para Thuidiaceae. O autor considerou seis gêneros em Leskeaceae (*Helicodontium* (Mitt.) A. Jaeger, *Lescuraea* Bruch & Schimp., *Leskea* Hedw., *Myrinia* Schimp., *Pterygynandrum* Hedw. ex Lindb. e *Thelia* Sull.) e cinco em Thuidiaceae (*Heterocladium*, *Myurella*, *Pseudoleskeella* Kindb., *Pseudoleskea* e *Thuidium*). Porém, sua proposta não encontrou respaldo na comunidade científica, sendo que os pesquisadores da época preferiram manter a classificação proposta por Schimper (1860, 1876), com todos os gêneros agrupados apenas na família Leskeaceae e divididos em subfamílias.

A importância dos comentários de Schimper (1860) a respeito das diferenças taxonômicas que futuramente levariam as pequenas espécies monóicas relacionadas a *Thuidium minutulum* a serem agrupadas dentro do seu próprio gênero (hoje *Pelekium*), só foi reconhecida anos mais tarde por Warnstorf (1905), que elevou as pequenas espécies monóicas de *Thuidium* a um gênero próprio chamado de *Microthuidium* (Limpr.) Warnst.

Baseando-se na proposta de Schimper (1876), Brotherus (1908) reconheceu apenas a família Leskeaceae que foi dividida em cinco subfamílias e 23 gêneros: Anomodonteae (*Anomodon*, *Haplohymenium* Dozy & Molk., *Herpetineuron* (Müll. Hal.) Cardot e *Miyabea* Broth.), Heterocladieae (*Fauriella* Besch. e *Heterocladium*), Leskeae (*Lescuraea*, *Leskea*, *Leskeella* (Limpr.) Loeske, *Lindbergia* Kindb., *Pseudoleskea*, *Pseudoleskeella* e *Pseudoleskeopsis* Broth.), Thelieae (*Myurella* e *Thelieae*) e Thuidieae (*Actinothuidium* Broth., *Claopodium* (Lesq. & James) Renauld & Cardot, *Duthiella* Müll. Hal. ex Broth., *Haplocladium* (Müll. Hal.) Müll. Hal., *Helodium* Warnst., *Pelekium*, *Rauia* Austin e *Thuidium*). Brotherus também incluiu 158 espécies em *Thuidium* e o subdividiu em cinco subgêneros: *Thuidiella* Schimp., *Thuidiopsis* Broth., *Tetrastichium* Mitt., *Euthuidium* Lindb., e *Abietinella* (Müll. Hal.) Broth. Assim como Warnstorf (1905), Brotherus também reconheceu as diferenças taxonômicas das pequenas espécies monóicas agrupadas dentro de *Thuidium*, mas preferiu ignorar o trabalho de Warnstorf (1905), mantendo as mesmas dentro de *Thuidium*, porém agrupadas dentro do subgênero *Thuidiella*.

Posteriormente, Fleischer (1922) manteve Leskeaceae apenas com a subfamília Leskeae, grupo que ele denominou de Leskeaceae “reais” e acrescentou mais uma subfamília denominada Rhegmatodonteae (*Rhegmatodon* Brid. ex Rchb.). As quatro

subfamílias restantes, apesar de serem bem distintas, foram combinadas e transferidas a Thuidiaceae (elevando novamente Thuidiaceae a categoria de família), que ficou organizada em quatro subfamílias e 18 gêneros: Anomodontoideae (*Anomodon*, *Claopodium*, *Haplocladium*, *Haplohymenium*, *Herpetineuron* e *Miyabea*), Euthuidioideae (*Abietinella*, *Boulaya* Cardot, *Pelekium*, *Rauia*, *Thuidiopsis* e *Thuidium*), Helodioideae (*Actinothuidium*, *Helodium*, *Hylocomiopsis* Cardot e *Tetrastichum*) e Heterocladioideae (*Heterocladium* e *Leptopterygynandrum* Müll. Hal. ex Broth.).

Brotherus (1925) reconheceu o trabalho de Fleischer (1922), respeitando as estruturas da família e das subfamílias de Thuidiaceae, fazendo algumas pequenas modificações a nível genérico, mas mantendo a essência da classificação de Fleischer (1922) com Thuidiaceae dividida em quatro subfamílias e 17 gêneros. Os gêneros foram classificados principalmente de acordo com o tamanho do gametófito, sexualidade, padrão de ramificação, formato dos filídios periqueciais, peristômio e ornamentação da seta.

Trabalhando apenas com as espécies da América do Norte, Grout (1932) resgatou os conceitos de Leskeaceae propostos por Brotherus (1908), mas reconheceu apenas 12 gêneros divididos em quatro subfamílias: Anomodonteae (*Anomodon* e *Herpetineuron*), Leskeae (*Leskea*, *Lindbergia*, *Pseudoleskea* e *Pterigynandrum* Hedw.), Thelieae (*Myurella* e *Thelia*) e Thuidioideae (*Claopodium*, *Helodium*, *Heterocladium* e *Thuidium*), rebaixando novamente Thuidiaceae ao status de subfamília.

Em sua revisão da família Thuidiaceae para o Japão, Watanabe (1972) adotou o conceito de Thuidiaceae proposto por Brotherus (1925), com pequenas modificações na composição das subfamílias. Ele dividiu Thuidiaceae em três subfamílias da seguinte forma: Anomodontoideae (*Anomodon*, *Haplohymenium*, *Herpetineuron* e *Miyabea*), Heterocladioideae (*Heterocladium* e *Leptopterygynandrum*) e Thuidioideae (*Abietinella*, *Actinothuidium*, *Boulaya*, *Bryonoguchia* Z. Iwats. & Inoue, *Claopodium*, *Haplocladium*, *Helodium*, *Hylocomiopsis*, *Pelekium*, *Rauiella* e *Thuidium*).

Baseando-se em características do esporófito, Crum & Anderson (1981) fizeram um rearranjo nas famílias Leskeaceae e Thuidiaceae, abolindo os conceitos de subfamílias, ficando Leskeaceae com oito gêneros (*Anomodon*, *Haplohymenium*, *Lescurea*, *Leskea*, *Leskeella*, *Lindbergia*, *Pterigynandrum* e *Thelia*) e Thuidiaceae com sete gêneros (*Haplocladium*, *Helodium*, *Heterocladium*, *Myurella*, *Pseudoleskea*, *Pseudoleskeella* e *Thuidium*).

A partir da década de 90 duas propostas (Buck & Crum 1990; Touw 2001) surgem para explicar as relações de parentesco entre Leskeaceae e Thuidiaceae e dentro desta última família. A primeira proposta, publicada por Buck & Crum (1990), embora não apresente um estudo cladístico, especula sobre as relações filogenéticas entre Thuidiaceae e Leskeaceae. Para esses autores Thuidiaceae é composta apenas pelos representantes de Thuidioideae e diferencia os gêneros com base, principalmente, no tamanho e sexualidade das plantas (pequenas monóicas x grandes dióicas), papilosidade dos filídios e das paráfílas e morfologia da seta e creditam a maior parte das demais variações morfológicas observadas a efeitos ecológicos.

Buck & Crum (1990), transferiram gêneros para outras famílias e criaram novas famílias para abrigar alguns gêneros. Eles incluíram 18 gêneros em Leskeaceae (*Bryobartlettia* W. R. Buck, *Bryohaplocladium* R. Watan. & Z. Iwats., *Claopodium*, *Fabronidium* Müll. Hal., *Lescurea*, *Leskea*, *Leskeadelphus* Herzog, *Leskeella*, *Leptopterigynandrum*, *Lindbergia*, *Mamillariella* Lazarenko, *Okamuraea* Broth., *Orthoamblystegium* Dixon & Sakurai, *Pseudoleskea*, *Pseudoleskeella*, *Pseudoleskeopsis*, *Rigodiadelphus* Dixon e *Schwetschkea* Müll. Hal.) e retomaram o conceito de subfamília que havia sido extinto por Crum & Anderson (1981) para Thuidiaceae. Os autores dividiram Thuidiaceae em duas subfamílias: Cyrtohypnoideae (*Boulaya*, *Cyrto-hypnum*, *Lorentzia* Hampe e *Raiiella*) e Thuidioideae (*Abietinella*, *Thuidiopsis* e *Thuidium*) e transferiram os gêneros *Hylocomiopsis* e *Actinothuidium* antes em Thuidiaceae para Hylocomiaceae. Eles transferiram as antigas espécies agrupadas dentro do subgênero *Microthuidium* / *Thuidiella* Reimers, pertencentes a *Thuidium* subfamília Thuidioideae para o gênero *Cyrto-Hypnum* subfamília Cyrtohypnoideae. Os referidos autores também criaram duas novas famílias: Pterigynandraceae e Helodiaceae. Em Pterigynandraceae acomodaram os seguintes gêneros: *Habrodon* Schimp., *Heterocladium*, *Iwatsukiella* W.R. Buck & H.A. Crum, *Myurella* e *Pterigynandrum* e em Helodiaceae somente o gênero *Helodium*.

Touw (2001) especula sobre as relações filogenéticas em Thuidiaceae sem também apresentar um estudo cladístico. O referido autor adota uma classificação baseada em múltiplos caracteres, tais como a papilosidade dos filídios, dos paráfílos, o padrão de pinação, o formato dos filídios, o peristômio e a caliptra. O autor limitou Thuidiaceae a 16 gêneros e 72 espécies e dividiu a família em três grupos informais: “Combinado” (*Abietinella*, *Boulaya*, *Haplocladium* e *Raiiella*), “Helodioideo” (*Actinothuidium*, *Bryonoguchia*, *Echinophyllum* T.J. O'Brien, *Helodium* e *Hylocomiopsis*)

e “Thuidioideo” (*Aequatoriella* A. Touw, *Bryochenea* C. Gao & G.C. Zhang, *Indothuidium* A. Touw, *Orthothuidium* D.H. Norris & T.J. Kop., *Pelekium*, *Thuidium* e *Thuidiopsis*). Também propôs dois novos gêneros (*Aequatoriella* e *Indothuidium*), novas combinações transferindo *Cyrto-hypnum* para *Pelekium* e considerou que as características morfológicas entre Thuidiaceae e Leskeaceae são bastantes distintivas para mantê-las separadas.

Por fim, García-Avila et al. (2009) realizou um estudo filogenético com Thuidiaceae e Leskeaceae utilizando somente marcadores de cloroplasto e métodos cladísticos. Os autores concluíram que Thuidiaceae e Leskeaceae não são grupos monofiléticos e que seria necessária uma análise mais ampla, incluindo mais representantes de ambas as famílias, além da inclusão de mais marcadores para tornar seus resultados mais conclusivos. Além disso, pode-se verificar a grande proximidade entre Leskeaceae e Thuidiaceae, bem como a existência de um grupo monofilético “thuidioide” (*sensu* Touw 2001), formado por *Aequatoriella*, *Bryochenea* C. Gao & G.C. Zhang, *Indothuidium*, *Orthothuidium* D.H. Norris & T.J. Kop., *Pelekium*, *Thuidium* e *Thuidiopsis*).

Os primeiros relatos sobre a ocorrência de espécies de Thuidiaceae na América Latina datam de 1867 e foram publicados em uma lista de musgos coletados em uma viagem transcontinental pelo vale do Amazonas e Montanhas Andinas da América do Sul (Spruce 1867). Mitten (1869), relatou a ocorrência de 24 espécies de *Thuidium* e outras 30 espécies agrupadas dentro de Thuidiaceae em seu trabalho sobre *Musci Austro-Americani*. Gier (1980) foi o primeiro e único a propor um estudo sobre as Thuidiaceae na América Latina, listando a ocorrência de 10 gêneros e 96 espécies.

No Brasil, os primeiros relatos de Thuidiaceae ocorreram a partir da publicação de Brotherus (1891), onde foram realizadas coletas nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, sendo amostradas 97 espécies de Briófitas, dentre as quais apenas três eram Thuidiaceae.

A partir de Brotherus (1891), alguns trabalhos tais como floras regionais fazem referência a ocorrência de Thuidiaceae para o Brasil. Dentre os mais importantes podemos citar o Catálogo de Musgos Brasileiros (Yano 2011), onde são citadas a ocorrência de quatro gêneros, 27 espécies e uma variedade de Thuidiaceae e a Lista de Espécies da Flora do Brasil (Costa & Soares 2015), com três gêneros e 16 espécies.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão taxonômica da família Thuidiaceae para o Brasil, apresentando chaves, descrições, comentários, ilustrações, mapas e distribuição geográfica de todas as espécies ocorrente no Brasil.

Material e Métodos

Foram estudadas 2.650 exsicatas de Thuidiaceae e o material tipo de 60 táxons. Foram visitados os principais herbários do Brasil e do exterior com coleções significativas de Thuidiaceae: BM, INPA, NY, MO, R, RB, SP e UB, além da solicitação de empréstimo para 23 instituições nacionais e internacionais: ALCB, BHCB, CEN, E, F, G, H, HEPH, HUCS, IBGE, JE, L, M, MAK, MG, PACA, PC, PH, UFPE, S, UFG, US e W.

Foram selecionadas algumas áreas consideradas prioritárias para coleta de amostras visando abranger os diferentes biomas ocorrentes no Brasil e também a coleta de material fresco para extração de DNA. Foram realizadas coletas em 11 Estados brasileiros: AM, BA, ES, GO, MA, MG, MT, RJ, RR, SC, SP e DF. As coletas se concentraram em áreas com vegetação florestal no Cerrado, Amazônia e Mata Atlântica, pois sabe-se que as espécies de Thuidiaceae são encontradas preferencialmente no interior de ambientes florestais, onde há maior disponibilidades de substrato e umidade. O material coletado foi depositado no herbário UB e duplicatas foram enviadas para instituições parceiras.

A coleta e preparação do material foi realizada de acordo com Yano (1984) e Gradstein et al. (2001). A metodologia de coleta foi aleatória, sendo coletada uma pequena amostra de todo material visível utilizando técnica habitual para o grupo. As amostras foram coletadas com o auxílio de espátula, canivete ou manualmente em todos os substratos disponíveis, colocadas em sacos de papel pardo e secas ao ar livre. Após a identificação, as amostras foram depositadas no Herbario UB, com duplicatas para instituições parceiras.

As amostras foram analisadas no Laboratório de Criptógamas do Departamento de Botânica da Universidade de Brasília e no Jardim Botânico de Nova Iorque. Foram utilizados microscópio óptico (Nikon E200) e microscópio estereoscópico (Zeiss). Lâminas semi-permanentes foram feitas, quando necessário, com solução de Hoyer (Anderson 1954). Foram observados os gametófitos e quando possível os esporófitos. Pequenas porções dos materiais foram separadas, sendo rehidratadas sobre lâmina de

vidro com água, dissecados com estiletes e pinças e então as estruturas a serem observadas foram montadas em lâmina e lamínula para uma análise detalhada em microscópio óptico. A identificação das espécies foi feita através do estudo do material-tipo e consulta a bibliografia especializada.

O tratamento taxonômico apresenta chaves para identificação dos gêneros e espécies, descrições, fotos, distribuição geográfica e comentários para todas as espécies. Sinônimos são apresentados, bem como a localização do material-tipo estudado.

A distribuição geográfica foi baseada no material analisado e nas coletas de campo realizadas. Somente uma amostra por localidade foi citada no material analisado.

As abreviações dos estados seguiram as siglas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

A terminologia briológica está padronizada de acordo com a versão brasileira do Glossarium Polyglottum Bryologiae (Luizi-Ponzo et al. 2006).

Os mapas de distribuição das espécies foram confeccionados utilizando o software ArcGIS 9.3 (ESRI).

Resultados e Discussão

Após a revisão nomenclatural da lista, análise dos tipos, estudo das coleções de diferentes herbários do Brasil e do mundo e das amostras coletadas durante os trabalhos de campo, foi possível confirmar a ocorrência de 16 espécies e dois gêneros de Thuidiaceae para o Brasil, ocorrendo em 22 estados e no Distrito Federal. Também podemos confirmar a ocorrência de três espécies endêmicas, sendo duas de ocorrência restrita a Mata Atlântica. Duas espécies são novas ocorrências para o país: *Pelekium siphotheca* (Müll. Hal.) Touw e *Thuidium assimile* (Mitt.) A. Jaeger. e uma nova espécie está sendo apresentada *Thuidium bifidum* Soares, A.E.R. & Câmara, P.E.A.S. Novas sinonimizicações, combinações e lectotipificações também estão sendo propostas.

Inicialmente duas listagens divergiam quanto ao número de espécies e gêneros de Thuidiaceae ocorrentes no Brasil. Yano (2011) cita 27 espécies e cinco gêneros,

enquanto a Lista de Espécies do Brasil (Costa & Soares 2015) cita a ocorrência de 16 espécies e três gêneros.

Em relação a listagem de Yano (2011), houve uma redução de 42% no número total de táxons registrados para o país. O gênero *Raiiella* e suas espécies (*Raiiella lagoensis* e *Raiiella praelonga*) foram excluídas da listagem, pois de acordo com os últimos trabalhos de filogenia que envolveram representantes de Thuidiaceae (Cox et al. 2010, García-Avila et al. 2009, Soares & Câmara capítulo 1), o gênero está mais intimamente relacionado com Leskeaceae e não pertence ao agrupamento monofilético que delimitou a família Thuidiaceae. Seis espécies foram sinonimizadas (*T. mattogrossense*, *T. patrum*, *T. pinnatum*, *T. purpureum*, *T. pusillum* e *T. subgranulatum*) e seis foram excluídas por se tratarem de registros duvidosos, identificações errôneas ou pela ausência de material testemunho nos herbários visitados.

Em relação a Lista de Espécies do Brasil (Costa & Soares 2015), houve a exclusão de duas espécies de *Thuidium* por se tratarem de registros duvidosos ou pela ausência de material testemunho.

Dentro do gênero *Pelekium*, houve a inclusão de uma nova citação para o Brasil (*Pelekium siphotheca*), a confirmação da ocorrência de *Pelekium muricatum* e *Pelekium subpinnatum* até então conhecidas somente pelo material tipo coletado no Brasil no século 19 e a exclusão de *Cyrto-hypnum frontinoae* (Mull. Hal.) Churchill & Linares, citada por Yano (2011), por se tratar de uma amostra de *Pelekium muricatum*. *Thuidiopsis furfurosa* (Hook. f. & Wilson in Wilson & Hooker) M. Fleisch, também foi excluída pois todas as amostras analisadas tratavam-se de *Pelekium sparsum*.

Quanto ao gênero *Thuidium*, houve a exclusão de três espécies devido à ausência de material testemunho e por serem conhecidas somente pela espécie-tipo, sendo elas: *Thuidium serricola* (Müll.Hal.) Paris, *Thuidium granulatum* (Hampe) A. Jaeger e *Thuidium subtamariscinum* (Hampe) Broth.

Outras três espécies de *Thuidium* tratavam-se de táxons com a identificação duvidosa. *T. recognitum* var. *philibertii* e *T. peruvianum* eram identificações duvidosas. Após análises das amostras e das espécies-tipo, verificou-se que tratavam-se de representantes de *T. assimile*. Não foram localizadas amostras de *T. recognitum* nos herbários estudados e nas coletas de campo realizadas.

A revisão da família para o Brasil também resultou na sinonimização de seis táxons. *T. mattogrossense* foi considerado sinônimo de *T. tomentosum*; *T. patrum* foi considerado um representante de *Haplocladium* (Leskeaceae); *T. pinnatum*, *T. purpureum* e *T. subgranulatum* foram sinonimizadas com *T. minutulum* e *T. pusillum* foi sinonimizada com *T. muricatum*.

Também foi realizada lectotipificação para as espécies: *Pelekium scabrosulum*, *Thuidium antillarum* e *Thuidium acuminatum*.

No Brasil são reconhecidos dois gêneros e 16 espécies de Thuidiaceae, o que representa aproximadamente 52% do total de espécies desta família registradas para a América tropical e 22% para o mundo.

Quanto ao padrão de distribuição das espécies brasileiras, três (18%) são endêmicas do Brasil, cinco (32%) são Neotropicais, três (18%) são de ocorrência nas Américas e cinco (32%) apresentam outros tipos de distribuição. As regiões Sul (27%) e Sudeste (39%) foram as mais ricas e representativas em termos de riqueza, seguidas pelo Norte (17%), Centro-Oeste (12) e Nordeste (5%). Este padrão de distribuição concentrada nas regiões sul/sudeste, com 66% de toda a riqueza de Thuidiaceae já era esperado, tendo em vista que a Mata Atlântica, bioma predominante na região, de acordo com Costa (2009) é a mais rica região em termos de diversidade de Briófitas no Brasil.

Analisando o padrão de distribuição por Bioma, também podemos concluir que a Mata Atlântica é o bioma que apresenta a maior riqueza de Thuidiaceae, concentrando 66% das espécies registradas, seguida pela Amazônia (18%), Cerrado (13%), Caatinga e Pantanal (1%), não foram registradas ocorrências para os Pampas (Figura 1 e Figura 2). A Lista de Briófitas das Espécies da Flora do Brasil (Costa & Peralta 2015) também coloca a Mata Atlântica como o centro de diversidade e endemismo de Briófitas no Brasil, concentrando aproximadamente 49% de toda a riqueza, isso se deve provavelmente a diversidade ecológica do Domínio Atlântico, cuja a região nuclear do Domínio corresponde a uma série de ecossistemas quase contínuos ao longo da costa brasileira, ocorrendo desde o Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul (Stehmann *et al.* 2009).

De acordo com Stehmann *et al.* (2009), diferentemente da maioria das florestas tropicais, a Floresta Atlântica possui um conjunto de variáveis geográficas e climáticas que a tornam singular, tais como: amplitude latitudinal, variação longitudinal, variação

altitudinal desde o nível do mar até 2.890m nas serras do Complexo da Mantiqueira e diferenças na pluviosidade, que varia de locais sub-úmidos, com estações secas no nordeste brasileiro (baixa riqueza de Thuidiaceae), até áreas hiper-úmidas, acima dos 3.600mm anuais, na Serra do Mar (alta riqueza). Todos estes fatores, em especial as altas altitudes e as áreas úmidas e hiper-úmidas, são ambientes altamente propícios para a elevada riqueza de Thuidiaceae na Mata Atlântica, tendo em vista que boa parte dos táxons ocorrentes nesta área ocorrem em regiões altas, úmidas e com temperaturas moderadas a baixas.

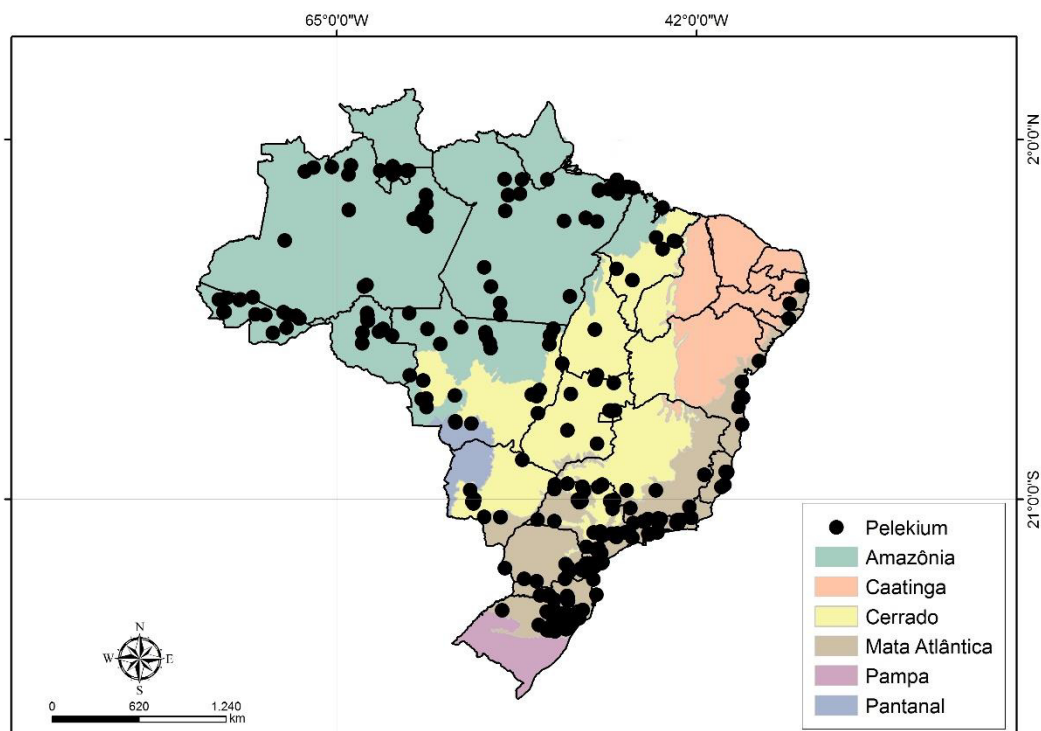


Figura 1: Locais, Estados e Biomas de ocorrência do gênero *Pelekium* no Brasil.

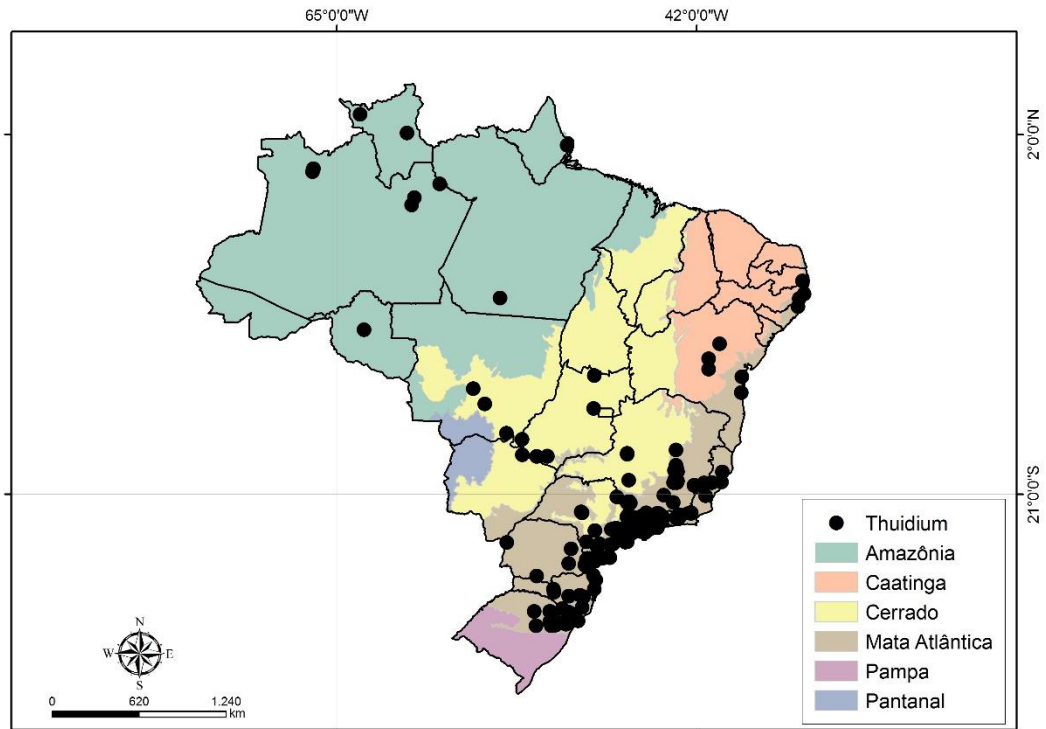


Figura 2: Locais, Estados e Biomas de ocorrência do gênero *Thuidium* no Brasil.

Analisando separadamente o padrão de distribuição dos dois gêneros ocorrente no Brasil, *Pelekium* apresenta uma distribuição mais homogênea entre os três principais biomas, com 55% na Mata Atlântica, 29% na Amazônia e 19% no Cerrado (Figura 1) e também uma maior amplitude altitudinal (Figura 3), ocorrendo de forma mais homogênea entre diferentes altitudes, demonstrando a maior amplitude ecológica deste gênero e sua capacidade de ocupar diferentes gradientes altitudinais. *Thuidium* apresenta uma distribuição predominante na Mata Atlântica com 83% das ocorrências, enquanto Cerrado (11%) e Amazônia (5%) apresentam baixas taxas de ocorrência (Figura 2), evidenciando a preferência deste gênero por áreas com temperaturas mais baixas e altitudes mais elevadas (Figura 4), como por exemplo as encontradas na Serra da Mantiqueira, Serra Geral e Serra do Mar, locais com elevada riqueza do gênero *Thuidium*. De um modo geral, as espécies de *Thuidium* não possuem ampla distribuição altitudinal, dificilmente ocorrendo próximo ao nível do mar ou em regiões de terra baixas como as encontradas na Amazônia.

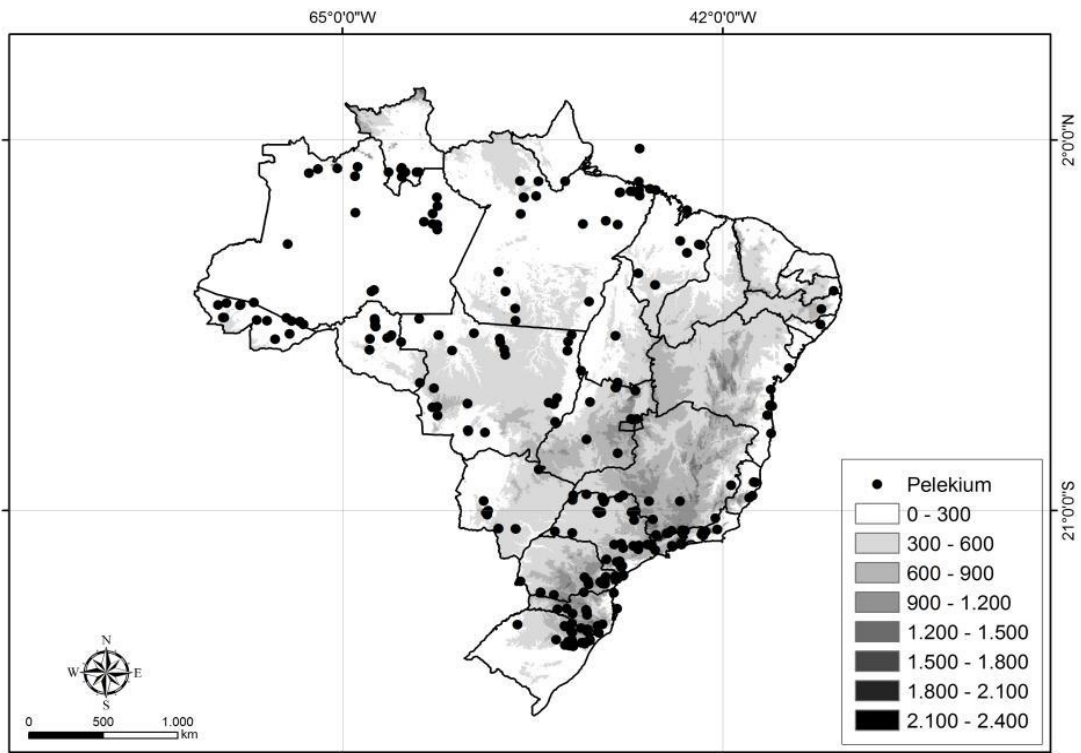


Figura 3: Variação altitudinal do gênero *Pelekium* no Brasil.

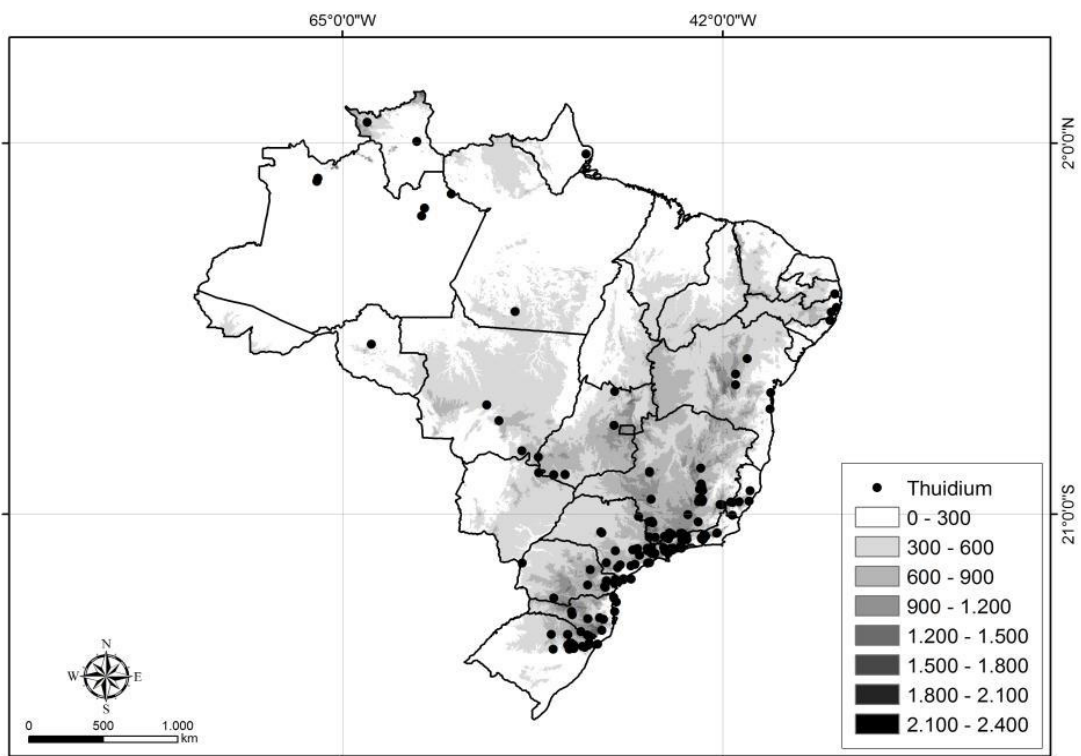


Figura 4: Variação altitudinal do gênero *Thuidium* no Brasil.

Tratamento Taxonômico

THUIDIACEAE Schimp.

Thuidiaceae Schimp. Syn. Musc. Eur. 493. 1860. – Tipo-gênero: *Thuidium* Bruch & Schimper in B.S.G.

Plantas pequenas a robustas, 3-20cm de compr., formando tapetes, às vezes extensos e vistosos, verde, amarelada ou dourada. **Caulídios** rastejantes ou ascendentes, às vezes arqueados, regularmente ou irregularmente 1-3 pinados; medula central presente, caulídios em secções transversais sem hialoderme, com uma pequena camada de células de paredes espessas, bordadas por células largas de paredes delgadas; paráfios presentes, freqüentemente abundantes, em especial nos caulídios, filamentosos ou folhosos, polimórficos, uniseriados ou pluriseriados, simples ou ramificados, 15-300µm de compr., 2-40 células, células medianas quadradas, sub-quadradas, oblatas, retangulares a longo-retangulares, unipapilosas ou pluripapilosas, células apicais truncadas, arredondadas ou agudas, papilosas; pseudoparáfios folhosos, raro filamentosos; pêlos axilares usualmente com 1 (-2) célula basal, verde-clara ou marrom e (-1) 2-3 (-5) células distais amareladas ou hialinas e alongadas. **Filídios** dos caulídios e das ramificações freqüentemente diferenciados. Filídios dos caulídios adpressos, imbricados, eretos ou ereto-patentes quando secos, eretos a patentes quando úmidos, ovados, obovados, deltóides a deltóide-lanceolados, 0,3-3mm de compr., acuminados, longo-acuminados ou pilíferos, às vezes cordados ou decurrentes, às vezes côncavos e plicados; margens crenulada-papilosas ou serrulada-papilosas, planas ou recurvadas; costa forte, simples, percurrentes a sub-percurrentes, faces abaxiais constantemente proeminentes, às vezes ornamentadas na base; células medianas quadradas, hexagonais, oblongas, isodiamétricas ou retangulares, paredes celulares delgadas ou incrassadas, unipapilosas ou pluripapilosas em ambas as faces ou somente na abaxial; células apicais truncadas, arredondadas ou agudas, comumente mais alongadas, papilosas ou lisas; células alares não diferenciadas ou raro fracamente diferenciadas. Filídios da primeira ramificação similares aos filídios do caulídio. Filídios das ramificações secundárias e terciárias menores, encurvados, adpressos, imbricados, eretos ou ereto-patentes quando secos, eretos a patentes quando úmidos, ovados, obovados ou deltóides, acuminados, obtusos ou agudos;

margens crenuladas a serrulada-papilosas, freqüentemente planas; costa simples, sub-percurrentes; células medianas isodiamétricas, sub-quadradas, retangulares, romboidais ou ovais, paredes celulares delgadas ou incrassadas, unipapilosas ou pluripapilosas em ambas as faces ou somente na abaxial; células apicais truncadas e com papilas ou às vezes aguda a obtusa e lisa; células alares não diferenciadas. **Monóicas** ou **Dióicas**. **Periquécios** conspícuos, eretos, lanceolado-oblongos, acuminados, longo-acuminados a filiformes, côncavos, às vezes plicados; margens serruladas, crenuladas ou sub-inteiras, ciliadas ou não, planas ou recurvadas; costa simples, às vezes inconspícuas e ausentes; células retangulares, oblongas, geralmente alongadas e lisas. **Setas** alongadas, avermelhadas ou alaranjadas, lisas ou rugosas; cápsulas inclinadas, horizontais ou sub-eretas, lisas, assimétricas, cilíndricas ou oblonga-cilíndricas; células do exotécio não colenquimatosas; ânulos diferenciados; opérculos cônicos ou rostrados. **Peristômios** duplos; exostômios amarelados ou alaranjados, lanceolados, bordeados, com ombros, estriados abaixo, papilosos acima, trabeculados; endostômios lanceolados, papilosos, quilhados, com as membranas basais altas; cílios presentes em grupos de 1-3. **Esporos** esféricos, papilosos ou lisos. **Caliptras** cuculadas, lisas, raro com pêlos.

Thuidiaceae é uma família que possui características morfológicas incomuns à maioria das famílias de musgos pleurocárpicas, como a presença de paráfios com papilas e padrão de pinação vistoso, facilmente identificável em campo. É representada mundialmente por 16 gêneros e 72 espécies distribuídas pelas regiões temperadas e tropicais (Buck & Crum 1990; Churchill & Linares 1995, Touw 2001a).

A família pode ser caracterizada por uma larga combinação de caracteres: ramificação regularmente pinada (1-3 pinada); paráfios nos caulídios, na maioria das espécies abundantes; filídio do caulídio freqüentemente deltóide ou deltóide-ovado, ápice acuminado ou longo-acuminado, filídio geralmente plicado; costa simples; células dos filídios ornamentadas por papilas; dimorfismo dos filídios da ramificação nas espécies 2-3 pinadas, em relação aos filídios dos caulídios; cápsula ovóide ou cilíndrica e peristômio tipicamente hypnóide (Touw 2001b).

Durante muitos anos Thuidiaceae foi considerada uma subfamília de Leskeaceae. Hoje evidências filogenéticas e morfológicas sustentam a separação de ambas as famílias em grupos distintos. Leskeaceae possui algumas características ausentes em

Thuidiaceae tais como: paráfílos lisos, ramificações irregulares, cápsula ereta e filídios do caulídio e da ramificação sem diferenciação.

De acordo com Buck & Vitt (1986), Thuidiaceae é uma família do hemisfério sul, mas muitos dos seus taxos basais são da Laurasia, com o centro de diversidade florística na região Sino-Japonesa. É amplamente distribuída em todos os continentes com exceção da Antártida, ocorrendo das florestas tropicais às florestas temperadas, do nível do mar a altas altitudes, como por exemplo Himalaia e Cordilheira dos Andes. Muitos gêneros e espécies são endêmicos da Ásia e da América do Sul, sendo estes os locais de maior diversidade (Touw 2001a). Todavia, Oceania e partes da América Central e do Norte também apresentam diversidade significativa. Espécies de Thuidiaceae crescem geralmente na camada inferior de ambientes méxicos ou florestas úmidas (Touw 2001a), poucas espécies são encontradas em ambientes secos. Colonizam diferentes substratos, ocorrendo sobre rochas, solos e troncos, em especial no interior de florestas.

Chave para os gêneros

- 1. Paráfílos não ramificados, 2-10 células compr.; 1-2-pinada1. **Pelekium**
- 1. Paráfílos ramificados, 10-40 células compr.; 2-3-pinada2. **Thuidium**

1. PELEKIUM Mitt.

Pelekium Mitt., J. Linn. Soc., Bot. 10: 176. 1868, emend. Touw, J. Hattori Bot. Lab. 90: 203. 2001, nom. cons. - Tipo: *Pelekium velatum* Mitt., J. Linn. Soc., Bot. 10: 176. pl. 6: f. c. 1868. SAMOA. Tutuila, *T Powell 14* (lectotype: NY!, isotypes: BM!, HI, LI, MO!).

Thuidium Schimp. sect. *Minutula* Bruch & Schimp, Bryol. Eur. 5: 161 (fasc. 49–51 Mon. 5). 1852. *Thuidium* Schimp. Subg. *Microthuidium* Limpr. Laubm. Deutschl. 2: 822. 1895. *Thuidium* Hedw. sect. *Microthuidium* (Limpr.) Kindb., Eur. N. Amer. Bryin. 1: 54. 1897, nom. ileg. *Microthuidium* (Limpr.) Warnst., Krypt.-Fl. Brandenburg, Laubm. 677. 1905. *Thuidium* Schimp. subg. *Thuidiella* Schimp. ex Broth., Nat. Pflanzenfam. I(3): 1012. 1908, nom. ileg. - Tipo: *Thuidium minutulum*

(Hedw.) Schimp., Bryol. Eur. 5: 161. 481 (fasc. 49–51 Monogr. 5. 1). 1852. Tipo: USA. Pensilvania, legit? (holotype: G!).

Hypnum Hedw. subg. *Cyrto-hypnum* Hampe, Flora 50(5): 78. 1867. *Hypnum* Hedw. sect. *Cyrto-hypnum* Hampe, Ann. Sci. Nat., Bot. Sér. 5, 5: 300-342. 1866, nom. nud. *Cyrto-hypnum* (Hampe) Hampe & Lorentz, Bot. Zeitung (Berlin) 27(28): 455. 1869. – Tipo: *Cyrto-hypnum brachythecium* Hampe & Lorentz, Bot. Zeitung (Berlin) 27: 455. 1869. EQUADOR. Loja, *H. Krause s.n.* (holotype: BM).

Lorentzia Hampe, Flora 50: 75. 1867. – Tipo: *Lorentzia longirostris* Hampe. Nuovo Giorn. Bot. Ital. 4: 288. 1872. MALÁSIA. Sarawak, *O. Beccari 24* (holotype: BM!).

Plantas pequenas, ca. de 3-10cm compr., formando diminutos tapetes laxos, verdes a verde-amareladas. **Caulídios** rastejantes, regularmente 1-2 pinado; medula central presente, caulídios em secções transversais sem hialoderme, com uma pequena camada de células de paredes espessas, bordeadas por células largas de paredes delgadas; paráfílos abundantes ou escassos nos caulídios, escassos ou ausentes nas ramificações, 15-90µm compr., filamentosos, uniseriados, simples, 2-10 células, células medianas quadradas ou retangulares, papilosas, células apicais truncadas ou agudas, papilosas; pseudoparáfílos folhosos, ovado-lanceolados a deltóides; pêlos axilares com 1 (-2) célula basal pequena, verde-clara ou marrom e 1-2 célula distal hialina. **Filídios** dos caulídios frequentemente encurvados, imbricados ou eretos quando secos, eretos a ereto-patentes quando úmidos, ovados, deltóides ou ovado-deltóides, 0,3-1mm compr., acuminados, sub-decurrentes, plicados ou lisos; margens comumente crenulada-papilosas ou serrulada-papilosas, recurvadas abaixo, planas acima ou inteiramente planas; costa sub-percurrente, frequentemente 2/3 do tamanho do filídio, às vezes projetando um espinho no ápice, face abaxial fracamente ou fortemente proeminente, às vezes ornamentada na base; células medianas quadradas, retangulares ou isodiamétricas, 3-12µm compr., paredes delgadas ou moderadamente espessas e incrassadas, pluripapilosas ou unipapilosas, papilas dispostas (quando pluripapilosas) na periferia do lúmen celular, papilas em ambas as faces, abaxial com ornamentação mais acentuada; células apicais truncadas ou arredondadas, às vezes agudas, papilosas ou lisas; células alares não diferenciadas. Filídios da primeira ramificação similares aos filídios dos caulídios. Filídios das ramificações secundárias diferenciados no tamanho e forma, menores, ovados,

oblongos ou ovado-oblongos, 0,2-0,5mm compr., comumente obtusos, às vezes curto-acuminados, côncavos, não plicados; margens crenulada-papilosas ou serruladas, planas ou recurvadas na base; costa sub-percurrente, 1/2 a 2/3 do tamanho do filídio, às vezes projetando um pequeno espinho no ápice; células medianas isodiamétricas, ovais a romboidais, 3-8 μ m compr., delgadas ou moderadamente incrassadas, frequentemente pluripapilosas, raro unipapilosas, papilas dispostas (quando pluripapilosas) na periferia do lúmen celular, papilas em ambas as faces; células apicais truncadas, raro agudas ou obtusas; células alares não diferenciadas. **Monóicas** ou **Dióicas**. **Periquécios** eretos, lanceolados ou ovado-lanceolados, acuminados ou longo-acuminados a filiformes, plicados; margens serruladas, ciliadas ou não, planas ou recurvadas na base; costa ampla, às vezes bem definida; células oblongas, alongadas, lisas ou levemente papilosas. **Setas** alongadas, delgadas, avermelhadas, 1,0-2,8cm compr., lisas ou rugosas; cápsulas sub-eretas a horizontais, 0,8-2,6mm compr., lisas, assimétricas, cilíndricas a obovóide-ovóide; células do exotécio curto-retangulares, quadradas ou isodiamétricas, paredes delgadas ou incrassadas; ânulos pouco diferenciados; opérculo cônico, às vezes oblíquo-rostrado. **Peristômios** com exostômios lanceolados, bordados, estriados abaixo, às vezes levemente papilosos acima, trabeculados; endostômios lanceolados, quilhados, com a membrana basal alta; cílios em grupos de 1-2, bem desenvolvidos ou vestigiais. **Esporos** esféricos, 7-20 μ m, levemente papilosos. **Caliptra** cuculada, lisa.

O gênero *Pelekium* possui cerca de 30 espécies na região Neotropical das quais oito ocorrem no Brasil. Crescem sobre solos, troncos caídos, bases de árvores e rochas. Possui distribuição predominantemente tropical, ocorrendo na América do Sul, África, Ásia, Pacífico, Austrália, mas também podem ser encontrados em partes extratropicais e temperadas da Europa, Ásia, Américas, Macaronésia e África do Sul (Touw 2001a).

Caracterizam-se por seu tamanho diminuto (quando comparadas a *Thuidium*); paráfilo simples, não ramificados e filídios com células pluripapilosas ou unipapilosas em ambas as faces. Nas espécies pluripapilosas (maioria), as papilas encontram-se dispostas na periferia do lúmen celular, o que por vezes (em material antigo e mal conservado) torna difícil sua visualização. Nas espécies unipapilosas a papila encontra-se no centro do lúmen celular. De acordo com Buck (1998), a maneira mais fácil de

reconhecer *Pelekium* (em relação aos outros gêneros) é pelo seu tamanho diminuto e característico, tornando possível o reconhecimento do gênero a olho nu.

Desde os primeiros estudos sobre Thuidiaceae (Schimper 1860), as pequenas espécies monóicas, hoje conhecidas como *Pelekium* e anteriormente como *Cyrtohypnum*, eram comumente tratadas dentro do gênero *Thuidium* ou como um subgênero. Os sistemas de classificação de Fleischer (1922) e Brotherus (1925) foram os mais aceitos pela grande maioria dos pesquisadores na classificação de Thuidiaceae durante o século XX. Eles dividiram Thuidiaceae em quatro sub-famílias, com as pequenas espécies monóicas (hoje *Pelekium*) agrupadas dentro da sub-família Euthuidioideae, gênero *Thuidium* subg. *Thuidiella*.

Fleischer (1922) e Brotherus (1925) já reconheciam o gênero *Pelekium* (ex.: *P. bifarium* (Bosch & Sande Lac.) M. Fleisch. e *P. velatum* Mitt) de uma maneira distinta da atual, constituído de poucos indivíduos, com a grande maioria das espécies que hoje são reconhecidas como *Pelekium* agrupadas dentro de *Thuidium*. *Pelekium* (*sensu* Brotherus) era composto por espécies monóicas e dióicas, não particularmente similares, que compartilhavam seta rugosa e caliptra campanulada (Touw 2001a).

Durante muitos anos diversos autores mantiveram as pequenas espécies monóicas dentro de *Thuidium* (ex.: Bartram 1939, 1949; Breen 1963; Crum 1973; Crum & Anderson 1981; Crum & Steere 1957; Grout 1932), com destaque para *Thuidium minutulum* (Hedw.) Schimp., *T. involvens* (Hedw.) Mitt. e *T. schistocalyx* (Müll. Hal.) Mitt, hoje típicos representantes de *Pelekium*.

Em uma tentativa de resolver os problemas de parentescos entre as Thuidiaceae, Buck & Crum (1990) retiraram as pequenas espécies monóicas de *Thuidium* e realocaram no gênero *Cyrtohypnum* proposto por Hampe em 1869, mas que nunca tinha sido amplamente aceito e utilizado. Buck & Crum (1990) ainda estabeleceram as características que definiriam o grupo quando comparadas a *Thuidium*: pequena estatura, monóicas, pêlos axilares com duas células, paráfios esparsos nos caulídios e não ramificados, células dos filídios papilosas em ambas as faces e seta comumente rugosa.

Com a proposta de Buck & Crum (1990), dois gêneros intimamente relacionados do ponto de vista morfológico (*Cyrtohypnum* e *Pelekium*) passaram a existir, ambos compartilhavam as seguintes características: filídios com papilas em ambas as faces, pêlos axilares com duas células, presença frequente de seta rugosa e pequena

estatura. *Pelekium* diferia de *Cyrto-hypnum* apenas por apresentar indivíduos monóicos e dióicos (enquanto *Cyrto-hypnum* apenas monóicos) e caliptra mitrada (Buck & Crum 1990). Todavia, alguns indivíduos de *Cyrto-hypnum* apresentam caliptra levemente mitrada quando imaturos (Buck & Crum 1990).

Hedenäs (1997), já adotando a classificação proposta por Buck & Crum (1990), não investigou a monofilia de *Cyrto-hypnum*, mas concluiu que *Pelekium* e *Cyrto-hypnum* estavam intimamente relacionados e alinhados dentro de *Thuidium*.

Por fim, Touw (2001a) redefiniu os limites da família e acomodou todas as espécies monóicas de *Thuidium* subg. *Thuidiella*, posteriormente reconhecidas por Buck & Crum (1990) como *Cyrto-hypnum* no gênero *Pelekium*. O referido autor reconheceu que não existiam diferenças morfológicas suficientes que mantivessem a separação de *Cyrto-hypnum* e *Pelekium* e propôs uma nova combinação, utilizando como nome válido *Pelekium*. Foi proposta ainda as seguintes características para separar *Pelekium* de *Thuidium*: tamanho diminuto, pêlos axilares com uma simples célula distal, paráfios simples, filídios periqueciais lisos ou levemente plicados e seta curta. Outras diferenças são menos constantes como: paráfios com ápice agudo, costa do filídio do caulídio pouco ou não ornamentada, filídios adaxiais com as células medianas fortemente ornamentadas e seta ornamentada (Touw 2001a).

Chave para as espécies

1. Plantas dióicas; filídio do caulídio cordado, 0,7-1mm compr., ápice falcado; seta lisa 7. ***P. sparsum***
1. Plantas monóicas; filídio do caulídio deltóide, 0,3-0,5mm compr., ápice acuminado ou curto acuminado; seta rugosa ou lisa
 2. Filídios da região mediana unipapilosos
 3. Paráfilo com a célula apical truncada..... 3. ***P. muricatum***
 3. Paráfilo com a célula apical aguda
 4. Paráfilo com células quadradas, ca. de 1:1, plantas 2-pinada.6. ***P. siphoteca***
 4. Paráfilo com células retangulares a longo-retangulares, ca. de 2-4:1, plantas 1-pinada, 8. ***P. subpinnatum***

2. Filídios da região mediana pluripapilosos

5. Plantas 1-pinada

6. Paráfilos escassos no caulídio; seta rugosa1. ***P. involvens***

6. Paráfilos abundantes no caulídio; seta lisa..... 2.***P. minutulum*** p.p

5. Plantas 2-pinada

7. Paráfilo com 2-3 células, inconspicuamente papilosas; irregularmente 2-pinado; seta lisa..... 2. ***P. minutulum*** p.p

7. Paráfilo com 3-10 células, conspicuamente papilosas; regularmente 2-pinado; seta rugosa

8. Filídios da ramificação patente e encurvado quando seco, laxamente disposto; paráfilos com 3-5 células; filídios periqueciais não ciliados
..... 4 .***P. scabrosulum***

8. Filídios da ramificação imbricado ou adpresso quando seco; paráfilos com 5-10 células; filídios periqueciais ciliados 5. ***P. schistocalyx***

1. ***Pelekium involvens*** (Hedw.) A. Touw, J., Hattori Bot. Lab. 90: 203. 2001. *Leskea involvens* Hedw. Sp. Musc. Frond. 218. 1801. *Hypnum involvens* (Hedw.) P. Beauv., Prodr. Aethéogam. 65. 1805. *Thuidium involvens* (Hedw.) Mitt., J. Linn. 12: 575. 1869. *Cyrto-hypnum involvens* (Hedw.) W.R. Buck & H.A. Crum, Contr. Univ. Michigan Herb.17: 66. 1990. - Tipo: JAMAICA. *sine leg.* (isotype: NY!).

Thuidium exilissimum Müll. Hal., Hedwigia 37: 264. 1898. - Tipo: JAMAICA. Kingston, O. Hansen *s.n.* (isotype: NY!).

Fig. 5 e Fig. 6.

Plantas pequenas, ca. de 2-4cm compr., delgadas, verdes a verde-amareladas. **Caulídios** 1-pinado, ramificações com 2-4mm compr.; paráfilos escassos nos caulídios, ausentes nas ramificações, 25-40µm compr., 2-6 células, células medianas quadradas, ca. de 1:1, 5-8µm compr., fracamente papilosas, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios e das ramificações similares; filídios dos caulídios encurvados quando secos, patentes quando úmidos, ovados a ovado-deltóides, 0,3-0,5x0,1-0,15mm, curto-acuminados, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas ou recurvadas nas

metades inferiores; costas simples, ca. de 2/3 do tamanho dos filídios ou terminando muito próxima aos ápices, faces abaxiais fracamente proeminentes; células medianas quadradas ou isodiamétricas, 1:1, ca. de 7-9 μ m compr., pluripapilosas (2-4), papilas dispostas na periferia do lúmen celular; células apicais alongadas, truncadas, papilosas. Filídios das ramificações encurvados quando secos, patentes quando úmidos, laxamente dispostos, oblongo-deltóides, 0,2-0,4x0,1-0,15mm, obtusos ou agudos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas ou recurvadas nas metades inferiores; costas ca. de 2/3 do tamanho dos filídios ou terminando muito próximo aos ápices; células medianas quadradas a isodiamétricas, 1:1, ca. de 5-7 μ m compr., delgadas, pluripapilosas (2-4); células apicais truncadas. **Monóicas. Periquécios** lanceolados, ca. de 1,2mm compr., longo-acuminados; margens serruladas acima, inteiras abaixo, planas; costas preenchendo os ápices; células oblongas, lisas. **Setas** 1-1,2cm compr., rugosas; cápsulas sub-eretas ou horizontais, 1mm compr., curto-cilíndricas; células dos exotécios curto-retangulares, incrassadas; opérculos rostrados. **Peristômios** com exostômios estriatos abaixo, levemente papilosos acima; endostômios com os segmentos levemente papilosos. **Esporos** 10-12 μ m.

Pelekium involvens caracteriza-se pelo gametófito 1-pinado com os filídios fortemente encurvados quando secos e dispostos laxamente no caulídio. Os filídios do caulídio e da ramificação são monomórficos, sem diferenciação. Os paráfilos são escassos sobre o caulídio e ausentes na ramificação. A seta é rugosa e os filídios periqueciais não possuem cílios.

Possui ampla distribuição, amplitude latitudinal e altitudinal, ocorrendo em diversas localidades, muitas destas inseridas dentro de unidades de conservação. Sendo assim, seu status de conservação foi considerado Pouco Preocupante (LC) de acordo com os critérios da IUCN (2001).

Crescem sobre o solo, rochas e troncos em decomposição, principalmente em ambientes secos ou méxicos, menos frequente em ambientes úmidos, 100-1200m alt.

Ocorrem na América do Sul, do Norte e Central.

Distribuição geográfica: AC, AM, BA, DF, GO, MA, MG, MT, MS, PA, PR, RO, RR e SP.

Domínios Fitogeográficos: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal.

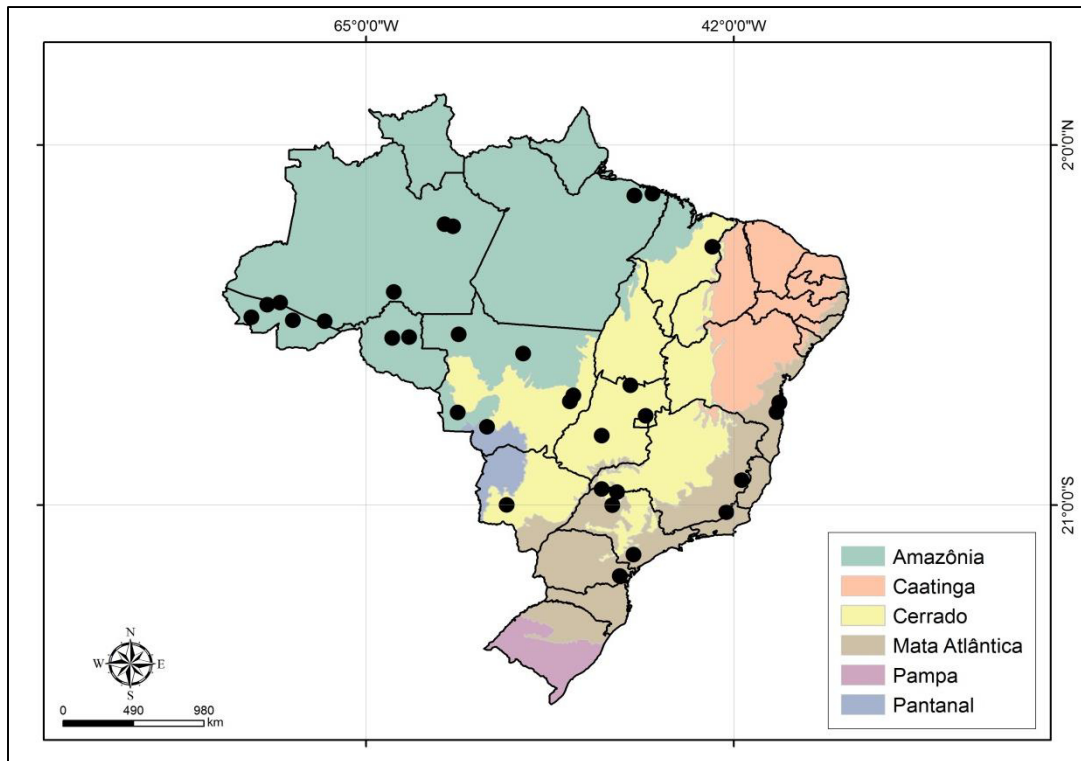


Figura 5: Mapa de distribuição de *Pelekium involvens* no Brasil.

Material analisado: **Acre:** Reserva Extrativa do Alto Jurúá, *Costa et al.* 3982 (RB); Rio Branco, *Reese* 13202 (NY); Santa Rosa, *Daly et al.* 10161 (NY); Tarauacá, *Costa et al.* 2820 (RB). **Amazonas:** Namorado Novo, *Prance et al.* 14680 (NY); Iranduba, *Peralta & Bordin* 12012 (SP). **Bahia:** Ilhéus, *Buck* 20180 (NY); Itabuna, *Vital* 8677 (NY, SP); Jussari, *Carvalho et al.* 6871 (NY). **Distrito Federal:** Córrego Landím, *Irwin et al.* 31702 (NY). **Goíás:** Paraúna, *Vital* 6320 (SP); Formoso, *Vital* 8507 (SP). **Maranhão:** Caxias, *Nascimento s.n.* (SP). **Mato Grosso:** Aripuanã, *Lleras et al.* P18323 (NY); Pontes e Lacerda, *Thomas* 4746 (NY); Cáceres, *Saddi & Vital* 6147 (UB, SP); Cláudia, *Peralta & Borges* 12366 (SP); Nova Xavantina, *Athayde-Filho & Fernandes* 2646 (SP); Água Boa, *Silva* 10 (SP). **Mato Grosso do Sul:** Bonito, *Peralta & Branco* 1885 (SP). **Minas Gerais:** Além Paraíba, *Yano & Santos* 5027 (SP); Caratinga, *Barros* 147 (SP). **Pará:** Ananindeua, *Brito* 275 (SP); Capanema, *Cardoso & Reis* 12 (SP). **Paraná:** Tijucas do Sul, *Yano* 27422 (SP). **Rondônia:** Alto Condeias, *Fife* 4095 (NY); Rio Pacaas Novos, *Reese* 13519 (NY). **Roraima:** Bonfim, *Santiago s.n.* (UFP 14332). **São Paulo:** Barretos, *Peralta* 6308 (SP); Iporanga, *Vital* 20596 (SP); Turmalina, *Peralta* 7661 (SP); Zacarias, *Peralta* 498 (SP).

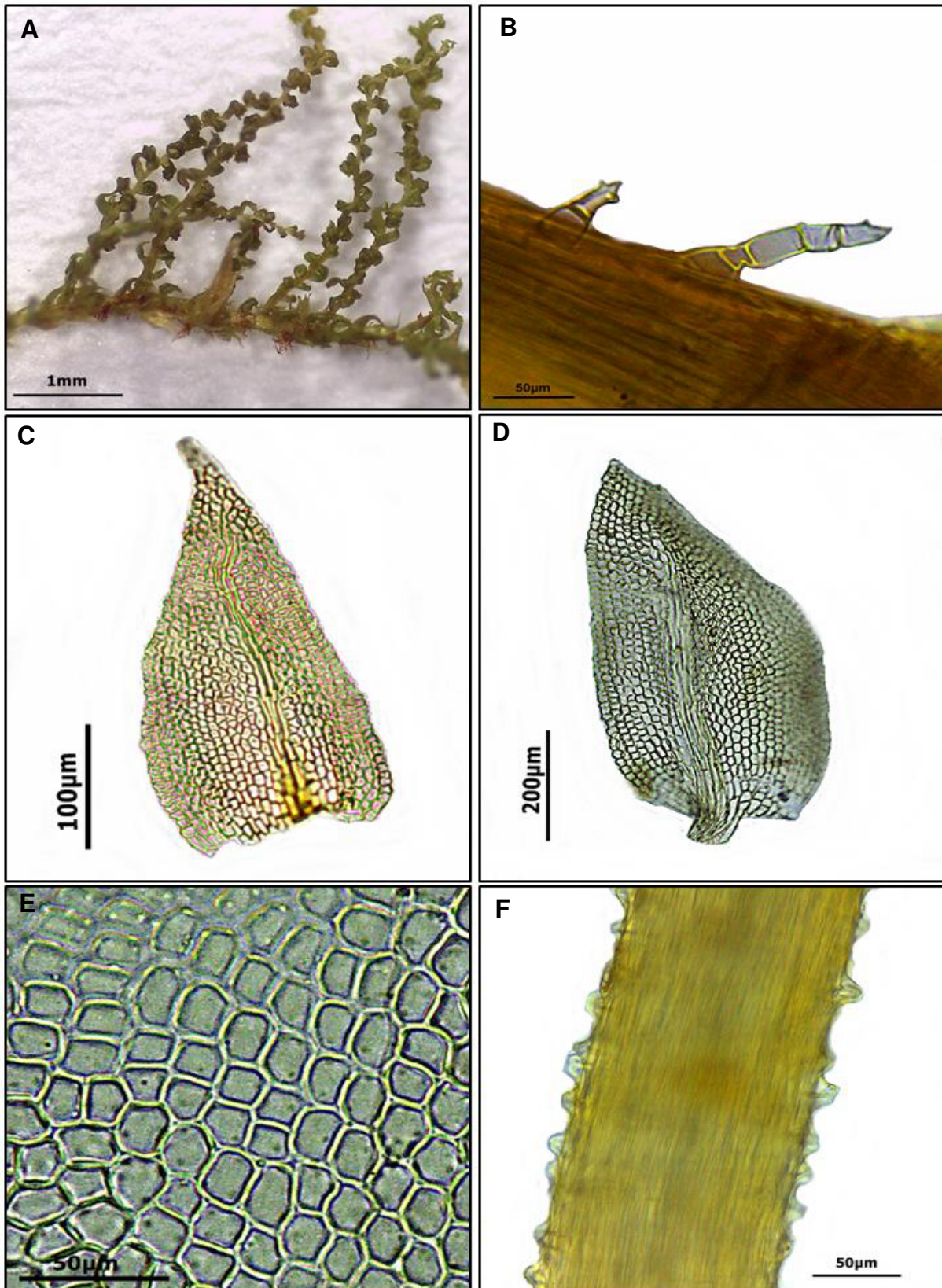


Figura 6: *Pelekium involvens*. A: Gametófito. B: Paráfilo. C: Filídio do caulídio. D: Filídio da ramificação. E: Células pluripapilosas da região mediana. F: Seta rugosa.

2. ***Pelekium minutulum*** (Hedw.) Touw, J. Hattori Bot. Lab. 90: 204. 2001. *Hypnum minutulum* Hedw. Sp. Mus. Frond. 260. 1801. *Thuidium minutulum* (Hedw.) Schimp. Bryol. Eur. 5: 161. 481 (fasc. 49--51 Monogr. 5. 1). 1852. *Microthuidium minutulum* (Hedw.) Warnst. Krypt.-Fl. Brandenburg, Laubm. 677. 683 f. 5. 1905. *Cyrto-hypnum minutulum* (Hedw.) W.R. Buck & H.A. Crum. Contr. Univ. Michigan Herb. 17: 66. 1990. - Tipo: USA. Pensilvania, *sine leg.* (Holotype: G!).

Thuidium exasperatum Mitt., J. Linn. Soc., Bot. 12: 576. 1869. - Tipo: BRASIL. *Weir 34* (Holotype: NY!, Isotype: BM!).

Thuidium pinnatum (Hampe) Lindb., Öfvers. Förh. Kongl. Svenska Vetensk. –Akad. 33(4): 46. 1876. *Hypnum pinnatum* Hampe, Vidensk. Meddel. Dansk Naturhist. Foren. Kjøbenhavn 1: 159. 1879 – Tipo: BRASIL, São Paulo, Apiaí, *Puiggari s.n.* (isotype: JE!), *syn. nov.*

Thuidium purpureum (Geh. & Hampe) Paris, Index Bryolo. 1289. 1898. *Hypnum purpureum* Geh. & Hampe, Flora 64: 437. 1881. – Tipo: BRASIL, São Paulo, Apiaí, *Puiggari 626* (isotypes: E!, JE!), *syn. nov.*

Thuidium subgranulatum (Geh. & Hampe) Kindb., Enum. Bryin. Exot., suppl. 2, 104. 1891. *Hypnum subgranulatum* Geh. & Hampe, Vidensk. Meddel. Dansk Naturhist. Foren. Kjøbenhavn 1: 159. 1879. – Tipo: BRASIL, São Paulo, Apiaí, *Puiggari 429* (holotype: E!, isotype: JE!). *syn. nov.*

Fig. 7 e Fig. 8.

Plantas pequenas, ca. de 3-5cm compr., delgadas, verdes a verde-amareladas. **Caulídios** irregularmente 2-pinados, raramente 1-pinado, ramificações com 3-6mm compr., delgadas; paráfios abundantes ou raramente escassos nos caulídios, escassos ou ausentes nas ramificações, 15-38µm de compr., 2-3 células, células medianas quadradas, ca. de 1:1, 4-7µm compr., papilosas, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios e das ramificações diferenciados; filídios dos caulídios encurvados e eretos quando secos, patentes quando úmidos, ovado-deltóides, 0,4-0,6x0,1-0,3mm, acuminados, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas ou recurvadas nas metades inferiores; costas simples, ca. de 4/5 do tamanho dos filídios, faces abaxiais fracamente proeminentes; células medianas quadradas ou isodiamétricas, 1-2:1, ca. de 8-11µm compr., pluripapilosas (2-4), papilas dispostas na periferia do lúmen celular; células apicais alongadas, truncadas, papilosas. Filídios das ramificações secundárias

encurvados quando secos, patentes quando úmidos, ovados a ovado-deltóides, 0,2-0,5x0,15-0,2mm, agudos, menos frequentemente obtusos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costas ca. de 3/4 do tamanho dos filídios ou terminando muito próximo aos ápices; células medianas quadradas a isodiamétricas, 1:1, ca. de 5-8µm compr., delgadas, pluripapilosas (2-5), papilas dispostas na periferia do lúmen celular; células apicais truncadas. **Monóicas. Periquécios** lanceolados, ca. de 1,4mm compr., longo-acuminados, subulados; margens serruladas acima, inteiras abaixo, planas; costas preenchendo os ápices; células oblongas, lisas. **Setas** 0,9-1,5cm compr., lisas; cápsulas sub-eretas a horizontais, ca. de 1,2mm compr., curto-cilíndricas; células dos exotécios curto-retangulares, incrassadas; opérculos rostrados. **Peristômios** com exostômios estriados abaixo, levemente papilosos acima; endostômios com os segmentos levemente papilosos. **Esporos** 9-11µm.

Pelekium minutulum caracteriza-se principalmente pela seta lisa, gametófito delgado, irregularmente bipinado (às vezes 1-pinado) e paráfio pequeno constituído de 2-3 células. Os filídios também são encurvados quando secos e dispostos laxamente no caulídio. Às vezes pode ser confundida com outras espécies pluripapilosas de *Pelekium*, porém difere por apresentar seta lisa e gametófito fracamente bipinado, características únicas no grupo dos pluripapilosos.

Sua amplitude latitudinal e altitudinal, aliada a ampla área de ocorrência, muitas destas inseridas dentro de unidades de conservação, faz com que o status de conservação de *P. minutulum* de acordo com os critérios da IUCN (2001), seja considerada Pouco Preocupante (LC).

Crescem sobre solos, rochas, troncos vivos e em decomposição, principalmente em ambientes méxicos, úmidos e sombreados, 100-1800m alt.

Ocorrem na América do Sul, do Norte, Central e Europa.

Distribuição geográfica: AP, AM, DF, ES, MA, MG, MS, MT, PA, PR, RJ, RO, RR, RS e SP.

Domínios Fitogeográficos: Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica.

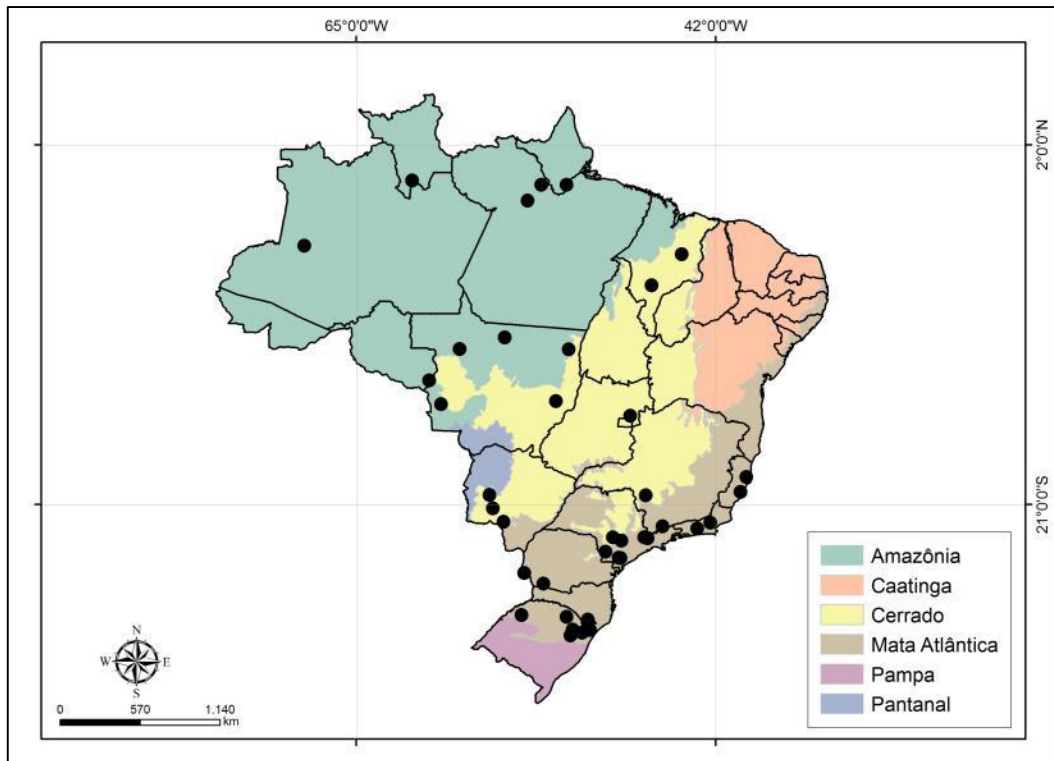


Figura 7: Mapa de distribuição de *Pelekium minutulum* no Brasil.

Material analisado: **Amapá:** Reserva Biológica do Lago Piratuba, *Pietrobon* 6136 (SP). **Amazonas:** Rio Jutaí, *Zartman* 7625 (INPA). **Distrito Federal:** Sobradinho, *Irwin* 33253 (SP); **Espírito Santo:** Domingos Martins, *Schafer-Verwimp* 12862 (NY); Linhares, *Yano* 26530 (SP). **Maranhão:** Fortaleza dos Nogueiras, *Brito* 408 (SP); Governador Archer, *Brito* 344 (SP). **Mato Grosso:** Juína, *Windisch* 8531 (SP); Luciara, *Pirani* 1282 (MO); Nova Canaã do Norte, *Ristow* 1647 (SP); Nova Xavantina, *Genevro* 41 (SP). Vila Bela da Santíssima Trindade, *Soares et al.* 1615 (UB). **Mato Grosso do Sul:** Antônio João, *Vital* 6453 (SP); Jardim, *Peralta & Branco* 1940 (SP); Bonito, *Peralta & Branco* 1743 (SP). **Minas Gerais:** Passos, *Vital* 7649 (SP). **Pará:** Almerim, *Pietrobon* 8249 (SP); Monte Alegre, *Pietrobon* 8342 (SP). **Paraná:** Foz do Iguaçu, *Buck* 12092 (SP); Marmeleiro, *Hatschbach* 26418 (NY). **Rio de Janeiro:** Nova Friburgo, *Costa & Gomes* 461 (RB); Parque Nacional da Tijuca, *Costa* 54 (RB). **Rio Grande do Sul:** Cambará do Sul, *Peralta* 10756, 10757 (SP); Caxias do Sul, *Bordin* 188 (MO, SP); Cerro Largo, *Sehnem* 3667 (SP, RB); Ciríaco, *Vital & Buck* 12136 (NY); Flores da Cunha, *Wasum s.n.* (ALCB 18165); Gramado, *Sehnem* 4696 (PACA); Jaquirana, *Dal Pont s.n.* (NY); Montenegro, *Sehnem* 3715 (PACA); São Salvador, *Sehnem* 3789 (RB, PACA); Touros, *Sehnem* 5979 (PACA). **Rondônia:** Colorado do Oeste, *Neiva* 13 (SP). **Roraima:** Rorainópolis, *Soares* 1131 (UB). **São Paulo:** Avaré, *Yano* 356 (MO, SP);

Cajati, *Vital* 5579 (MO, SP); Campos do Jordão, *Yano* 26140 (SP); Eldorado Paulista, *Vital & Buck* 12479 (NY); Ipiranga, *Joly* 1231; Itapetininga, *Vital* 2137 (SP); Itapeva, *Peralta & Yano* 11228, 11494 (SP); Itupeba, *Puiggari* 703 (SP); Jundiaí, *Puiggari* 33040 (MO); Mairiporã, *Yano* 31479 (SP); Pirajussana, *Gehn* 442 (JE, SP); Sete Barras, *Ratter* 4991 (MO).

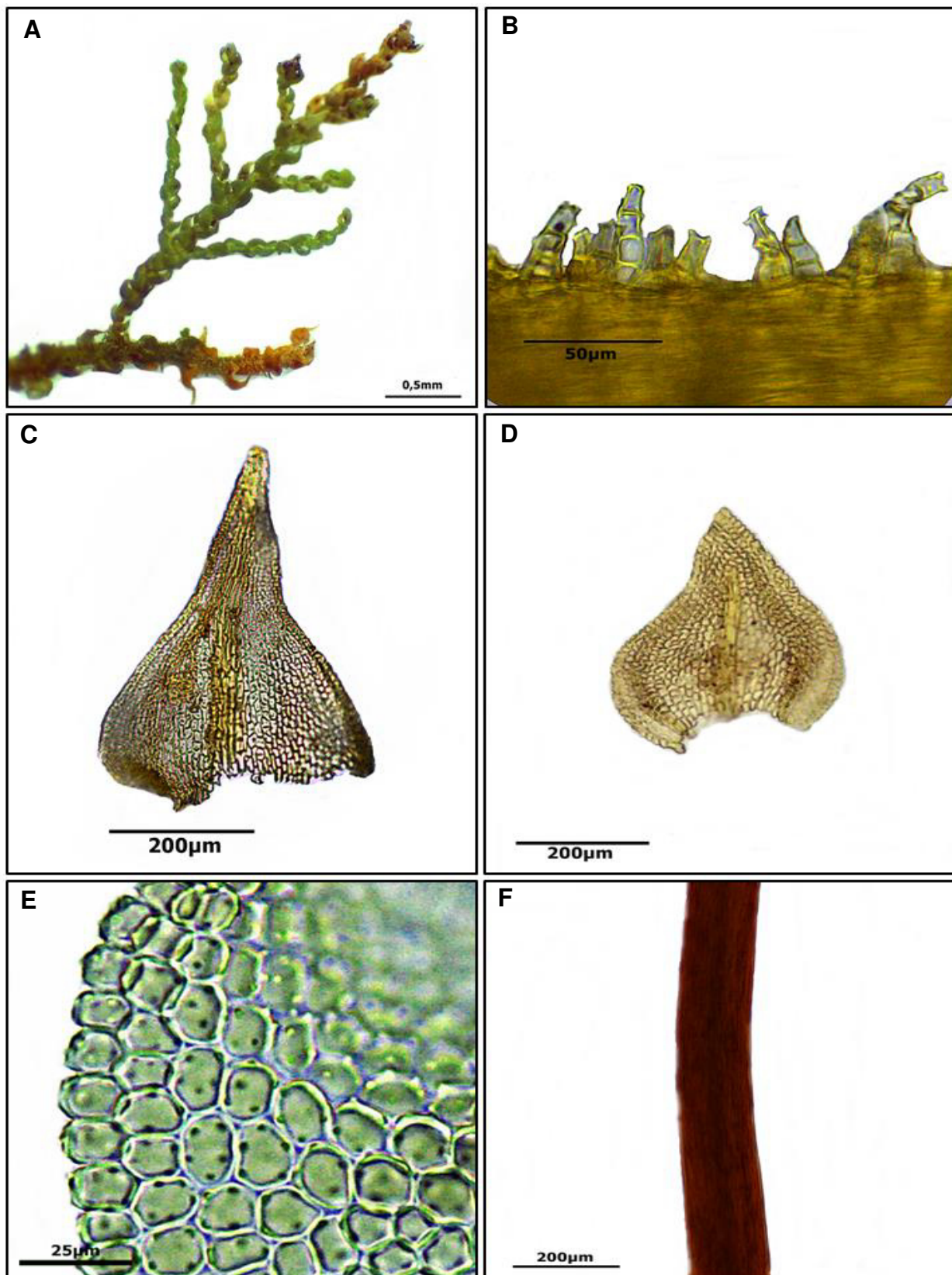


Figura 8: *Pelekium minutulum*. A: Gametófito. B: Paráfilo. C: Filídio do caulídio. D: Filídio da segunda ramificação. E: Células pluripapilosas da região mediana. F: Seta lisa.

3. ***Pelekium muricatulum*** (Hampe) Touw, J. Hattori Bot. Lab. 90: 204. 2001. *Hypnum muricatulum* Hampe, Linnaea 20: 88. 1847. *Thuidium muricatulum* (Hampe) A. Jaeger, Ber. Thätigk. St. Gallischen Naturwiss. Ges 1876--77: 253 (Gen. Sp. Musc. 2: 319). 1878. - Tipo: COLÔMBIA. *sine loco*, Moritz 46 (holotype: BM!).
- Hypnum brachytheticum* Hampe & Lorentz, Bot. Zeitung (Berlin) 26: 819. 1868. *Thuidium brachytheticum* (Hampe & Lorentz) A. Jaeger, Ber. Thätigk. St. Gallischen Naturwiss 1876--77: 254 (Gen. Sp. Musc. 2: 320). 1878. *Cyrto-hypnum brachytheticum* (Hampe & Lorentz) Hampe & Lorentz, Bot. Zeitung (Berlin) 27: 455. 1869. - Tipo: EQUADOR. Loja, *H. Krause s.n.* (holotype: BM!).
- Hypnum raphidostegum* Müll. Hal., Syn. Musc. Frond. 2: 494. 1851. *Thuidium raphidostegum* (Müll. Hal.) Mitt. J. Linn. Soc., Bot. 12: 577. 1869. Tipo: CHILE. *sine loco*, Poeppig 235 (isotype BM!).
- Thuidium pusillum* Mitt., J. Linn. Soc., Bot. 12: 577. 1869. Tipo: VENEZUELA. Caracas, *Funck et Schlim 351* (holotype: NY!). *syn nov.*

Fig. 9 e Fig.10.

Plantas pequenas, ca. de 4-7cm compr., delgadas, verdes a verde-amareladas. **Caulídios** 2-pinados, ramificações com 4-7mm compr., paráfios abundantes nos caulídios, escassos ou ausentes nas ramificações, 18-32µm compr., 2-3 células, células medianas quadradas, ca. de 1:1, 4-6µm compr., papilosas, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios e das ramificações diferenciados; filídios dos caulídios encurvados quando secos, patentes quando úmidos, deltóides, 0,5-0,7x0,15-0,3mm, acuminados, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas ou recurvadas nas metades inferiores; costas simples, ca. de 3/4 do tamanho dos filídios, faces abaxiais fracamente proeminentes; células medianas quadradas ou isodiamétricas, 1-2:1, ca. de 7-12µm compr., unipapilosas, papilas disposta no centro do lúmen celular; células apicais alongadas, truncadas, lisas ou inconspicuamente papilosas. Filídios das ramificações secundárias encurvados quando secos, patentes quando úmidos, ovado-deltóides, 0,3-0,6x0,2-0,3mm, agudos ou obtusos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costas ca. de 1/2 a 3/4 do tamanho dos filídios; células medianas quadradas a isodiamétricas, 1:1, ca. de 6-8µm compr., delgadas, unipapilosas, papilas disposta no centro do lúmen celular; células apicais truncadas. **Monóicas. Periquécios** lanceolados, ca. de 1,2mm compr., longo-acuminados, subulados; margens serruladas

acima, inteiras abaixo, planas; costas preenchendo os ápices; células oblongas, lisas. **Setas** ca. de 1cm compr., lisas; cápsulas sub-eretas ou horizontais, ca. de 1mm compr., cilíndricas; células dos exotécios curto-retangulares, incrassadas; opérculos rostrados. **Peristômios** com exostômios estriados abaixo, levemente papilosos acima; endostômios com os segmentos levemente papilosos. **Esporos** não observados.

Pelekium muricatulum é endêmica da América do Sul. Pode ser reconhecida por apresentar células unipapilosas, com a papila localizada no centro do lúmen celular; paráfios com a célula apical truncada, compostos por 2-4 células de comprimento e seta lisa. Pode ser confundida com *Pelekium siphoteca*, porém difere por apresentar a célula apical da papila truncada enquanto *P. siphoteca* possui a célula apical da papila aguda.

Apresenta distribuição restrita a poucas localidades no Brasil, ocorrendo no Cerrado (em regiões de mata de galeria) e na Mata Atlântica. Desta forma, de acordo com os critérios da IUCN (2001), *Pelekium muricatulum* foi classificada como Vulnerável – VU (B1a,b(i, ii)).

Crescem sobre rochas e troncos vivos e em decomposição, principalmente próximo ao curso d'água em locais sombreados, 600-1200m alt.

Ocorre na América do Sul (endêmica).

Distribuição geográfica: DF, MG, PR, RS e SP.

Domínios Fitogeográficos: Cerrado e Mata Atlântica.

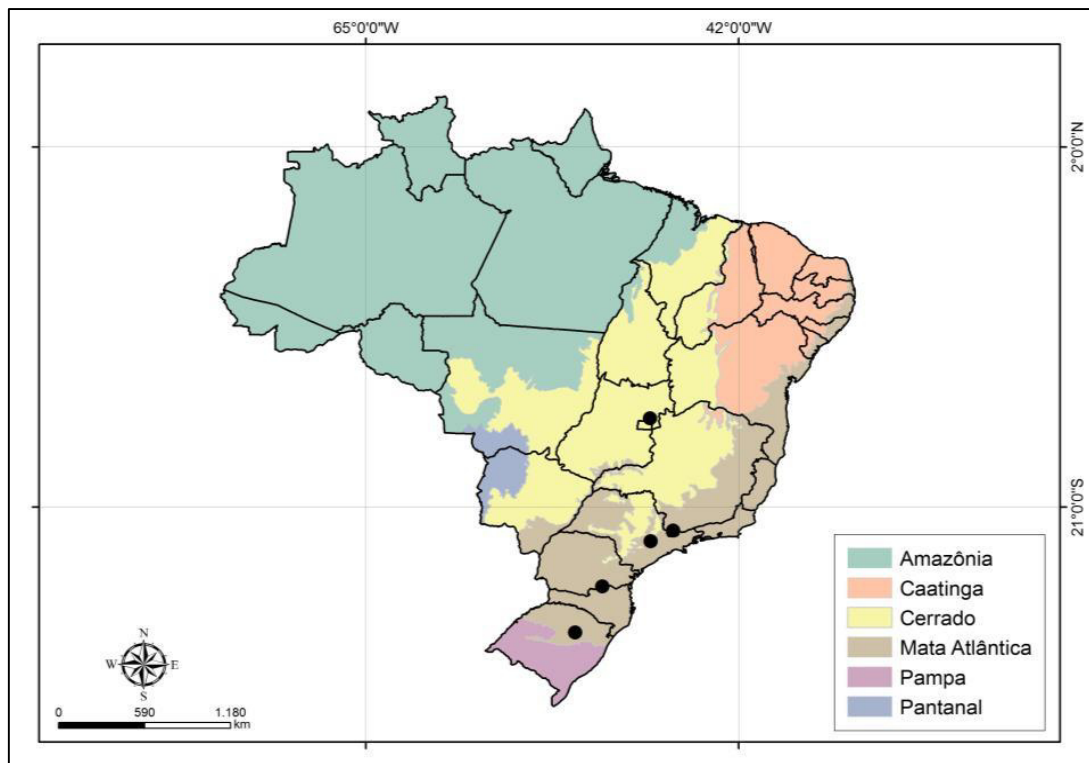


Figura 9: Mapa de distribuição de *Pelekium muricatum* no Brasil.

Material analisado: **Distrito Federal:** Sobradinho, *Irwin 33253* (UB). **MINAS GERAIS:** Monte Verde, *Peralta 3476* (SP). **Paraná:** Iguaçu, *Hosseus 16* (JE). **Rio Grande do Sul:** Ponte Velha, *Wasum 10496* (SP). **São Paulo:** Iperó, *Yano 32078* (SP).

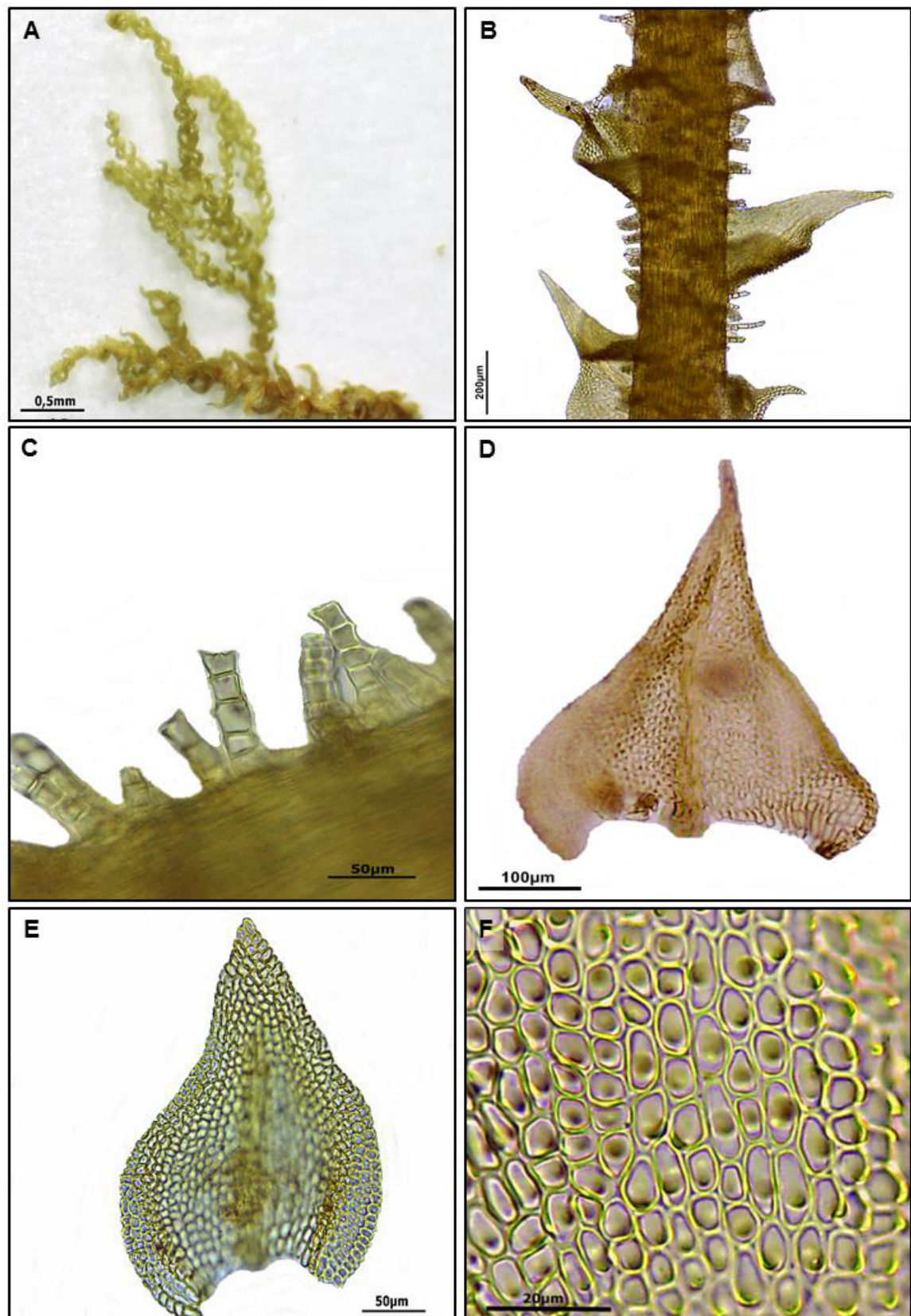


Figura 10: *Pelekium muricatum*. A e B: Gametófito. C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da segunda ramificação. F: Células unipapilosas do filídio da ramificação.

4. ***Pelekium scabrosulum*** (Mitt.) Touw, J. Hattori Bot. Lab. 90: 204. *Thuidium scabrosulum* Mitt. J. Linn. Soc., Bot. 12: 574. 1869. *Cyrto-hypnum scabrosulum* (Mitt.) W.R. Buck & H.A. Crum, Contr. Univ. Michigan Herb. 17: 67. 1990. - Tipo: BRASIL. Amazonas, próximo São Gabriel, *Spruce 1456* (lectotype designated here: NY!, isoelectotype: W!). Pará, *Spruce 1463* (isosyntype: NY!). America Australi, *Humboldt 40* et *29b* (isosyntype: NY!). *Sine loco*, *Spruce 1459* (isosyntype: NY?). Pará, Caipurú, *Spruce 1460* (isosyntype: W!). Amazonas, Cauapuna, *Spruce 1457* (isosyntype: NY!). Próximo S. Carlos, *Spruce 1461* (isosyntype: NY?).

Thuidium complanum Mitt., J. Linn. Soc., Bot. 12: 575. 1869. - Tipo: TRINIDAD E TOBAGO, *Black s.n.* (holotype: NY!).

Fig. 11 e Fig. 12.

Plantas pequenas, ca. de 5-8cm compr., delgadas, verdes a verde-amareladas. **Caulídios** regularmente 2-pinados, ramificações com 4-8mm compr., paráfios abundantes nos caulídios, escassos ou ausentes nas ramificações, 30-78 μ m compr., 3-5 células, células medianas quadradas, ca. de 1:1, 7-11 μ m compr., papilosas, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios e das ramificações diferenciados. Filídios dos caulídios encurvados quando secos, patentes quando úmidos, laxamente dispostos, ovado-deltóides, 0,35-0,5x0,1-0,2mm, acuminados, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas ou recurvadas na metade inferior; costas simples, ca. de 4/5 do tamanho dos filídios, faces abaxiais fracamente proeminentes; células medianas retangulares ou isodiamétricas, 1-2:1, ca. de 9-12 μ m compr., pluripapilosas (3-5), papilas dispostas na periferia do lúmen celular; células apicais alongadas, truncadas, papilosas. Filídios das ramificações secundárias fortemente encurvados quando secos, patentes quando úmidos, laxamente dispostos, ovado-deltóides, 0,15-0,2x0,1mm, agudos, as vezes obtusos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costas com ca. de 2/3 do tamanho dos filídios; células medianas quadradas a isodiamétricas, 1:1, ca. de 5-7 μ m compr., delgadas, pluripapilosas (3-5), papilas dispostas na periferia do lúmen celular; células apicais truncadas. **Monóicas. Periquécios** lanceolados, ca. de 1,0mm compr., subulado-acuminados; margens serruladas, planas; costas preenchendo os ápices; células retangulares, lisas. **Setas** 1-1,7cm compr., rugosas; cápsulas sub-eretas ou horizontais, ca. de 0,9mm compr., curto-cilíndricas; células dos

exotécios curto-retangulares, incrassadas; opérculos rostrados. **Peristômios** com exostômio estriados abaixo, levemente papilosos acima; endostômio com os segmentos levemente papilosos. **Esporos** 12-15µm.

Pelekium scabrosulum é uma das espécies mais comuns no Brasil, que caracteriza-se pelos filídios das ramificações fortemente encurvados e laxos quando secos, deixando a superfície do caulídio visível e também pela margem dos filídios periqueciais sem a presença de cílios. Estas características são muito importantes para separá-la de *P. schistocalyx*, pois na última os filídios da ramificação são imbricados quando secos, não deixando a superfície do caulídio visível e a margem do filídio periquecial é ciliada. Também apresenta como característica a seta rugosa e 3-5 papilas por célula.

A espécie possui ampla distribuição, ocorrendo em diversas localidades, geralmente em grandes populações e dentro de unidades de conservação. Deve-se, portanto, ser considerada Pouco Preocupante (LC) em relação ao seu status de conservação (IUCN 2001).

Crescem em locais secos e úmidos, na sombra ou parcialmente exposta ao sol, no solo, rochas e troncos vivos ou em decomposição em ambientes méxicos e florestas, principalmente na região amazônica, 200-900m alt.

Ocorre na América do Sul e Central.

Distribuição geográfica: AC, AL, AM, BA, DF, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PE, PR, RJ, RO, RR, RS e SP.

Domínios Fitogeográficos: Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica.

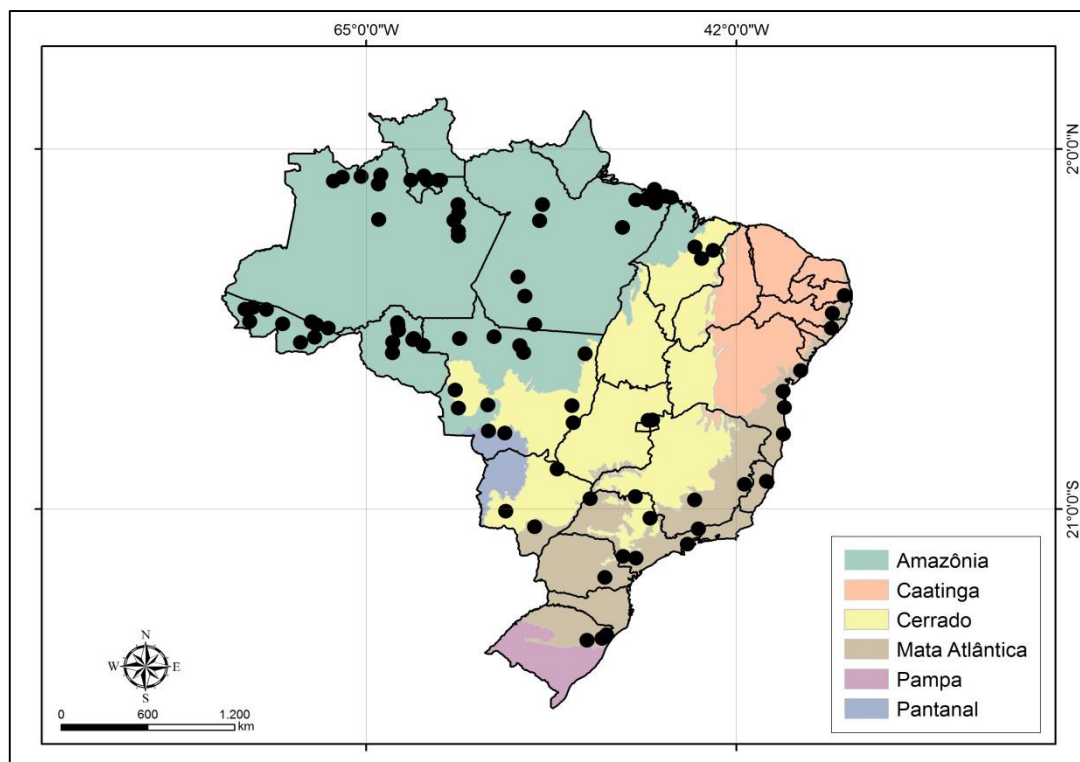


Figura 11: Mapa de distribuição de *Pelekium scabrosulum* no Brasil.

Material analisado: **Acre:** Alto Jurúa, *Costa 3917* (RB, SP); Brasiléia, *Reese 13272* (NY); Bujari, *Daly 9467* (NY); Cruzeiro do Sul, *Daly et al. 7321* (NY); Plácido Castro, *Lowy 530* (NY); Porto Acre, *Daly et al. 8020* (NY); Rio Branco, *Reese 13175* (NY); Rio Juruá, *Steward P13172* (NY); Santa Rosa, *Daly 9954*; Sena Madureira, *Nelson 575* (NY); Serra da Moa, *Prance et al. 12340* (NY); Tarauacá, *Costa 2755* (RB). **Alagoas:** São Miguel dos Campos, *Lima 80-6652* (SP). **Amazonas:** Balbina, *Buck 2737* (NY); Juma, *Traill s.n.* (NY); Manaus, *Griffin III et al. 643* (SP); Rio Mariê, *Yano 1787* (SP); Rio Negro, *Basset Maguire 60285* (NY); Namorado Novo, *Prance 14712*; Rio Uatumã, *Buck 2740* (MO, NY); São Gabriel, *Buck 2518* (NY); São Tomé, *Buck 2203* (NY); Serra Curicuriari, *Yano 1916* (SP); Serra de Jacamim, *Yano 1594*; Tapereira, *Yano 1513* (SP); Temenduí, *Yano* (SP). **Bahia:** Eunápolis, *Bôas-Bastos 715* (ALCB); Igrapiúna, *Bastos 4065* (ALCB); Ilhéus, *De Jesus et al. 864* (NY), Itanagra, *Boom 960* (NY). **Distrito Federal:** Brasília, *Irwin et al. 31686* (NY), FERCAL, *Moura 11* (SP). **Espírito Santo:** Linhares, *Yano & Santos 4885* (SP). **Goiás:** Formosa, *Vital 8273* (SP). **Maranhão:** Caxias, *Brito s.n.* (SP38939); Governador Archer, *Brito 316* (SP); Lago do Junco, *Daly 503* (NY). **Mato Grosso:** Alta Floresta, *Thomas et al. 4126* (NY); Aripuanã, *Lleras p18275* (NY); Barra do Garça, *Vital 1376* (MO, SP); Cáceres, *Hoehne 482* (JE); Colíder, *Dias et al. 483* (SP); Comodoro, *Boelter 13* (INPA, UB); Itaúba, *Dias et al. 599*

(SP); Luciara, *Pirani 1282* (NY); Nova Xavantina, *Felter & Fernandes 515* (SP); Poconé, *Yano 27496* (SP); Rio Aripuanã, *Prance et al. 18344*; Serra de Ricardo Franco, *Windisch 2069* (NY); Tangará da Serra, *Câmara et al. 2761* (UB), Vila Bela da Santíssima Trindade, *Soares et al. 1617* (UB). **Mato Grosso do Sul:** Bonito, *Peralta & Branco 1642* (SP); Costa Rica, *Pietrobon 2988*; Dourados, *Clemente s.n.* (SP). **Minas Gerais:** Caratinga, *Barros 106* (SP); São Francisco de Paula, *Brandão s.n.* (SP). **Pará:** Belém, *Occhioni 53* (RB); BR 163, km 885, *Prance et al. p25175* (NY); Bragança, *Pietrobon et al. 8357* (SP); Capanema, *Ferreira & Brito 8* (SP); Capitão Poço, *Tavares et al. 867* (RB); Monte Alegre, *Swallen 3403* (UB); Olvídos, *Occhioni 22* (RB); Primavera, *Pietrobon et al. 8449* (SP); Rio Curuá, *Reese 16545* (NY); Rio Jamanxím, *Reese 16702* (NY); Santa Maria do Pará, *Pietrobon et al. 8390* (SP); Serra do Cachimbo, *Reese 16109* (MO, NY); Tailândia, *Souza 617* (SP). **Paraná:** São João do Triunfo, *Vital 3311* (SP). **Pernambuco:** Quipapá, *Yano 2846* (SP); São Vicente Ferrer, *Silva 221* (SP). **Rio de Janeiro:** Parque Nacional do Itatiaia, *Vital 3525* (SP). **Rio Grande do Sul:** Montenegro, *Sehnem 4041* (PACA); São Francisco de Paula, *Jágmín 786* (SP); Serra de Pedra, *Reitz 2919* (PACA). **Rondônia:** Alto Condeias, *Fife 4124* (MO, NY); Ariquemes, *Fife 4079* (NY); Jarú, *Vital 14346* (SP); Ji-Paraná, *Vital 14398* (SP); Ouro Preto D' Oeste, *Vital 14113* (SP); Porto Velho, *McFarland et al. 255* (MO, NY); Rio Jamari, *Pires 9995* (SP); Rio Pacaas Novos, *Reese 13513* (NY). **Roraima:** BR-174 km 328, *Buck 1858* (NY); Ilha de Maracá, *Hopkins 769* (NY); Posto Mucajaí, *Prance et al. 11088* (NY); Rio Branco, *Pires 14527* (NY); Rorainópolis, *Soares 1196* (UB); Uaicá, *Prance et al. 19961* (NY). **São Paulo:** Descalvado, *Vital 752* (SP); Guapiara, *Buck 20437* (NY, SP); Itapeva, *Peralta & Yano 11391* (SP); Pereira Barreto, *Yano 9693* (SP); Ribeirão Preto, *Nonato 175* (SP) e Ubatuba, *Peralta 2217* (SP).

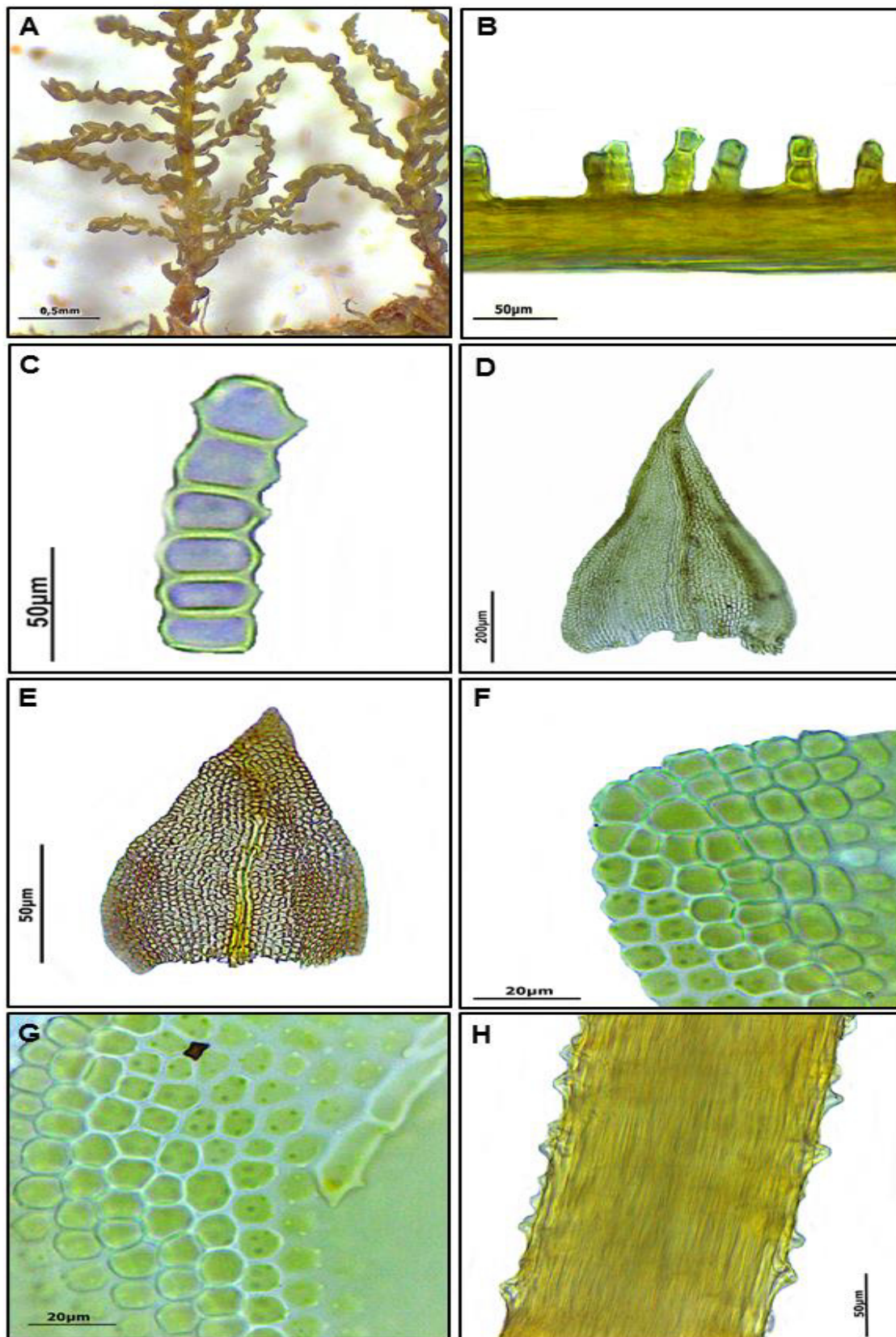


Figura 12: *Pelekium scabrosulum*. A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídios da última ramificação. F: Ápice do filídio da ramificação. G: Células pluripapilosas do filídio da ramificação. H: Seta rugosa.

5. ***Pelekium schistocalyx*** (Müll.Hal.) Touw, J. Hattori Bot. Lab. 90: 204. 2001. *Hypnum schistocalyx* Müll. Hal. Syn. Musc. Frond. 2: 691. 1851. *Thuidium schistocalyx* (Müll. Hal.) Mitt. J. Linn. Soc., Bot. 12: 575. 1869. *Cyrto-hypnum schistocalyx* (Müll. Hal.) W.R. Buck & H.A. Crum, Contr. Univ. Michigan Herb. 17: 67. 1990. – Tipo: NICARAGUA. Matagalpa, A.S. *Oersted s.n.* (isotypes: JE! NY!). *Thuidium subinvolvens* Müll. Hal., Hedwigia 37: 263. 1898. - Tipo: CUBA. *Charles Wright s.n.* (isotype: NY!).

Fig. 13 e Fig. 14.

Plantas pequenas, ca. de 6-8cm compr., delgadas, verdes a verde-amareladas. **Caulídios** regularmente 2-pinados, ramificações com 5-7mm compr., paráfios abundantes nos caulídios, escassos ou ausentes nas ramificações, 40-82 μ m compr., 5-10 células, células medianas quadradas, ca. de 1:1, 9-12 μ m compr., papilosas, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios e das ramificações diferenciados; filídios dos caulídios adpressos ou imbricados quando secos, patentes quando úmidos, deltóides, 0,3-0,6x0,1-0,2mm, acuminados, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas, recurvadas na metade inferior; costas simples, ca. de 4/5 do tamanho dos filídios, faces abaxiais proeminentes; células medianas isodiamétricas, 1-2:1, ca. de 8-11 μ m compr., pluripapilosas (3-5), papilas dispostas na periferia do lúmen celular; células apicais alongadas, truncadas, papilosas. Filídios das ramificações secundárias imbricados quando secos, ereto-patentes quando úmidos, ovado-deltóides, 0,2-0,3x0,1mm, agudos ou obtusos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costas com ca. de 2/3 a 3/4 do tamanho dos filídios; células medianas quadradas a isodiamétricas, 1:1, ca. de 4-8 μ m compr., delgadas, pluripapilosas (3-5), papilas dispostas na periferia do lúmen celular; células apicais truncadas. **Monóicas. Periquécios** lanceolados, ca. de 1,3mm compr., subulados; margens serruladas, fortemente ciliadas, planas; costas preenchendo os ápices; células retangulares, lisas. **Setas** 1-1,4cm compr., rugosas; cápsulas sub-eretas ou horizontais, ca. de 1mm compr., curto-cilíndricas; células do exotécio curto-retangulares, incrassadas; opérculos rostrados. **Peristômios** com exostômios estriados abaixo, levemente papilosos acima; endostômios com os segmentos lisos. **Esporos** 14-19 μ m.

P. schistocalyx caracteriza-se pelas células pluripapilosas, seta rugosa, filídios periqueciais com a margem ciliada e principalmente por apresentar os filídios da

ramificação imbricados quando secos, não deixando a superfície da ramificação visível, sendo esta última característica, juntamente com a margem do filídio periquecual ciliada, as principais características utilizadas para separá-la de *P. scabrosulum*.

Devido a sua ampla distribuição, amplitude latitudinal e altitudinal, ocorrendo em diversas localidades, muitas destas inseridas dentro de unidades de conservação, seu status de conservação foi considerado Pouco Preocupante (LC) de acordo com os critérios da IUCN (2001).

Crescem em locais úmidos, geralmente protegidos do sol, sobre rochas e troncos vivos ou em decomposição, em ambientes méxicos e florestais, 200-1000m alt.

Ocorrem na América do Sul, do Norte e Central.

Distribuição geográfica: AC, AM, DF, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PR, RJ, RO, RR, RS, SC, SP e TO.

Domínios Fitogeográficos: Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica.

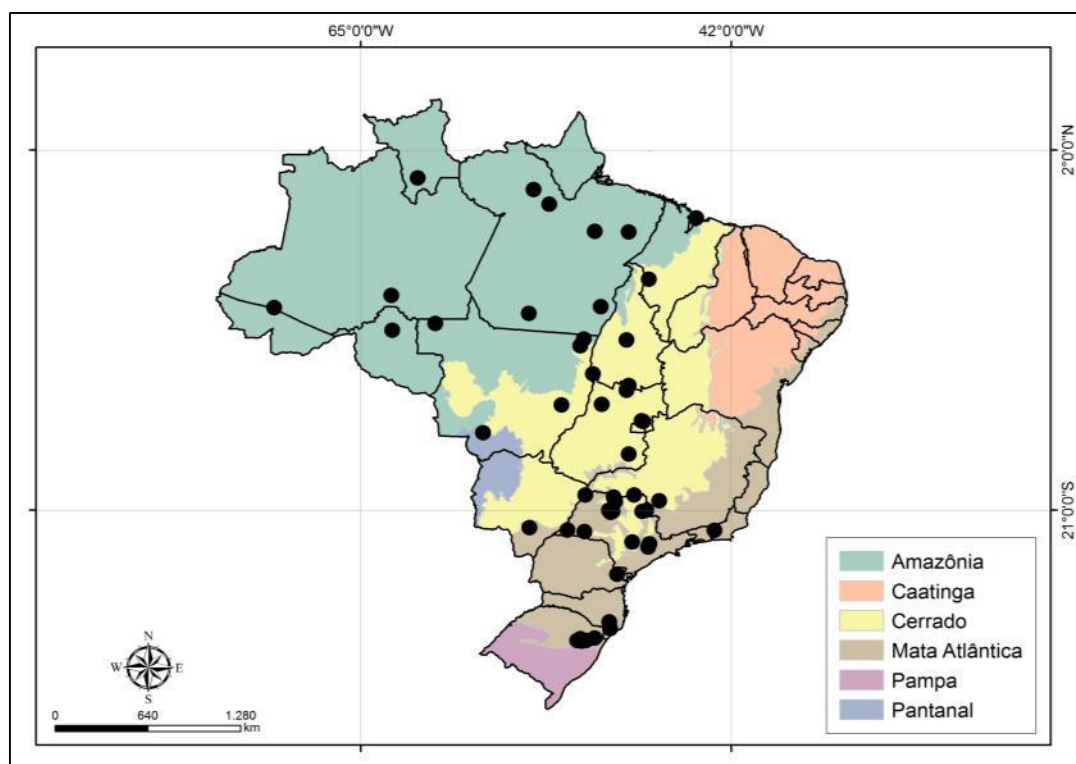


Figura 13: Mapa de distribuição de *Pelekium schistocalyx* no Brasil.

Material analisado: **Acre:** Tarauacá, *Costa et al.* 2576 (RB). **Amazonas:** Humaitá, *McFarland et al.* 298 (NY). **Distrito Federal:** Sobradinho, *Soares & Salmito* 1370 (UB). **Goiás:** Caldas Novas, *Pietrobon* 2643 (SP); Crixás, *Rivera et al.* s.n. (UB); Formoso, *Vital* 8517 (NY, SP). **Maranhão:** Porto Franco, *Hatschbach* 38699 (NY); São Luís,

Correira s.n. (SP). **Mato Grosso:** Aripuanã, *Windisch 8549* (SP); Cáceres, *Soares et al. 1595* (UB); Campinápolis, *Freitas 39* (SP); Nova Xavantina, *Athayde-Filho et al. 3900* (SP); Porto Alegre do Norte, *Teixeira 40* (SP); Santa Teresinha, *Thomas 4390* (MO, NY). **Mato Grosso do Sul:** Aparecida do Taboado, *Pietrobon 2836* (SP); Dourados, *Clemente s.n.* (SP). **Minas Gerais:** Passos, *Vital* (MO). **Pará:** Anapu, *Prance et al. P26483* (MO); Capitão Poço, *Tavares et al. 860* (RB); Conceição do Araguaia, *Plowman 409* (NY); Coqueiro, *Kuhlmann 2120* (RB); Prainha, *Pietrobon et al. 8337* (SP); Presidente Kennedy, *Plowman 8155* (NY); Rio Xingú, *Prance 26483* (NY); Serra do Cachimbo, *Reese et al. 16690* (MO, NY). **Paraná:** Bocaiúva do Sul, *Ristow et al. 2763* (SP). **Rio de Janeiro:** Magé, *Santos & Costa 129* (RB). **Rio Grande do Sul:** Boa Vista do Sul, *Sehnem 5626* (PACA); Bom Retiro do Sul, *Sehnem 6993* (PACA); Canela, *Gomes s.n.* (PACA); Loreto, *Guerra et al. s.n.* (MO); Montenegro, *Sehnem 1975* (PACA); Sapiranga, *Wasum et al. s.n.* (NY). **Rondônia:** Ariquemes, *McFarland et al. 166* (NY). **Roraima:** Boiaçu, *Griffin III et al. 639* (SP); Caracarai, *Griffin III et al. 656* (SP). **Santa Catarina:** São Joaquim, *Reitz 15994* (SP); Serra da Pedra, *Reitz 364* (SP). **São Paulo:** Altinópolis, *Bordin 969* (SP); Bofete, *Peralta 6864* (SP); Cabreuva, *Yano 971* (SP); Ibiúna, *Visnadi 9527* (SP); Matão, *Peralta et al. 6249* (SP); Mendonça, *Pietrobon 3884* (SP); Palestina, *Peralta 7646* (SP); Pereira Barreto, *Peralta 310* (SP); Ribeirão Preto, *Silva 270* (SP); São José do Rio Preto *Silva 115* (SP); Teodoro Sampaio, *Vital 2103* (SP); Ubarana, *Peralta et al. 6108* (SP); Zacarias, *Yano 26725* (SP). **Tocantins:** Paraíso do Norte (Paraíso de Tocantins), *Vital 3012* (MO, SP).

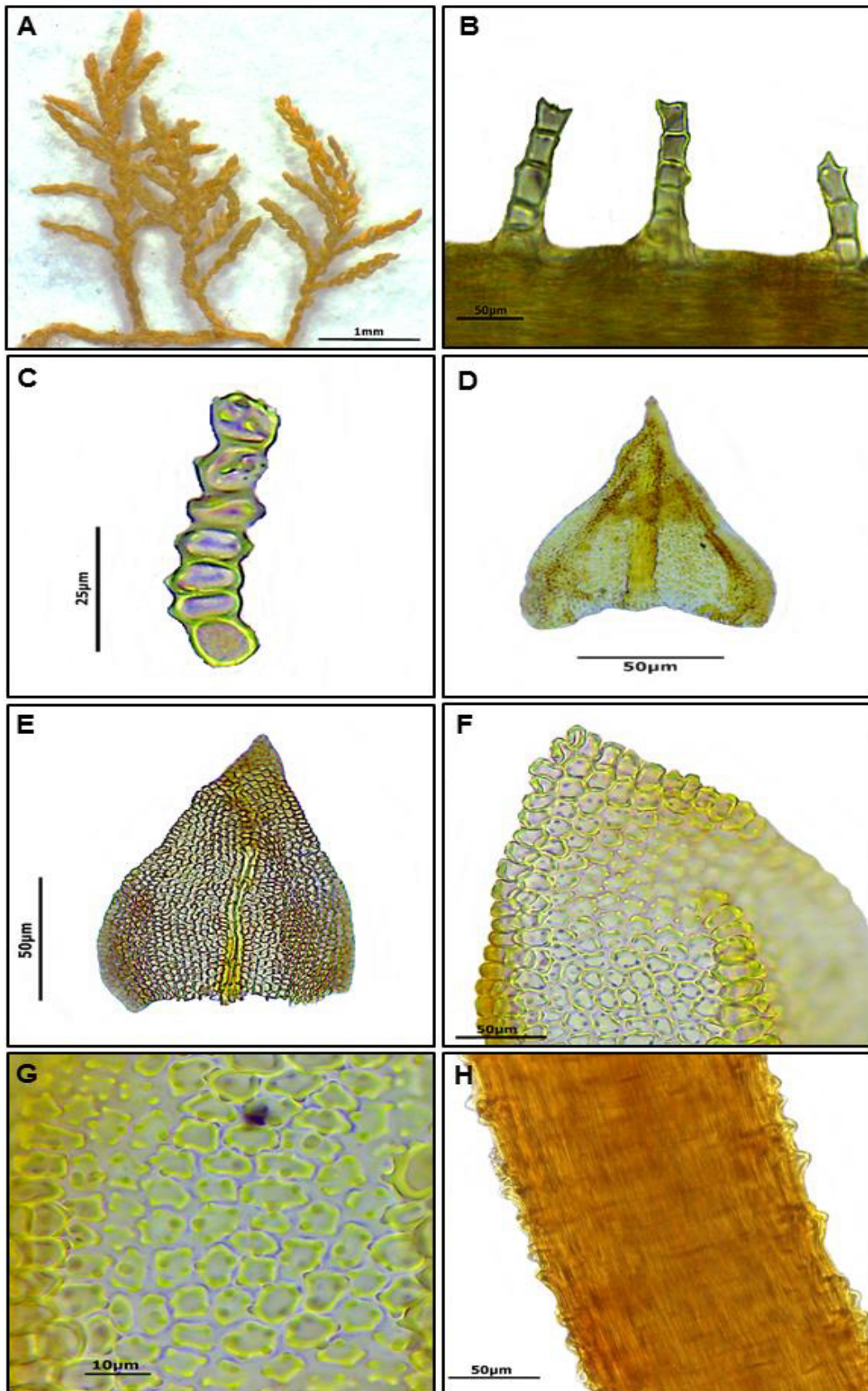


Figura 14: *Pelekium schistocalyx*. A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio ramificação secundária. F: Ápice do filídio da ramificação. G: Células pluripapilosas do filídio da ramificação. H: Seta rugosa.

6. ***Pelekium siphotheca*** (Müll. Hal.) A. Touw, J. Hattori Bot. Lab. 90: 205. 2001. *Hypnum siphotheca* Müll. Hal., Bot. Zeitung (Berlin) 16: 171. 1858. *Thuidium siphotheca* (Müll. Hal.) A. Jaeger, Ber. Thätigk. St. Gallischen Naturwiss. Ges. 1876–77: 255. - Tipo: GUATEMALA. *sine leg.* (isotype: NY!).

Thuidium mexicanum Mitt., J. Linn. Soc., Bot. 12: 577. 1869. - Tipo: MÉXICO. *Ruiz et Pavon s.n.* (holotype: NY!).

Thuidium costaricense Broth. & Thér., Recueil Publ. Soc. Havraise Études Diverses 88: 314. 8. 1921. - Tipo: Costa Rica, La Palma near San Jose, *C. Werkle s.n.* (holotype: H). Sinonimizada por Touw (2001a).

Thuidium orthocarpum Besch., Mémoires de la Société des Sciences Naturelles de Cherbourg 16: 235. 1872. - Tipo: MEXICO. Morelos, *C.G. Pringle s.n.* (isotype: NY!).

Fig. 15 e Fig. 16.

Plantas pequenas, ca. de 5-8cm compr., delgadas, verdes a verde-amareladas. **Caulídios** regularmente 2-pinados, ramificações com 5-8mm compr., paráfios abundantes nos caulídios, escassos ou ausentes nas ramificações, 20-38µm compr., 2-5 células, células medianas quadradas, ca. de 1:1, 3-6µm compr., papilosas, células apicais agudas. **Filídios** dos caulídios e das ramificações diferenciados; filídios dos caulídios encurvados quando secos, patentes quando úmidos, deltóides, 0,6-0,7x0,2-0,3mm, acuminados, côncavos; margens crenulada-papilosas, recurvadas na metade inferior; costas simples, terminando muito próxima ao ápice, faces abaxiais fracamente proeminentes; células medianas isodiamétricas, 1-2:1, ca. de 5-9µm compr., unipapilosas, papilas dispostas no centro do lúmen celular; células apicais alongadas, truncadas, lisas ou inconspicuamente papilosas. Filídios das ramificações secundárias encurvados quando secos, patentes quando úmidos, ovados, 0,2-0,3x0,1-0,2mm, agudos ou obtusos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costas com ca. de 4/5 do tamanho dos filídios; células medianas isodiamétricas, 1:1, ca. de 4-6µm compr., delgadas, unipapilosas, papilas dispostas no centro do lúmen celular; células apicais truncadas. **Monóicas. Periquécios** lanceolados, ca. de 1,4mm compr., longo-acuminados, subulados; margens levemente serruladas, planas; costas preenchendo os ápices; células oblongas, lisas. **Setas** ca. de 1,5cm compr., lisas; cápsulas sub-eretas, ca. de 1,4mm compr., cilíndricas; células dos exotécios curto-retangulares,

incrassadas; opérculos rostrados. **Peristômios** com exostômios estriados abaixo, levemente papilosos acima; endostômios com os segmentos levemente papilosos. **Esporos** 11-15µm.

Pelekium siphotheca é uma espécie de distribuição restrita ao Cerrado, em locais altos e montanhosos, acima de 1000m de altitude, facilmente distinguível por apresentar células unipapilosas, cápsula sub-ereta e principalmente por apresentar as células apicais dos paráfios agudas, principal característica utilizada para separá-la de *P. muricatum* que apresenta as células apicais do paráfio truncadas.

Sua distribuição geográfica restrita, aliada a pequena extensão de ocorrência e a baixa área de ocupação, ocorrendo somente no Cerrado, Bioma que vem sofrendo diversas ameaças à sua biodiversidade, principalmente por conta da profusão das atividades econômicas do agronegócio, desperta atenção especial para seu status de conservação. Desta forma, de acordo com os critérios da IUCN (2001), *P. siphotheca* encontrasse Em Perigo (EN) de extinção (B1a,b(i, ii)).

Ocorrem no Cerrado, nas fitofisionomias de Mata de Galeria, sobre rochas e troncos vivos e em decomposição, em locais sombreados e úmidos, 1000-1200m alt.

Ocorrem na América do Sul e Central.

Distribuição geográfica: DF e GO.

Domínios Fitogeográficos: Cerrado.

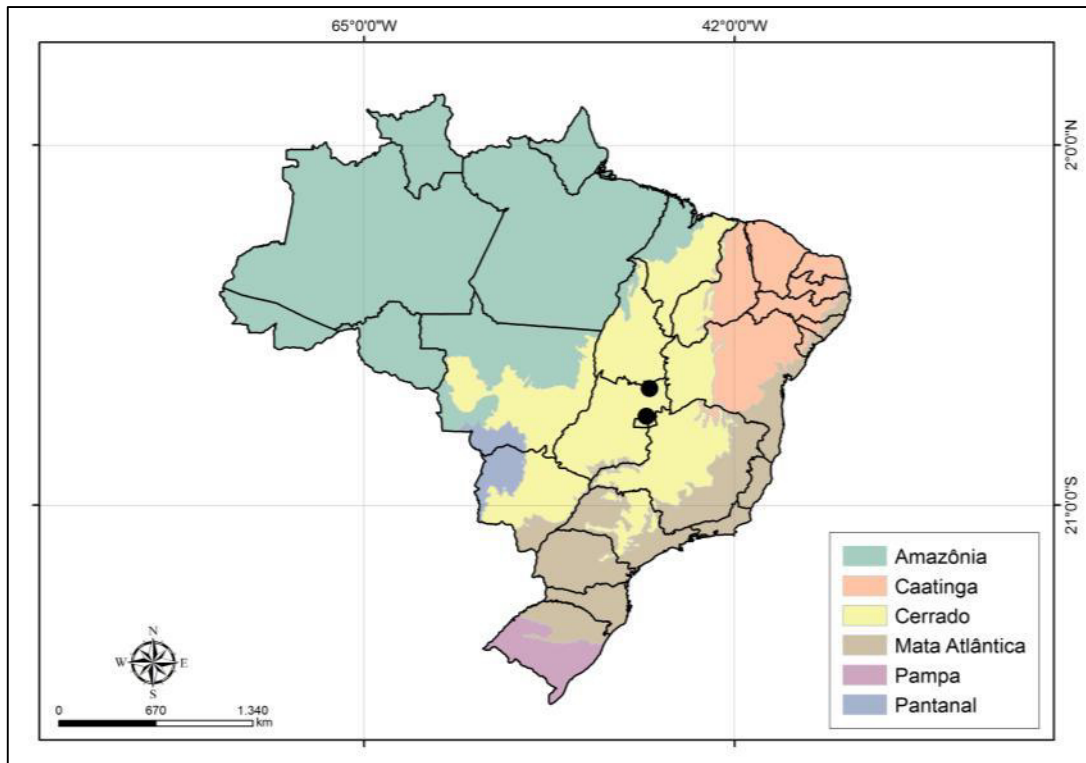


Figura 15: Mapa de distribuição de *Pelekium siphotheca* no Brasil.

Material analisado: **Distrito Federal:** Sobradinho, *Irwin et al.* 33253 (NY). **Goiás:** Alto Paraíso, *Pinheiro et al.* 135 (NY, UB); Cavalcante, *Soares* 1343 (UB).

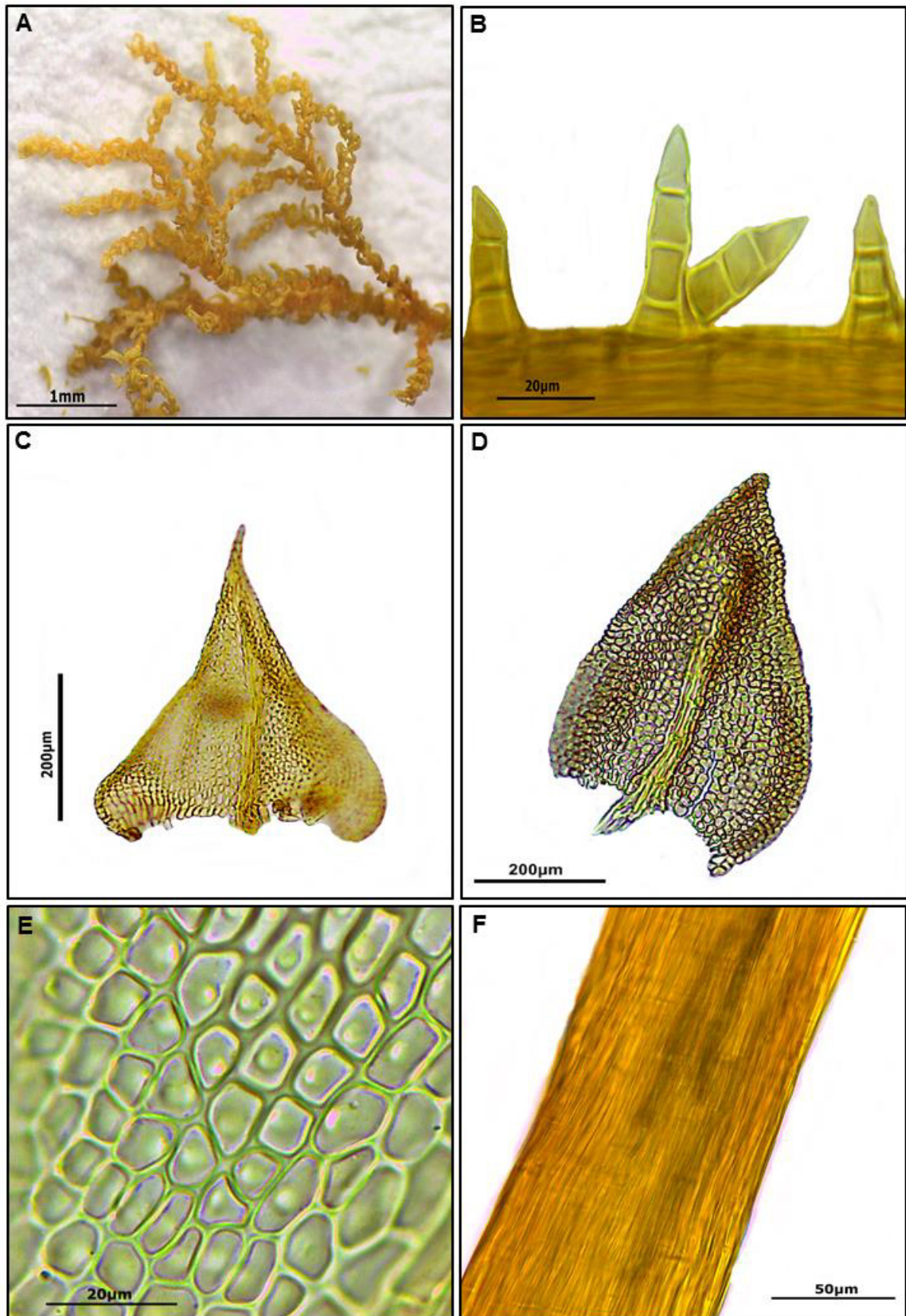


Figura 16: *Pelekium siphotheca*. A: Gametófito. B: Paráfilo. C: Filídio do caulídio. D: Filídio da ramificação. E: Células unipapilosas do filídio da ramificação. F: Seta lisa.

- 7. *Pelekium sparsum*** (Hook. f. & Wilson) Soares, A.E.R. & Câmara, P.E.A.S., *comb. nov. Hypnum sparsum* Hook. f. & Wilson, Fl. Nov.-Zel. 2: 109, 89 f. 5. 1854. *Thuidiopsis sparsa* (Hook. f. & Wilson) Broth., Nat. Pflanzenfam. (ed. 2) 11: 323. 1925. - Tipo: NOVA ZELÂNDIA. Wangarei, *J. Bolton s.n.* (holotype: BM!, isotype: NY!).
- Cyrto-hypnum monteii* Hedenäs, Bryophyt. Biblioth. 44: 71. f. 19. 1992. - Tipo: ILHA DA MADEIRA. *Barreto s.n.* (syntype: MADS?). Sinonimizada por Touw (2001a).
- Thuidium crispatum* Cardot, Rev. Bryol. 28: 115. 1901. - Tipo: CELEBES. *sine loco*, *H. Fruhstorfer s.n.* (holotype: PC!).
- Thuidium filarium* Mitt., J. Linn. Soc., Bot. 12: 579. 1869. - Tipo: BRASIL. *sine loco*, *Burchell 1105-73* (holotype: NY!, isotype: L!).
- Thuidium hyalopilum* Dixon ex E.B. Bartram, Occas. Pap. Bernice Pauahi Bishop Mus. 19(11): 229. 1948. - Tipo: FIJI. Lautoka, *G. Greenwood 889* (holotype: FH?, isotypes: BM?, L?). Sinonimizada por Touw (2001a).
- Thuidium latopulvinatum* Herzog, Biblioth. Bot. 87: 144. 8 f. 25–32. 1916. - Tipo: BOLÍVIA. *Herzog 4124* (holotype: JE!).
- Thuidium liliputanum* Broth., Oefvers. Förh. Finska Vetensk.-Soc. 42: 121. 1900. - Tipo: AUSTRÁLIA, New South Wales, *Watts s.n.* (isotype: NY!).

Fig. 17 e Fig. 18.

Plantas medianas, ca. de 7-9cm compr., verdes a verde-amareladas. **Caulídios** irregularmente 2-pinados, as vezes 1-pinado, ramificações com 4-9mm compr., paráfílos abundantes nos caulídios, escassos nas ramificações, 45-95µm compr., 4-10 células, células medianas quadradas, ca. de 1:1, 6-10µm compr., papilosas, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios e das ramificações diferenciados; filídios dos caulídios encurvados quando secos, patentes quando úmidos, cordados ou deltóide-cordados, 0,7-1x0,5-0,7mm, acuminados a longo-acuminados, falcados, côncavos; margens crenulada-papilosas, recurvadas na metade inferior, planas na metade superior; costas simples, ca. de 4/5 do tamanho dos filídios, faces abaxiais proeminentes; células medianas isodiamétricas, 1-2:1, ca. de 7-11µm compr., delgadas, pluripapilosas (2-4), às vezes lisa na base e próxima a margem, ornamentações das faces abaxiais mais acentuadas; células apicais truncadas ou agudas. Filídios das ramificações secundárias encurvados quando secos, patentes

quando úmidos, ovado-deltóides, 0,3-0,5x0,2-0,3mm, agudos, às vezes obtusos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costas com ca. de 4/5 do tamanho dos filídios; células medianas isodiamétricas, 1:1, ca. de 5-7 μ m compr., delgadas, pluripapilosas (2-4); células apicais truncadas ou agudas. **Dióicas**. **Periquécios** lanceolado-ovados, ca. de 1,6mm compr., longo-acuminados, lisos; margens ciliadas, planas; costa preenchendo o ápice; células oblongas, lisas. **Setas** ca. de 2,5cm de compr., lisas; cápsulas inclinadas, ca. de 2mm compr., cilíndricas; células dos exotécios curto-retangulares, incrassadas; opérculos rostrados. **Peristômios** com exostômios estriados abaixo, levemente papilosos acima; endostômios com os segmentos levemente papilosos. **Esporos** 10-14 μ m.

Espécie de ampla distribuição na Mata Atlântica das regiões sul e sudeste do Brasil, em locais úmidos, sombreados e com temperaturas mais amenas. Caracteriza-se pelos filídios dos caulídios cordados e falcados, de fácil visualização quando os filídios estão secos, células pluripapilosas, dióicas e seta lisa.

Pelekium sparsum possui ampla distribuição na região sul do Brasil, sendo que muitas destas localidades de ocorrência estão dentro de unidades de conservação. Seu status de conservação foi considerado Pouco Preocupante (LC), pois não se enquadra em nenhuma das categorias de ameaça da IUCN (2001).

Crescem sobre rochas, solos e troncos vivos ou em decomposição, em ambientes sombreados e úmidos ou méxicos, geralmente em locais frios e com altitude mediana, 400-1600m alt.

Ocorrem na América do Sul, Ásia e Oceania.

Distribuição geográfica: ES, MG, PR, RJ, RS, SC e SP.

Domínios Fitogeográficos: Mata Atlântica.

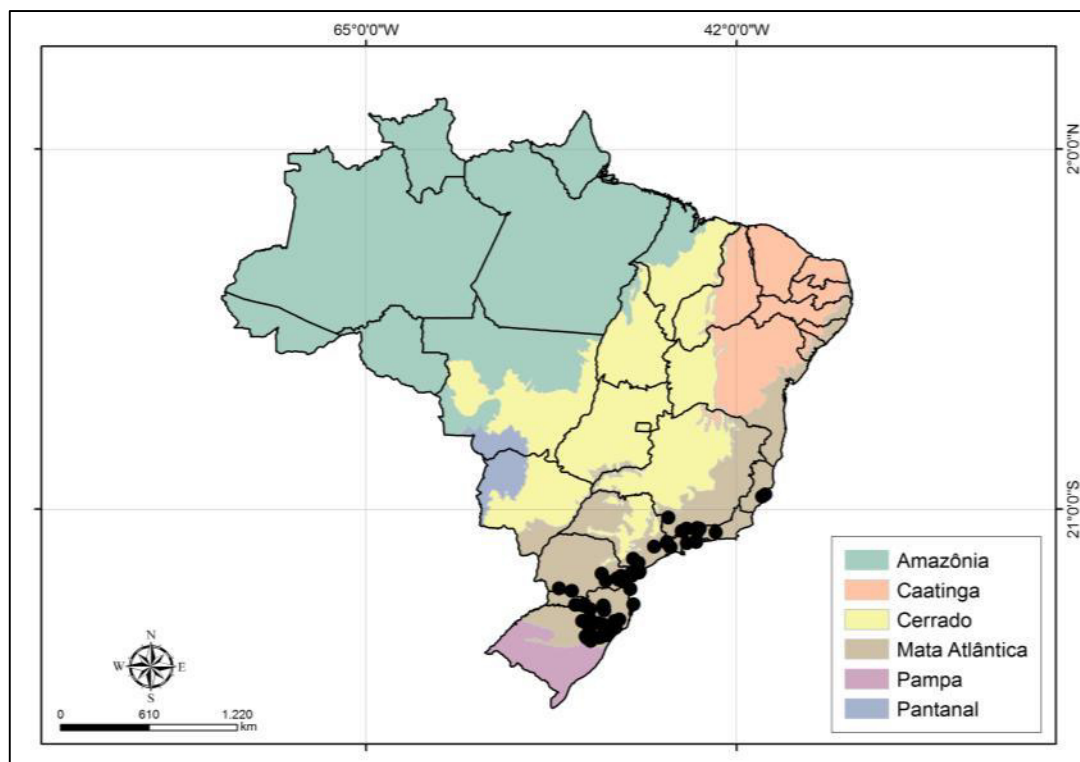


Figura 17: Mapa de distribuição de *Pelekium sparsum* no Brasil.

Material analisado: **Espírito Santo:** Domingos Martins, *Schafer-Verwimp 12857* (SP); Serra, *Yano et al. 4814* (SP). **Minas Gerais:** Caldas, *Regnell s.n.* (NY); Marmelópolis, *Peralta 3573* (SP). **Paraná:** Antonina, *Peralta 13127* (SP); Antônio Olinto, *Wasum 3778* (SP); Clevelândia, *Yano 5447* (SP); Curitiba, *Yano 11363* (SP); Imbituva, *Yano 6372* (SP); Lapa, *Ristow 1788* (SP); Marmeleiro, *Sehnem 13042* (PACA); Morretes, *Yano 23158* (SP); Quatro Barras, *Peralta 12720* (SP); Quintandinha, *Vital 9490* (SP); São José dos Pinhais, *Landrum 2428* (NY); Tijucas do Sul, *Yano 27860* (SP). **Rio de Janeiro:** Nova Friburgo, *Sehnem 7186* (PACA); Paraty, *Vital 7750* (SP); Resende, *Yano 7459* (SP); Rio de Janeiro, *Glaziou 7926* (NY). **Rio Grande do Sul:** Antônio Prado, *Tonini 49* (MO); Bom Jesus, *Wasum 2288* (SP); Cambará do Sul, *Pirani 6973* (SP); Canela, *Vital 9300* (NY, SP); Caxias do Sul, *Peralta & Wasum 10617* (SP); Ciríaco, *Vital 12136* (SP); Esmeralda, *Wasum et al. s.n.* (MO); Flores da Cunha, *Wasum s.n.* (MO, LE); Garibaldi, *Rossato 3471* (SP); Gramado, *Wasum 2147* (MO); Jaquirana, *Wasum 5964* (PACA); Montenegro, *Sehnem 4925* (PACA); Nova Petrópolis, *Oliveira 178* (UFP); Nova Roma, *Peralta 10468* (SP); Novo Hamburgo, *Wasum 3696* (SP); São Francisco de Paula, *Wasum et al. 2246* (MO); São Pedro, *Sehnem 3714* (SP); São Salvador, *Sehnem 2267* (SP); Vacaria, *Vital 9358* (NY, SP). **Santa Catarina:** Anita Garibaldi, *Reitz 15495* (SP); Bom Retiro, *Sehnem 7064* (PACA); Concórdia,

Jágmín 989 (SP); Curitibaanos, Vital 9423 (NY, SP); Jaborá, Yano 6707 (SP); Lajes, Vital 9396 (NY, SP); Ponte Alta, Vital 9407 (NY, SP); Porto Belo, Yano 2434 (NY); São Joaquim, Reitz 15944 (SP); Serra da Pedra, Reitz 361 (MO); Urubici, Peralta 7960 (SP). São Paulo: Atibaia, Peralta 5626 (SP); Barra do Turvo, Peralta 8475 (SP); Cajati, Vital 5579; Campos do Jordão, Schafer-Verwimp (NY); Cananéia, Yano 8949 (SP); Cunha, Giancotti 33 (SP); Ibiúna, Yano 22433 (SP); Ilha do Cardoso, Yano 3128 (SP); Itapeva, Yano 32501 (SP); Mairiporã, Yano 4537 (SP); Mogi das Cruzes, Ristow 2636 (SP); São Bento do Sapucaí, Peralta 10109 (SP); São Luíz do Paraitinga, Yano 4294 (SP); São Roque, Vital 2151 (SP); Silveiras, Yano 1192 (SP).

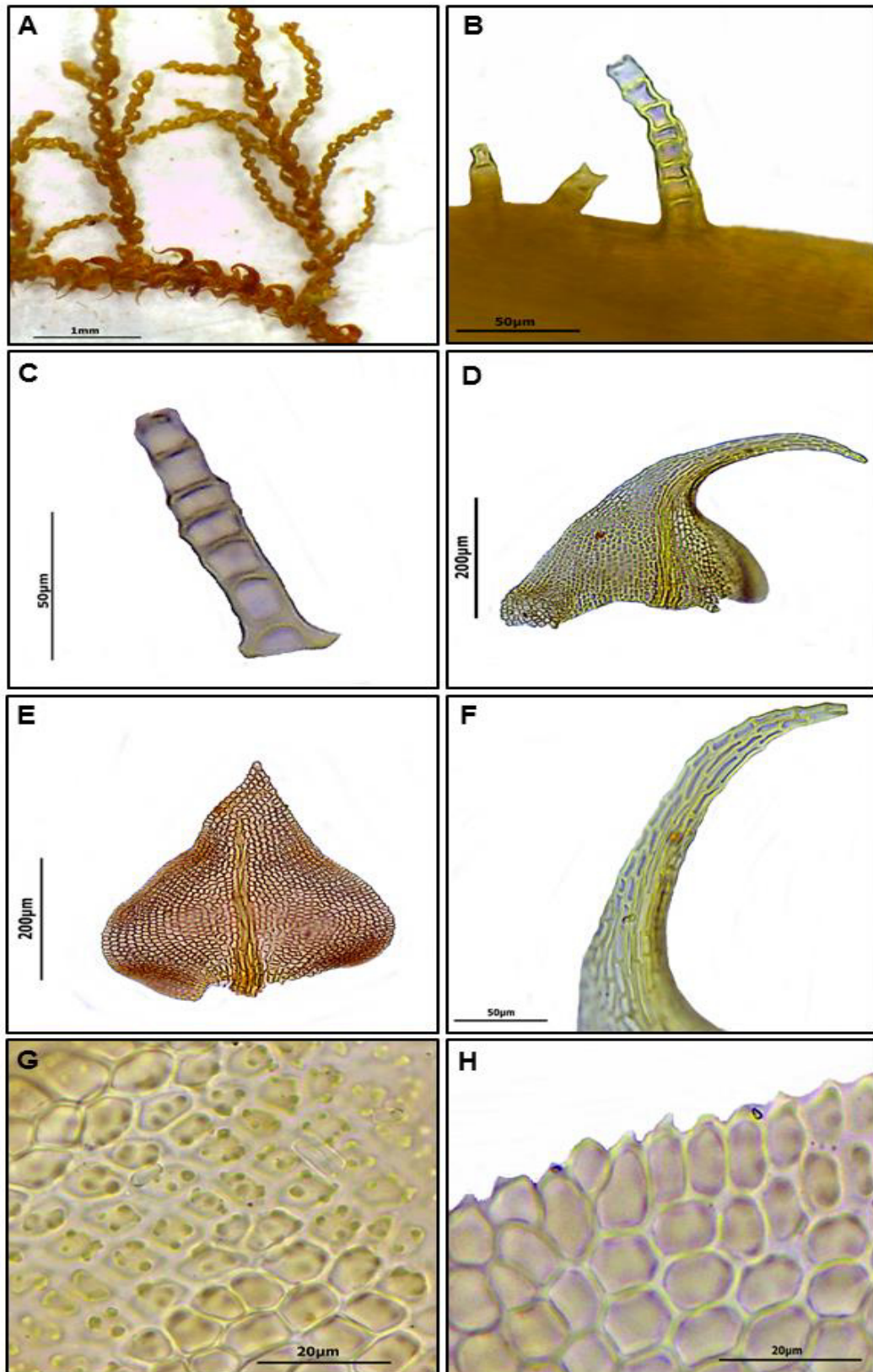


Figura 18: *Pelekium sparsum*. A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio falcado do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Ápice do filídio do caulídio. G: Células pluripapilosas. H: Margem do filídio.

8. ***Pelekium subpinnatum*** (Broth.) Touw, J. Hattori Bot. Lab. 90: 205. 2001. *Thuidium subpinnatum* Broth. Bih. Kongl. Svenska Vetensk.-Akad. Handl. 21 Afd. 3(3): 66. 1895. - Tipo: BRASIL. Rio de Janeiro, *Glaziou 11743* (holotype: H!, isotype: BM!).

Fig. 19 e Fig. 20.

Plantas pequenas, ca. de 6-9cm compr., delgadas, verde-amareladas. **Caulídios** 1-pinado, ramificações com 4-10mm compr., paráfilos abundantes nos caulídios, escassos ou ausentes nas ramificações, 45-75µm compr., 3-8 células, células medianas retangulares a longo-retangulares, ca. de 2-4:1, 10-22µm compr., papilas inconspícuas, às vezes lisas, células apicais agudas. **Filídios** dos caulídios e das ramificações similares; filídios dos caulídios encurvados quando secos, patentes quando úmidos, lanceolado-deltóides, 0,7-0,8x0,3-0,4mm, acuminados, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas na metade inferior, recurvadas acima; costas simples, ca. de 5/4 do tamanho dos filídios ou terminando muito próximo aos ápices, faces abaxiais fracamente proeminentes; células medianas isodiamétricas a oblongas, 1-2:1, ca. de 7-11µm compr., unipapilosas, papilas dispostas no centro do lúmen celular; células apicais alongadas, truncadas, lisas. Filídios das ramificações similares aos dos caulídios; menores, 0,6-0,7x0,2-0,3mm; células medianas isodiamétricas, 1-2:1, ca. de 6-9µm compr. **Monóicas. Periquécios** lanceolados, ca. de 1,8mm compr., longo-acuminados, subulados; margens levemente lisas, planas; costas preenchendo os ápices; células oblongas, lisas. **Setas** ca. de 1,9cm compr., lisas; cápsulas sub-eretas, ca. de 1,6mm compr., cilíndricas; células dos exotécios curto-retangulares, incrassadas; opérculos rostrados. **Peristômios** com exostômio estriados abaixo, levemente papilosos acima; endostômios com os segmentos levemente papilosos. **Esporos** 12-14µm.

Espécie de distribuição bastante restrita, conhecida por apenas três coleções (MG, RJ e RS), endêmica do Brasil e de ocorrência apenas para a Mata Atlântica na região Sul e Sudeste. Caracteriza-se pelo seu gametófito 1-pinado; paráfilos com papilas inconspícuas ou lisas e células do longo-retangulares, alongadas, ca. de 2-4:1, com as células apicais agudas e células dos filídios unipapilosas.

Seu status de conservação desperta atenção especial, tendo em vista sua distribuição geográfica e área de ocupação bastante restrita, próxima a grandes centros urbanos em áreas fragmentadas, fora de unidades de conservação e com duas das

três coleções coletadas a mais de 100 anos. Diante disto, de acordo com os critérios da IUCN (2001), *P. subpinnatum* encontrasse Em Perigo (EN) de extinção (B1a,b(i, ii)).

Crescem sobre rochas em locais úmidos e sombreados, 200-700m alt.

Ocorrem no Brasil (endêmica).

Distribuição geográfica: MG, RJ e RS.

Domínios Fitogeográficos: Mata Atlântica.

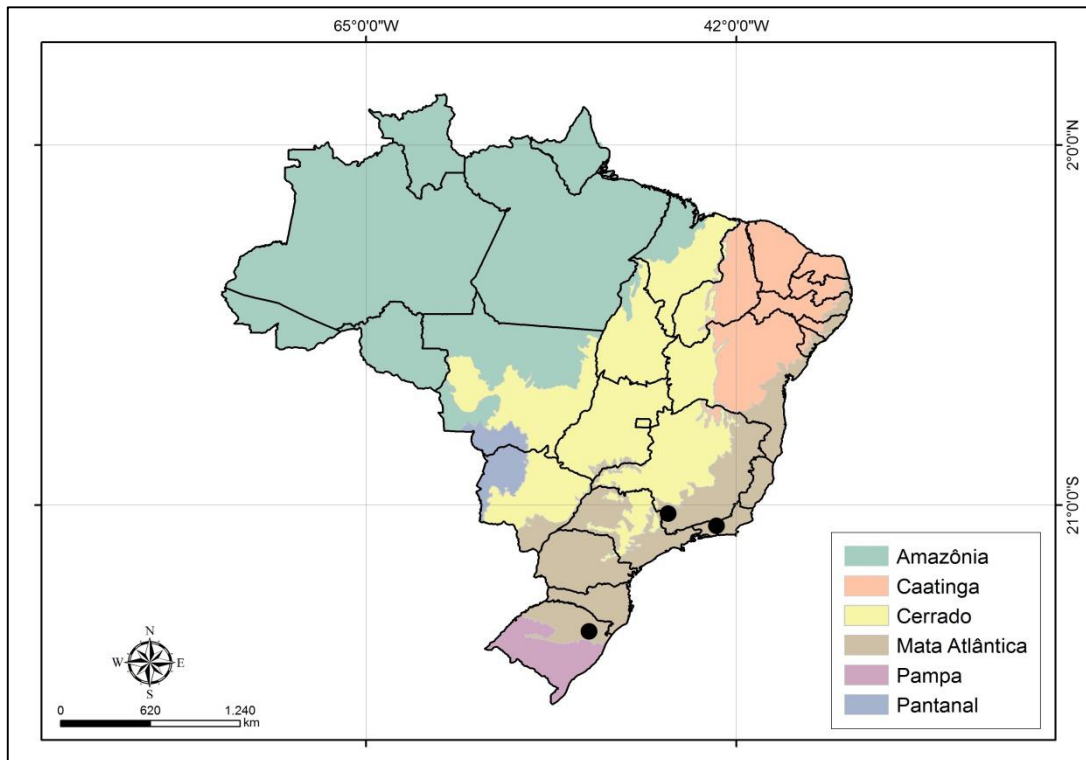


Figura 19: Mapa de distribuição de *Pelekium subpinnatum* no Brasil.

Material analisado: **Minas Gerais:** *Mosén* 418 (NY). **Rio de Janeiro:** *Glaziou* 11743 (BM). **Rio Grande do Sul:** *Caxias do Sul, Peralta et al.* 10617 (SP).

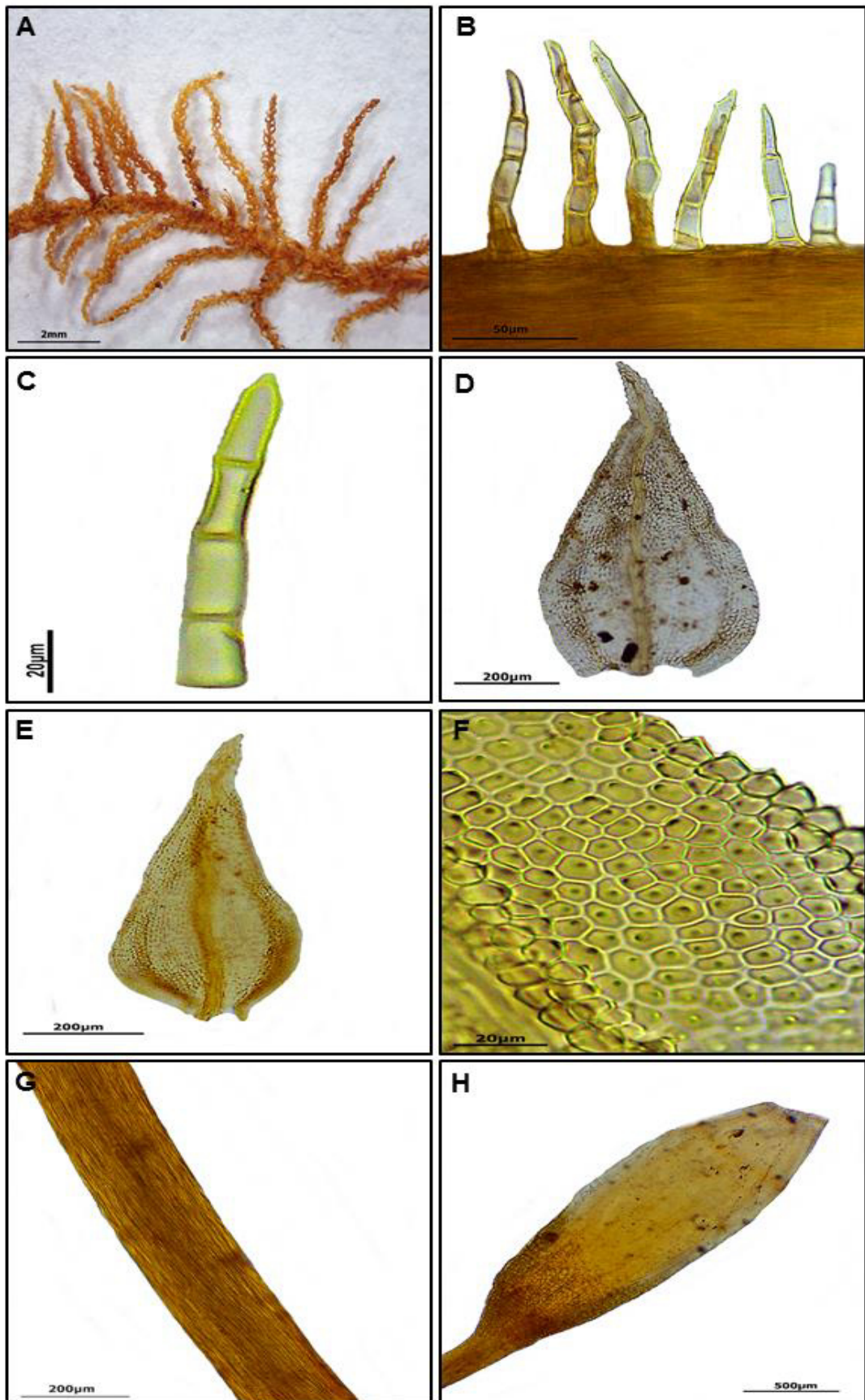


Figura 20: *Pelekium subpinnatum*. A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídios da ramificação. F: Células unipapilosas. G: Seta lisa. H: Cápsula.

2. **THUIDIUM** Bruch & Schimp.

Thuidium Bruch & Schimp., Bryol. Eur. 5: 157 (fasc. 49–51. Mon. 1.). 1852. *Hypnum* sect. *Thuidium* (Bruch & Schimp.) Sull. in A. Gray, Manual, ed. 2, 667. 1864. *Hypnum* subg. *Thuidium* (Bruch & Schimp.) Hobk., Syn. Brit. Mosses 145. 1873. *Hypnum* subsect. *Thuidium* (Bruch. & Schimp.) Hampe, Ann. Sci. Nat., Bot., sér. 5, 5: 310. 1866. *Leskea* sect. *Thuidium* (Bruch & Schimp.) Mitt., J. Proc. Linn. Soc., Bot. 8: 44. 1864. *Thuidium* subg. *Thuidium* (Bruch. & Schimp.) Besch., Mém. Soc. Sci. Nat. Cherbourg. 16: 236. – Tipo: *Thuidium tamariscinum* (Hedw.) Bruch & Schimp. Tipo: *sine loco*, in truncis humique passim, *sine leg* (isotype: BM!). (lectotipo designado por Buck & Crum 1990).

Hypnum sect. *Tamariscina* Brid., Muscol. Recent. Suppl. 2: 135. 1812. – *Thuidium* sect. *Tamariscina* (Brid.) Bruch & Schimp. in Bruch, Schimp. & W. Gumbel, Bryol. Eur. 5 (fasc. 49/51, Monogr. 1): 163. 1852.

Plantas medianas a robustas, 10-30cm compr, frequentemente formando tapetes entrelaçados, verdes, amareladas ou marrons. **Caulídios** rastejantes, arqueados ou ascendentes, regularmente 2-3 pinados; caulídios em secções transversais sem hialodermes, com uma pequena camada de células de paredes espessas, bordadas por células largas de paredes delgadas; paráfios abundantes nos caulídios, em menor quantidade ou ausentes nas ramificações, 110-300µm, filamentosos, uniseriados, ramificados, 10-40 células, células medianas quadradas a retangulares ou longo-retangulares, papilosas, células apicais truncadas, agudas ou arredondadas, pluripapilosas; pseudoparáfios folhosos, ovado-lanceolados a deltóides; pêlos axilares com 1 (-2) células basais pequenas, marrons, 3-5 células distais, alongadas, hialinas ou amareladas. **Filídios** dos caulídios e das ramificações diferenciados. Filídios dos caulídios imbricados, eretos ou ereto-patentes quando secos, eretos a patentes quando úmidos, deltóides ou ovado-deltóides, acuminados, longo-acuminados ou pilíferos, curto-decurrentes, côncavos, comumente plicados; margens crenulada-papilosas ou serrulada-papilosas, recurvadas ou planas; costas percurrentes a sub-percurrentes, frequentemente 2/3 ou mais do tamanho dos filídios, às vezes projetando um espinho nos ápices, faces abaxiais planas ou proeminentes; células medianas quadradas, isodiamétricas, ovais ou oblongas, 15-40µm compr., paredes delgadas ou incrassadas, frequentemente unipapilosas, raramente pluripapilosas (*T. tomentosum*), papilas

dispostas no centro do lúmen celular, geralmente somente nas faces abaxiais; células apicais truncadas, agudas ou arredondadas, alongadas, papilosas; células alares não diferenciadas. Filídios da primeira ramificação similares aos filídios dos caulídios. Filídios das ramificações secundárias e terciárias diferenciados no tamanho e na forma, menores, imbricados, eretos ou ereto-patentes quando secos, eretos a patentes quando úmidos, ovados a deltóide-ovados, acuminados, agudos ou obtusos, às vezes curto-decurrentes, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas ou recurvadas; costas sub-percurrentes, ca. de 1/2 a 3/4 do tamanho dos filídios, às vezes projetando um pequeno espinho nos ápices, faces abaxiais levemente proeminentes; células medianas isodiamétricas, arredondas ou retangulares, 10-25µm compr., delgadas ou incrassadas, unipapilosas, raro pluripapilosas (*T. tomentosum*), papilas dispostas no centro do lúmen celular, geralmente somente nas faces abaxiais; células apicais frequentemente truncadas, agudas ou arredondadas, papilosas; células alares não diferenciadas. **Dióicas. Periquécios** lanceolados, acuminados, longo-acuminados a filiformes, plicados; margens serruladas, ciliadas ou não, planas; costas fortes, percurrentes a sub-percurrentes; células oblongas a lineares, lisas ou papilosas. **Setas** alongadas, delgadas, 2-5cm compr., avermelhadas, lisas; cápsulas horizontais ou inclinadas, 3-4mm compr., lisas, assimétricas, cilíndricas ou ovóides; células dos exotécios isodiamétricas ou retangulares, paredes delgadas ou incrassadas; ânulos diferenciados; opérculos cônicos ou rostrados. **Peristômios** com exostômios amarelados ou avermelhados, lanceolados, bordeados, estriados abaixo, papilosos acima, trabeculados; endostômios lanceolados, quilhados, estritamente perfurados, nodosos, com a membrana basal alta; cílios em grupos de 2-3. **Esporos** esféricos, 8-19µm, lisos ou levemente papilosos. **Caliptras** cuculadas, lisas.

Thuidium é um gênero extremamente cosmopolita de Thuidiaceae, ocorrendo das áreas boreais do hemisfério norte a áreas tropicais da Ásia, Pacífico e Américas e também na África, Austrália e Nova Zelândia (Touw 2001a). Acredita-se que atualmente existam ca. de 20-25 espécies a nível mundial (Touw 2001a). Gier (1980) listou a ocorrência de 17 espécies de *Thuidium* para a América Latina, porém seu trabalho não levou em consideração a presença de vários sinônimos. Para o Brasil são reconhecidas neste trabalho oito espécies, distribuídas principalmente em áreas florestais na Mata Atlântica.

Espécies de *Thuidium* são freqüentes encontradas sobre o solo de florestas, base de árvores, troncos vivos ou em decomposição e rochas, principalmente quando associadas a ambientes úmidos. De acordo com Touw (2001a), nos trópicos o gênero é representado principalmente por espécies de montanhas e altas altitudes, poucas espécies tem ampla distribuição vertical e próximo ao nível do mar.

O gênero apresenta alguns problemas na delimitação das espécies causada pela ausência de caracteres morfológicos distintivos, combinada com características que muitas vezes se sobrepõem (Touw 2001a), o que por vezes torna difícil a delimitação destas espécies.

Thuidium caracteriza-se pelos caulídios robustos, com ramificações regularmente 2-3 pinada, abundantes paráfios ramificados e papilosos, dióicas, células geralmente unipapilosas (exceção *T. tomentosum*), filídios periqueciais grandes e seta lisa. O gênero recebeu esse nome porque seu padrão de ramificação assemelha-se ao padrão de ramificação frondoso de uma conífera chamada *Thuja* (Crum & Anderson 1981).

Chave para as espécies

1. Filídio com célula pluripapilosa 7. ***T. tomentosum***
1. Filídio com célula unipapilosa
 2. Filídio do ramo com célula apical pontuda, lisa 6. ***T. tamariscinum***
 2. Filídio do ramo com célula apical truncada, papilosa
 3. Ápice do filídio do caulídio filiforme, afilado, alongado, constituído de 2-4 células alongadas e pelúcidas 1. ***T. assimile***
 3. Ápice do filídio do caulídio acuminado ou longo-acuminado, não afilado, constituído de no máximo 1 célula, colorida
 4. Paráfilo com células retangulares, alongadas, ca. de 3-5:1
 5. Filídios da ramificação com células ovais a isodiamétricas; costa com ca. de 2/3-3/4 do tamanho do filídio 4. ***T. delicatulum***
 5. Filídios da ramificação com células alongadas, elípticas a retangular-linear; costa com ca. de 1/2 do tamanho do filídio 3. ***T. brasiliense***
 4. Paráfilo com células quadráticas, ca. de 1-2:1
 6. Costa do filídio do caulídio preenchendo o ápice 8. ***T. urceolatum***

6. Costa do filídio do caulídio não preenchendo o ápice
7. Células do filídio da ramificação com papilas bífidas ou trifidas; filídios do caulídios com 0,7-1mm compr., ápice ereto2. ***T. bifidum***
7. Células do filídio da ramificação com papilas simples, não ramificadas; filídios do caulídio com 1,4-2mm compr., ápice frequentemente falcado ...
.....5. ***T. pseudoprotensum***

1. ***Thuidium assimile*** (Mitt.) A. Jaeg., Ber. Thätigk. St. Gallischen Naturwiss. Ges. 1876-77: 260. 1878. *Leskea assimilis* Mitt., J. Proc. Linn. Soc., Bot., Suppl. 2: 133. 1859. – Tipo: ÍNDIA. Kumaon, *R. Strachey & J.E. Winterbottom 92=74b* (holotype: NY!, isotype: BM! H!).

Thuidium philibertii Limpr., Laubm. Deutschl. 2: 835. 1895. – Tipo: SUIÇA. Canton de Vaud, *Philibert s.n.* (lectotype: BP?). FRANÇA. Louhans, *Philibert s.n.* (isotypes: AUT?). Vosges, *Philibert s.n.* (isotypes: AUT?). Champagnat, *Philibert s.n.* (isotypes: AUT?). Sinonimizada por Touw (2001a).

Thuidium matarumense Besch., Ann. Sci. Nat., Bot., sér. 6, 10: 290. 1880. – Tipo: ILHA REUNIÃO. Cilaos, *Valentin s.n.* (holotype: BM!).

Thuidium subserratum Renaud & Cardot., Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique 32(1): 110. 1894. – Tipo: GRANDE COMORE. *sine loco*, *Humblot s.n.* (holotype: PC!, isotype: NY!, S!).

Fig. 21 e Fig. 22.

Plantas robustas, 15-20cm compr., verde-amareladas. **Caulídios** arqueados, frequentemente 2-pinado, raro 3-pinado, ramificações com 15-20mm compr.; paráfilos abundantes, em menor quantidade nas ramificações, 130-240µm compr., 15-30 células, células medianas quadradas ou subquadradas, ca. de 1-3:1, 9-13µm compr., papilosas, 1 papila por célula, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios adpressos ou eretos quando secos, patentes quando úmidos, deltóides, ovado-deltóides ou deltóide-lanceolados, 1,2-1,8x-0,8-1,1mm, filiformes, ápices constituídos de 2-4 células alongadas ou retangulares, pelúcidas, às vezes falcados, côncavos, plicados; margens crenulada-papilosas, recurvadas abaixo, planas acima; costas subpercurrentes, terminando muito próxima aos ápices, ca. de 9/10 do tamanho dos

filídios, faces abaxiais fortemente proeminentes, rugosas na metade inferior; células medianas isodiamétricas ou oblongas, 2-4:1, 8-20µm compr., unipapilosas, papilas altas, retas, às vezes recurvadas, paredes celulares incrassadas; células apicais alongadas, lisas, pelúcidas. Filídios das ramificações secundárias eretos quando secos, patentes quando úmidos, 0,4-0,6x0,2-0,3mm, agudos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costas ca. de a 2/3 do tamanho dos filídios, frequentemente bifurcadas no ápice; células medianas isodiamétricas, 1-2:1, ca. de 6-10µm compr., unipapilosas, papilas altas ou baixas, retas, paredes celulares incrassadas; células apicais truncadas. **Periquécios** lanceolados, ca. de 5mm compr., subulados, filiformes, fortemente plicados; margens serruladas, planas; costas sub-percurrentes; células oblongas, lisas. **Setas** ca. de 3cm compr.; cápsulas inclinadas, ca. de 2,5mm compr., cilíndricas; células dos exotécios retangulares, incrassadas; opérculos rostrados. **Peristômios** avermelhados, exostômios bordados, estriados abaixo, papilosos acima, trabeculados; endostômios lanceolados, quilhados, estritamente perfurados. **Esporos** 12-17µm, levemente papilosos.

São espécies típicas de altas altitudes, sendo que no Brasil ocorrem somente acima de 1.000m de altitude em regiões de Mata Atlântica. De acordo com Touw (2001b), *T. assimile* pertence a um complexo de espécies pobremente definidas que inclui os taxos *T. delicatulum* var. *radicans* (Kind.) Crum, Steere & Anders., *T. cymbifolium* (Dozy & Molk.) Dozy & Molk., *T. kanedae* Sakurai e *T. laeviusculum* (Mitt.) Jaeg, sendo que as características para diferenciar estas espécies são bastante variáveis e se sobrepõem. Caracteriza-se pelo ápice dos filídios dos caulídios subulados ou filiformes, constituído de 2-4 células alongadas e pelúcidas que facilmente se quebram, dificultando a visualização do ápice, o que requer cuidado na montagem das lâminas.

Possui distribuição geográfica restrita, baixa amplitude altitudinal e longitudinal, ocorrendo somente acima dos 1.000m de altitude em apenas em seis localidades, faz com que seu status de conservação, de acordo com os critérios da IUCN (2001), seja classificado como Vulnerável – VU (B1a,b(i, ii)).

Crescem sobre solos e rochas, em locais úmidos, montanhosos, em altas altitudes, geralmente entre 1000-2000m alt.

Ocorrem na América do Sul, do Norte, África e Ásia, sempre em regiões altas e montanhosas.

Distribuição geográfica: RJ e SP.

Domínios Fitogeográficos: Mata Atlântica.

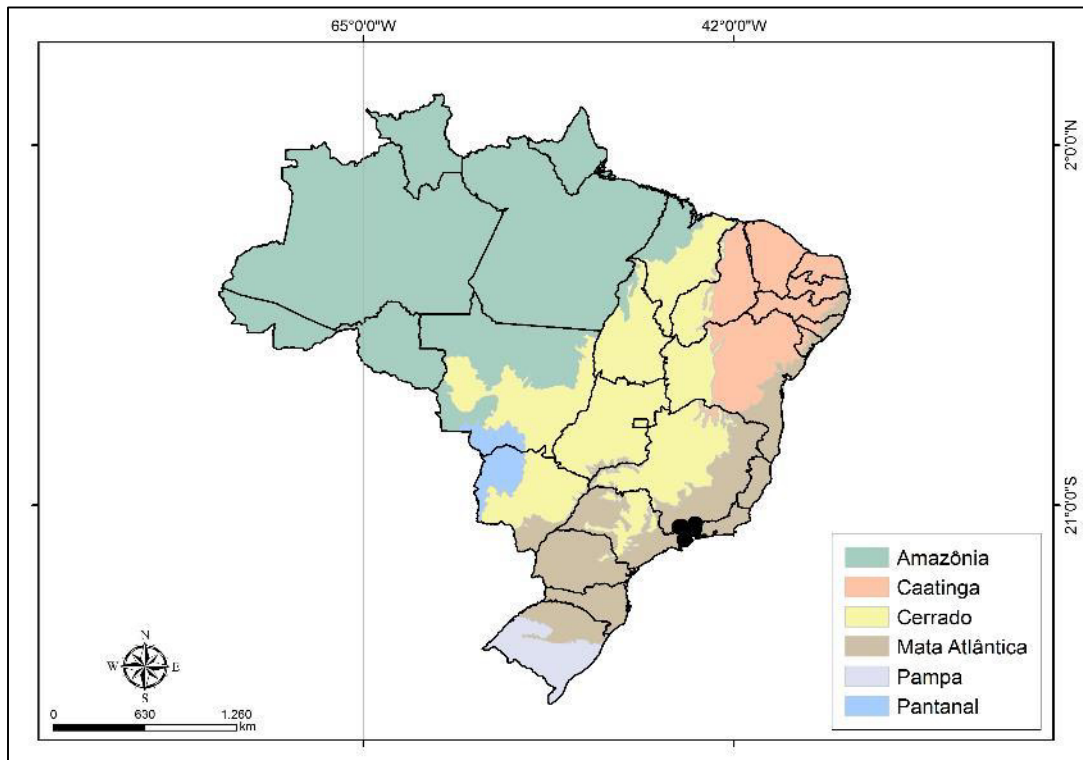


Figura 21: Mapa de distribuição de *Thuidium assimile* no Brasil.

Material Analisado: **Rio de Janeiro:** Parque Nacional do Itatiaia, *Soares et al.* 1772 (UB). **São Paulo:** Campos do Jordão, *Soares* 2025 (UB); Parque Nacional da Bocaína, *Sucre* 2859 (MO); Pindamonhangaba, *Peralta* 12428 (SP); São Bento do Sapucaí, *Peralta* 10097 (SP) e Serra do Mar, *Vital* 15186 (SP).

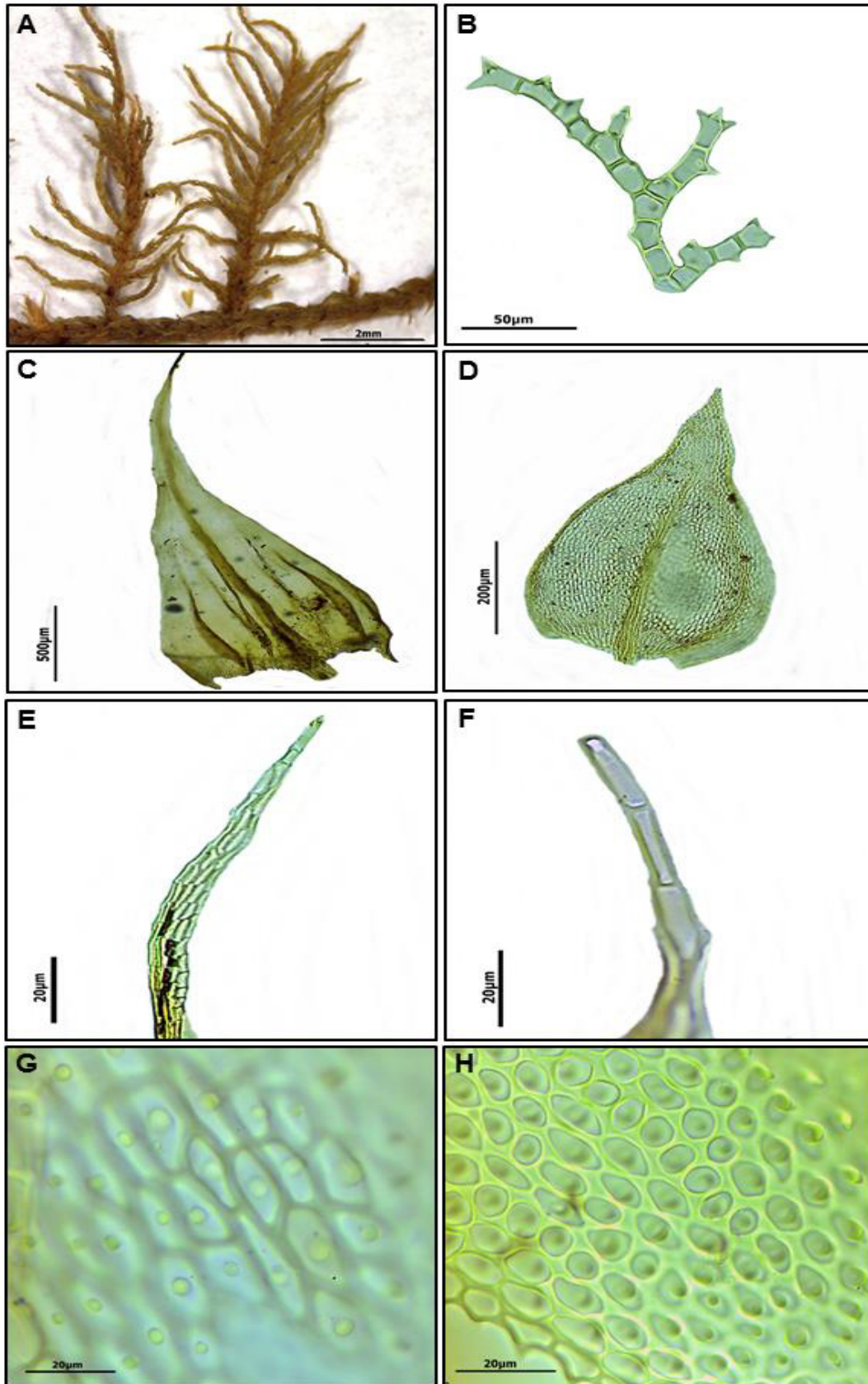


Figura 22: *Thuidium assimile*. A: Gametófito. B: Paráfilo. C: Filídio do caulídio. D: Filídio da ramificação. E: Ápice do filídio. F: Células do ápice do filídio. G: Células unipapilosas do filídio do caulídio. H: Células unipapilosas do filídio do ramo.

2. ***Thuidium bifidum*** Soares, A.E.R. & Câmara, P.E.A.S., Bryologist *in press* – Tipo: BRASIL, São Paulo, Itapeva, D.F. *Peralta 11461* (holotype: SP!, isotype: UB!).

Fig. 23 e Fig. 24.

Plantas medianas, 7-10cm compr., verdes a verde-amareladas. **Caulídios** arqueados, 2-pinado (raramente 3-pinado), ramificações com 5-10mm compr.; paráfios abundantes, em menor quantidade nas ramificações, 120-280µm compr., 8-20 células, células medianas quadradas, pequenas, ca. de 1-2:1, 6-15µm compr., papilosas, 2-3 papilas por células, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios adpresso-erectos quando secos, patentes quando úmidos, deltóides ou ovado-deltóides, 0,7-1x0,3-0,5mm, acuminados, côncavos, levemente plicados; margens crenulada-papilosas ou serrulada-papilosas, recurvadas abaixo, levemente recurvadas acima ou planas; costas sub-percurrentes, ca. de 4/5 do tamanho dos filídios, faces abaxiais proeminentes, rugosas na metade inferior; células medianas isodiamétricas ou quadradas, 1-2:1, ca. de 8-12 µm compr., unipapilosas, papilas bífidas ou trífidas, altas, ambos os lados, inconspícuas nas faces adaxiais, paredes celulares delgadas; células apicais agudas, às vezes lisas. Filídios das ramificações secundárias, erectos quando secos, patentes quando úmidos, ovado-deltóides, 0,3-0,6x0,15-0,3mm, agudos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costa ca. de 2/3 a 3/4 do tamanho dos filídios, às vezes bifurcadas no ápice, levemente proeminentes nas faces abaxiais; células medianas ovais ou isodiamétricas, 1:1, ca. de 4-6µm compr., unipapilosas, papilas bífidas ou trífidas, altas, ambos os lados, inconspícuas nas faces adaxiais, paredes celulares delgadas; células apicais truncadas, com 1-2 papilas ou lisas. **Periquécios** lanceolados ou deltóide-lanceolados, ca. de 3mm compr., filiformes; margens serruladas acima, lisas abaixo, ciliadas na metade superior, planas; costas sub-percurrentes; células oblongas ou retangulares, lisas. **Setas** ca. de 2-4cm compr., cápsulas horizontais, ca. de 3mm compr., cilíndricas; células dos exotécios sub-quadradas; opérculos não observados. **Peristômios** vermelho-amarelados, exostômios bordeados, estriados abaixo, levemente papilosos acima, trabeculados; endostômios lanceolados, quilhados, estritamente perfurados. **Esporos** 8-15µm, levemente papilosos.

Thuidium bifidum é uma espécie nova, descrita recentemente, endêmica do Brasil, sendo ainda pouco conhecida, apesar dos registros e da experiência dos autores com o grupo indicarem que sua distribuição tende a ser mais ampla do que a

atualmente conhecida. Caracteriza-se por apresentar células unipapilosas com papilas bífidas ou trífidadas, ou seja, que apresentam sua origem em um ponto central da célula, bifurcando-se em duas ou três extremidades somente no ápice, o que por vezes confere um aspecto estrelado ao ápice da papila. Também podem ser reconhecidas pelas células dos paráfios quadradas, com 2-3 papilas por células e pelo gametófito bipinado. Pode ser confundida com *T. tomentosum*, que difere por possuir células tipicamente pluripapilosas, 1-2 papilas por paráfio e filídio do caulídio com a base mais larga.

Sua ocorrência é conhecida apenas em seis localidades, destas três estão em áreas desprotegidas perto de centros urbanos e as demais estão em áreas protegidas, como o Parque Nacional de Itatiaia e RPPN Caraça. Os padrões de distribuição e a experiência do autor com a família Thuidiaceae no Brasil, sugerem que *Thuidium bifidum* pode ocorrer em outras áreas florestais, particularmente em áreas de Mata Atlântica e Mata de Galeria. Desta forma, pelo fato de não se encaixar em nenhuma dos critérios para ser definido como "em perigo" (CR, EN, VU), a espécie foi classificada como Quase Ameaçada (NT) de acordo com os critérios da IUCN (2001).

Ocorrem sobre rochas e troncos vivos ou em decomposição, no interior de áreas florestais, em locais sombreados e úmidos, geralmente próximos ao curso d'água, 400-1.300m alt.

Distribuição Geográfica: GO, MG, RJ, RS, SC e SP.

Domínios Fitogeográficos: Cerrado e Mata Atlântica.

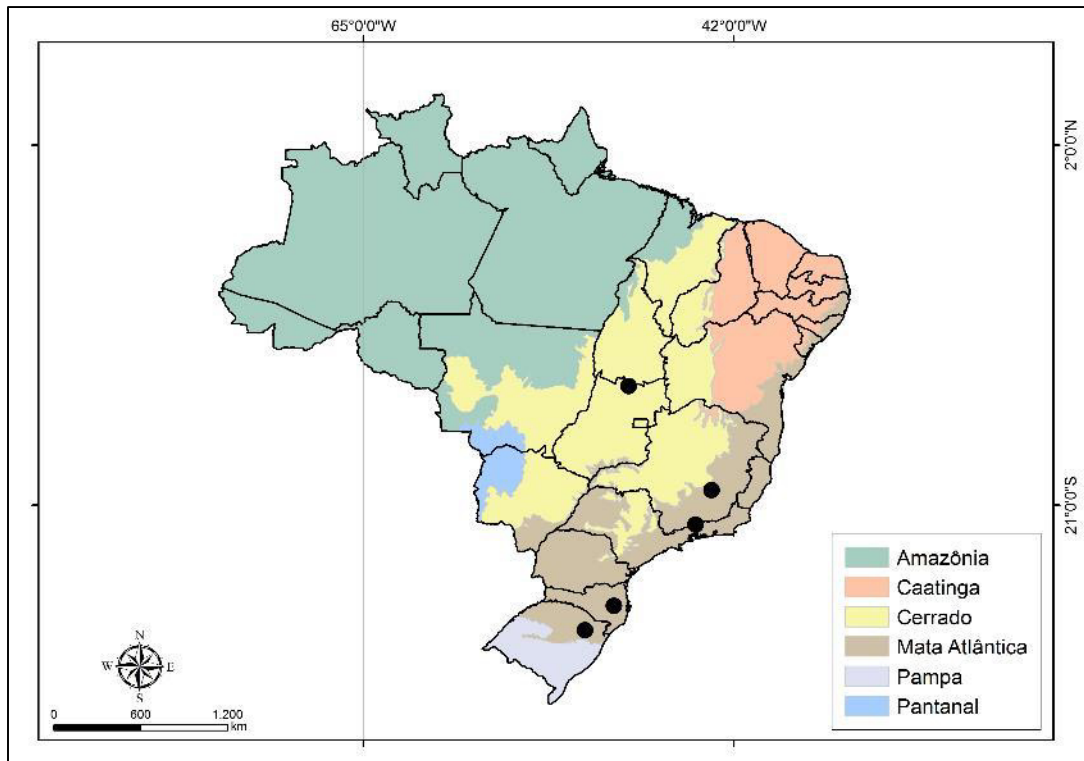


Figura 23: Mapa de distribuição de *Thuidium bifidum* no Brasil.

Material analisado: **Goiás:** Formoso, *Vital 12790* (SP). **Minas Gerais:** Nova Lima, *Peralta 11646* (SP). **Rio de Janeiro:** Itatiaia, *Soares 1813* (UB). **Rio Grande do Sul:** Nova Roma do Sul, *Oliveira 250* (UFP). **Santa Catarina:** *Sehnem 14384* (PACA).

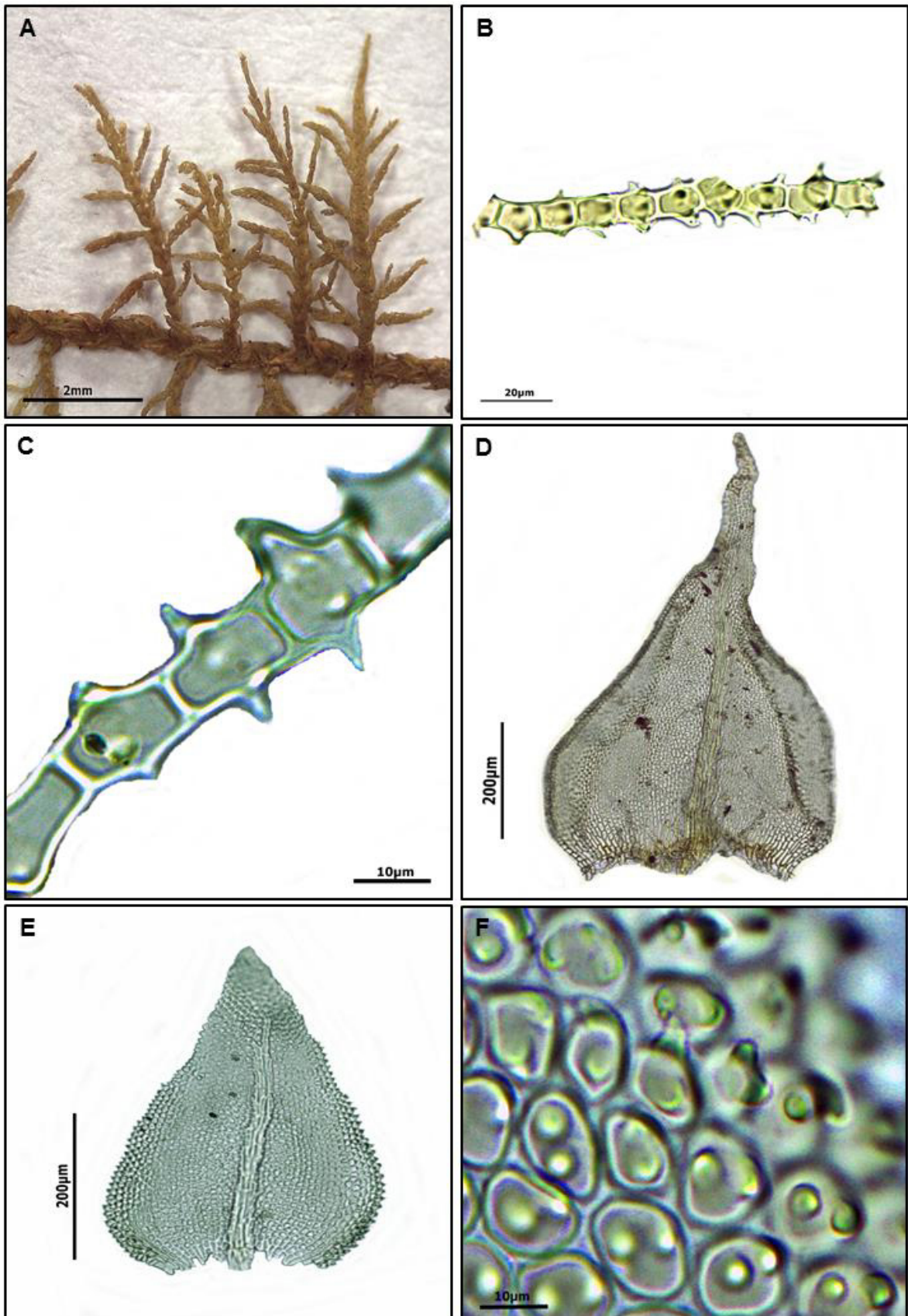


Figura 24: *Thuidium bifidum*. A: Gametófito. B: Paráfilo. C: Paráfilo, em detalhe células quadradas e papilas. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Células unipilosas bifidas.

3. ***Thuidium brasiliense*** Mitt., J. Linn. Soc., Bot. 12: 579. 1869. - Tipo: BRASIL. *sine loco*, Burchell 3788 (holotype: NY!).

Fig. 25 e Fig. 26.

Plantas medianas, 12-20cm compr., verde-amareladas. **Caulídios** ascendentes, 2 a 3-pinados, ramificações com 12-15mm compr.; paráfios abundantes, em menor quantidade nas ramificações, 150-205µm compr., 10-25 células, células medianas retangulares a longo-retangulares, ca. de 3-5:1, 18-27µm compr., papilosas, com 1-2 papilas por células, células apicais truncadas ou agudas. **Filídios** dos caulídios eretos ou ereto-patentes quando secos, patentes quando úmidos, deltóides, 1,2-1,8x0,9-1,2mm, acuminados, côncavos, plicados; margens crenulada-papilosas, recurvadas abaixo, planas acima; costas sub-percurrentes, ca. de 3/4 do tamanho dos filídios, faces abaxiais proeminentes, rugosas na metade inferior; células medianas retangulares a longo-retangulares, sinuosas, 3-6:1, ca. de 28-36µm compr., unipapilosas, papilas pequenas, eretas, paredes celulares delgadas; células apicais truncadas. Filídios das ramificações secundárias e terciárias, eretos ou ereto-patentes quando secos, patentes quando úmidos, ovados a ovado-deltóides, 0,6-0,8x0,3-0,4mm, agudos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costa ca. de 2/3 a 1/2 do tamanho dos filídios; células medianas alongadas, longo-retangulares, retangular-linear e elípticas, 3-5:1, ca. de 17-22µm compr., unipapilosas, delgadas; células apicais truncadas. **Periquécio, Seta, Peristômio e Esporos** não foram observados.

Caracteriza-se pelos filídios com células medianas longo-retangulares, alongadas, sinuosas, unipapilosas e paráfios com células retangulares ou longo-retangulares. Pode ser confundida com *T. delicatulum*, diferindo pela morfologia das células que são retangulares em *T. delicatulum*.

Espécie endêmica do Brasil, de distribuição restrita as regiões Sul e Sudeste. Ocorrem em diversas áreas inseridas dentro de unidades de conservação. Foi considerada Quase Ameaçada (NT), pois ao ser avaliada pelos critérios da IUCN (2001), não se qualifica em nenhuma das categorias de ameaça, mas está perto da qualificação.

Ocorrem sobre rochas e solos, em locais úmidos ou parcialmente secos, sombreados ou pouco expostos ao sol, em altitudes medianas a altas, 800-1600m alt.

Distribuição geográfica: MG, PR, RJ, RS, SC e SP.

Domínios Fitogeográficos: Mata Atlântica.

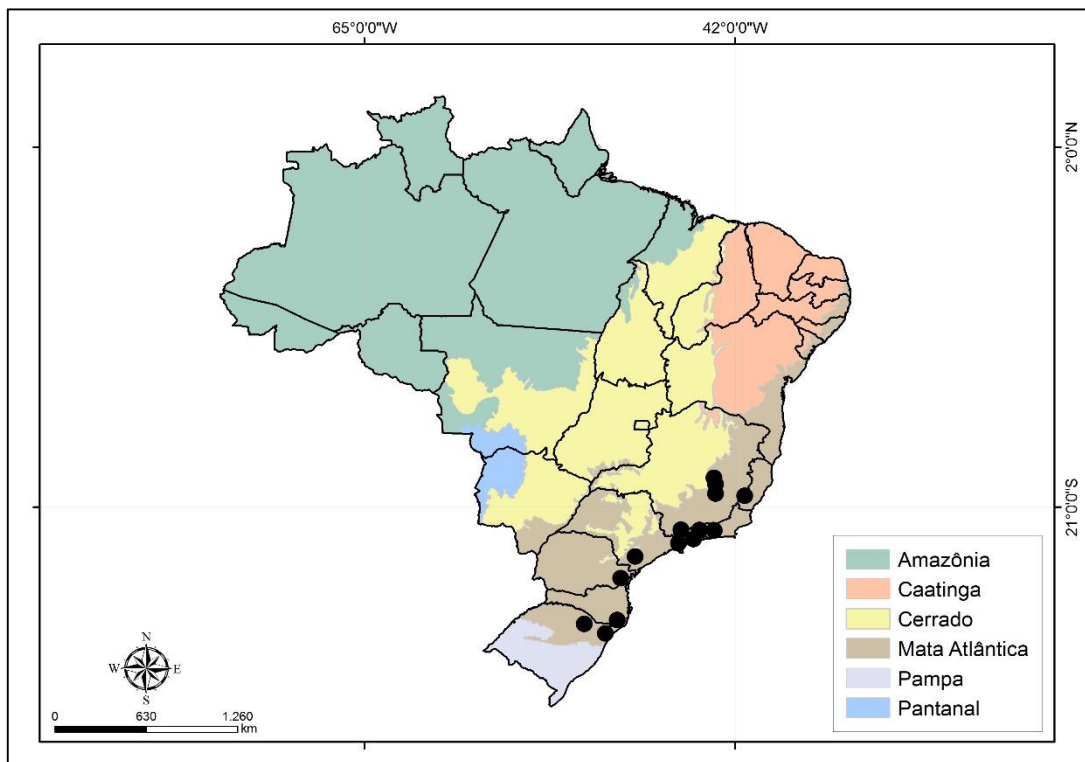


Figura 25: Mapa de distribuição de *Thuidium brasiliense* no Brasil.

Material analisado: **Minas Gerais:** Caraça, *Windisch 468* (SP); Parque Nacional do Caparaó, *Buck 26895* (NY); Santa Barbara, *Buck 26624* (SP); Santana do Riacho, *Câmara 1949* (SP). **Paraná:** Tijuca do Sul, *Silva 795* (SP). **Rio de Janeiro:** Rio de Janeiro, *Mills s.n.* (NY). **Rio Grande do Sul:** Cambará do Sul, *Vital & Buck 12234* (NY); Nova Prata, *Wasum s.n.* (NY). **Santa Catarina:** Serra Geral, *Vital & Buck 12411* (SP). **São Paulo:** Alto da Serra, *Wacket & Decker 720* (JE); Campos da Cunha, *Peralta 3709* (SP); Campos do Jordão, *26294* (SP); Guapiara, *Vital 20512* (SP) e Salesópolis, *Vital s.n.* (SP).

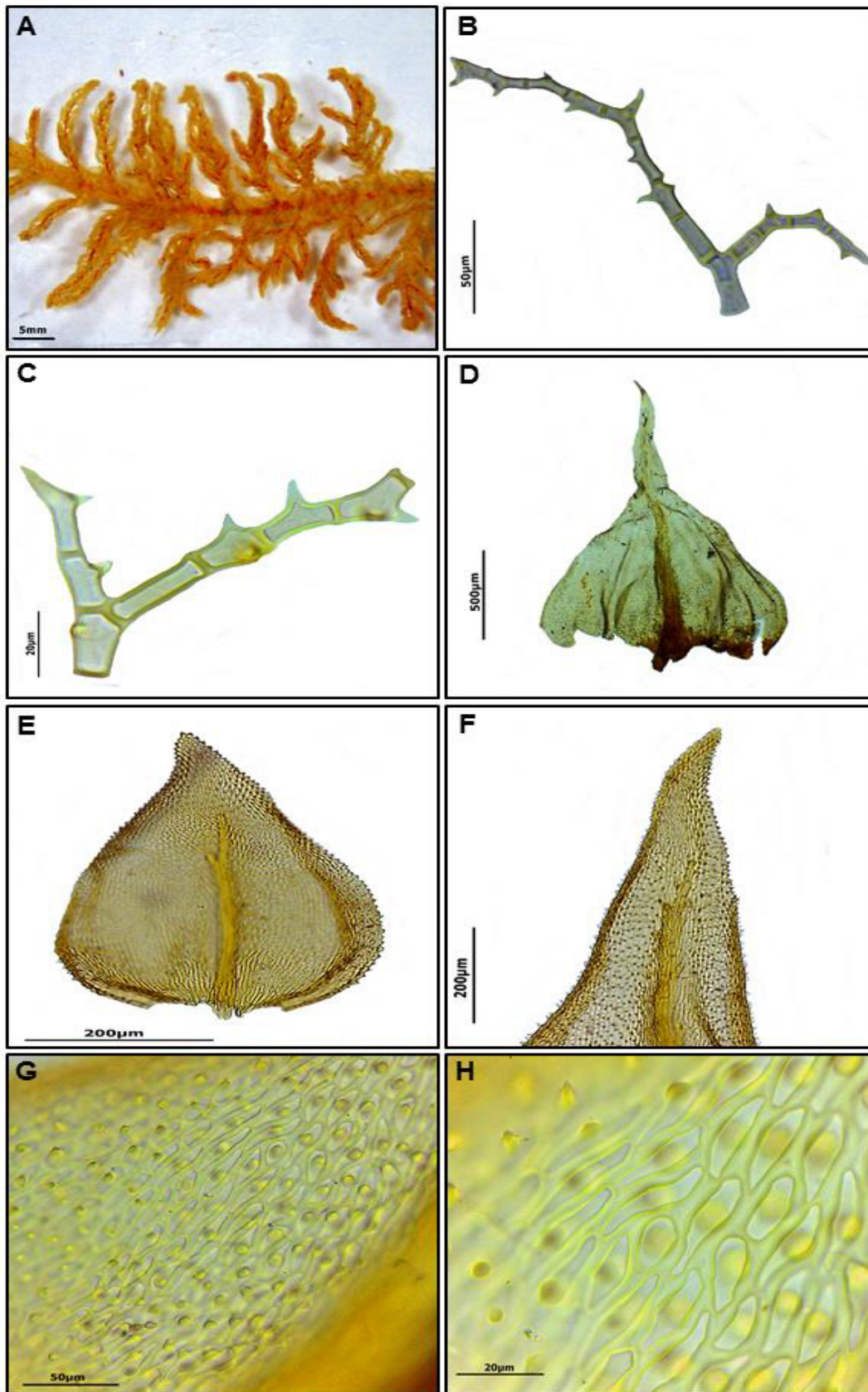


Figura 26: *Thuidium brasiliense*. A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Ápice do filídio do caulídio. G: Células unipapilosas do filídio do caulídio e H: Células unipapilosas do filídio da ramificação.

4. ***Thuidium delicatulum*** (Hedw.) Bruch & Schimp., Bryol. Euro. 5: 164 (fasc. 49--51. Monogr. 8). 1852. *Hypnum delicatulum* Hedw., Sp. Musc. Frond. 260. 1801. *Hypnum tamariscinum* var. *delicatulum* (Hedw.) Brid., Muscol. Recent. Suppl. 2: 140. 1812. *Leskea delicatula* (Hedw.) Mitt., J. Proc. Linn. Soc., Bot. 8: 45. 1864. *Leskea delicatula* (Hedw.) Sw., Adnot. Bot. 175. 1829. *Thuidium recognitum* var. *delicatulum* (Hedw.) Warnst., Bot. Centralbl. 5: 185. 1881. - Tipo: USA. Pensilvânia, *Dillenius s.n.* (holotype G!).

Thuidium erectum Duby, Mém. Soc. Phys. Genève 24: 370. 1875. - Tipo: USA. Flórida, *Chapmann s.n.* (isotype: NY!).

Thuidium schlumbergeri Schimp. ex Besch., Mém. Soc. Sci. Nat. Math. Cherbourg 16: 236. 1872. - Tipo: MÉXICO. *Schimper s.n.* (isotype: BM!).

Thuidium subrobustum Cardot, Rev. Bryol. 37: 53. 1910. - Tipo: MÉXICO. Morelia, *Solorzano s.n.* (holotype: PC!).

Tamariscella ventrifolia Müll. Hal. Bull. Herb. Boissier 5: 220. 1897. *Thuidium ventrifolium* (Müll. Hal.) Paris, Index Bryol. 1294. 1898. - Tipo: GUATEMALA. Coban, *Türckheim s.n.* (isotype: BM!, NY!, PC!).

Thuidium uliginosum Cardot, Bull. Soc. Bot. Genève, Sér. 2 3: 283. 1911. - Tipo: COREIA. *sine loco*, *Cardot s.n.* (isotype: NY!).

Thuidium viride Mitt., Trans. Linn. Soc. London, Bot. 3: 188. 1891. - Tipo: JAPÃO. Kintoki, *Maries and Bisset s.n.* (holotype: NY!).

Thuidium xanthobasis Sakurai, Bot. Mag. (Tokyo) 64: 199. 1 m--o. 1951. *Thuidium tetracladioides* var. *xanthobasis* (Sakurai) Inouye. Misc. Bryol. Lichenol. 12: 4. 1957. - Tipo: JAPÃO. Naigu, *T. Magofuku 1647*, (isotype: NY!).

Fig. 27 e Fig. 28.

Plantas medianas, 12-17cm compr., verdes a verde-amareladas. **Caulídios** ascendentes, 2 a 3-pinados, ramificações com 10-14mm compr.; paráfilos abundantes, em menor quantidade nas ramificações, 160-190µm compr., 8-20 células, células medianas retangulares, ca. de 3:1, 12-16µm compr., papilosas, com 1-2 papilas por células, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios eretos quando secos, ereto-patentes ou patentes quando úmidos, deltóides ou ovado-deltóides, 0,8-1,2x0,6-0,8mm, acuminados, côncavos, plicados; margens crenulada-papilosas, recurvadas abaixo, planas acima; costas sub-percurrentes, ca. de 6/5 do tamanho dos filídios, faces

abaxiais proeminentes, rugosas na metade inferior; células medianas retangulares ou isodiamétricas, 2-3:1, ca. de 12-22µm compr., unipapilosas, papilas robustas, retas, às vezes recurvadas, paredes celulares delgadas; células apicais truncadas. Filídios das ramificações secundárias e terciárias eretos quando secos, patentes quando úmidos, ovados, 0,3-0,5x0,15-0,3mm, agudos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costas ca. de 2/3 a 3/4 do tamanho dos filídios, às vezes bifurcadas nos ápices; células medianas ovais ou isodiamétricas, 1-2:1, ca. de 9-12µm compr., unipapilosas, papilas recurvadas, paredes celulares incrassadas; células apicais truncadas, com 2-4 papilas. **Periquécios** lanceolados, ca. de 3,5mm compr., filiformes, plicados; margens serruladas, ciliadas, planas; costas sub-percurrentes; células longo-retangulares, lisas. **Setas** ca. de 3,5cm compr.; cápsulas horizontais, ca. de 2,5mm compr., cilíndricas; células dos exotécios retangulares, incrassadas; opérculos rostrados. **Peristômios** amarelados, exostômios bordados, estriados abaixo, papilosos acima, trabeculados; endostômios lanceolados, quilhados, estritamente perfurado. **Esporos** 10-12µm, levemente papilosos.

O nome *Thuidium delicatulum* é comumente utilizado para descrever diversas espécies do gênero. Este nome tem sido equivocadamente utilizado no Brasil para descrever um conjunto de espécies com características morfológicas semelhantes. Caracteriza-se principalmente por apresentar as células dos paráfios alongadas, filídios dos caulídios plicados, filídios dos ramos com as papilas robustas, encurvadas e com as paredes celulares incrassadas. No Brasil somente *T. brasiliense* e *T. tamariscinum* possuem paráfios com células alongadas. Em relação a *T. brasiliense* difere por apresentar os filídios da ramificação com as células medianas ovais, enquanto em *T. brasiliense* as células são longo-retangulares. Em *T. tamariscinum* as células apicais dos filídios das ramificações são agudas e lisas, enquanto em *T. delicatulum* as células apicais dos filídios dos ramos são truncadas e papilosas.

Thuidium delicatulum possui ampla distribuição, principalmente no domínio Mata Atlântica, ocorrendo em diversas localidades, muitas destas inseridas dentro de unidades de conservação. Deve-se, portanto, considerar seu status de conservação como Pouco Preocupante (LC) de acordo com os critérios da IUCN (2001).

Crescem sobre solos, rochas e troncos em decomposição em locais sombreados ou parcialmente expostos ao sol e úmidos, 200-1600m alt.

Ocorrem na América do Sul, do Norte, Europa e Ásia.

Distribuição geográfica: AM, BA, GO, MG, MT, PA, PR, RJ, RS, SC e SP.

Domínios Fitogeográficos: Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica.

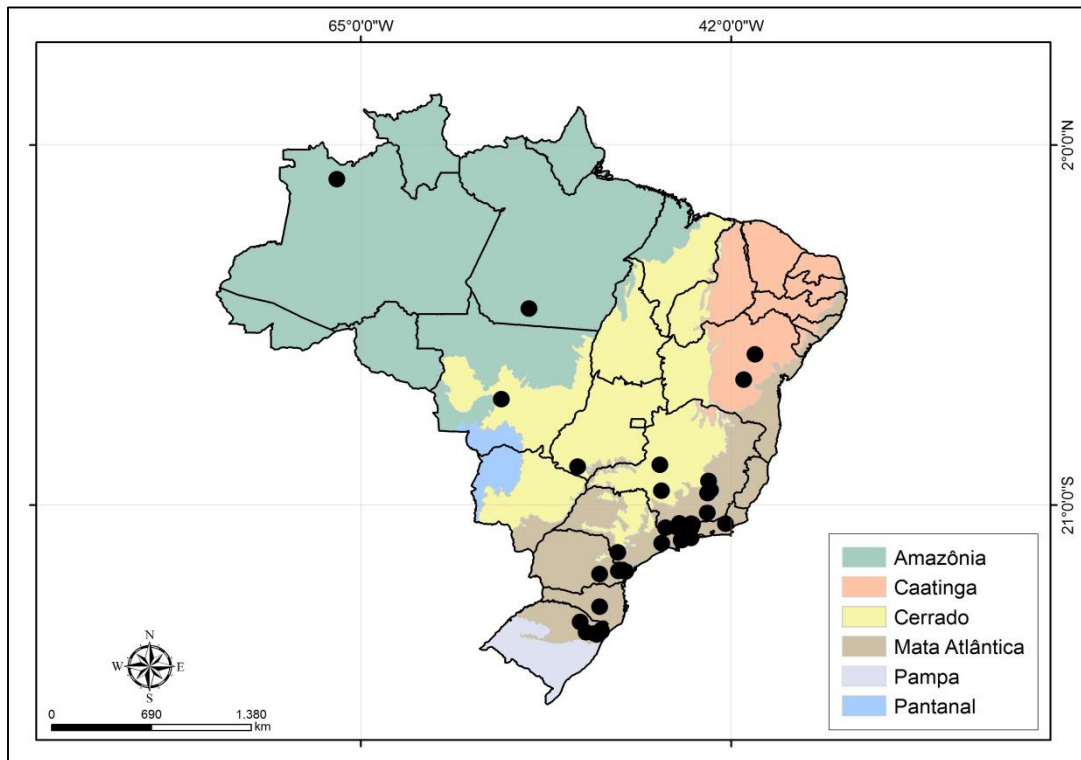


Figura 27: Mapa de distribuição de *Thuidium delicatulum* no Brasil.

Material Analisado: **Amazonas:** São Gabriel, *Buck 2432* (MO). **Bahia:** Miguel Calmon, *Santos 1934* (ALCB); Mucugê, *Guedes s.n.* (ALCB 37742). **Goiás:** Aporé, *Silva 63* (MO). **Mato Grosso:** Diamantino, *Silva 610* (MO). **Minas Gerais:** Camanducaia, *Windisch 5896* (MO); Catas Altas, *Peralta 6658*; Itamonte, *Vital 15947* (SP); Lima Duarte, *Marquete 3196* (RB); Maria da Fé, *Yano 31912* (SP); Marmelópolis, *Soares et al.* (NY, UB); Miguel Burnier, *Hoehne 194* (SP); Nova Lima, *Peralta 11646* (SP); Patos de Minas, *Soares et al. 1554* (UB); Parque Nacional da Serra da Canastra, *Peralta 15018* (SP); Parque Nacional do Itatiaia, *Soares et al. 1745* (MUB, NY); Santa Bárbara, *Vital 7675* (MO); Serra da Piedade, *Hoehne 6577* (JE). **Pará:** Serra do Cachimbo, *Reese 16108* (MO). **Paraná:** Morretes, *Ristow 2831* (SP); Quatro Barras, *Ristow et al. 2411* (SP); São João do Triunfo, *Vital 3308* (SP). **Rio de Janeiro:** Paraty, *Vital 7757* (MO, SP); Parque Nacional do Itatiaia, *Soares 1454* (NY, UB); Serra de Friburgo, *Bandeira s.n.* (MO); Visconde de Mauá, *Tomita s.n.* (SP 125816). **Rio Grande do Sul:** Cambará do Sul, *Wasum et al. s.n.* (HUCS 2139, MO); Canela, *Filho 1064* (SP); Caxias do Sul, *Wasum et al. s.n.* (HUCS 5873, MO); Jaquirana, *Guerra s.n.* (HUCS 784, MO); Nova Prata, *Wasum s.n.* (HUCS 2883, MO); São Francisco de

Paula, *Cararo 10598* (MO). **Santa Catarina:** Lages, *Vital 5667* (SP). **São Paulo:** Campos do Jordão, *Peralta 12586* (SP); Itapeva, *Peralta 11461* (SP); Natividade da Serra, *Peralta 9210* (SP); Pindamonhangaba, *Soares et al. 1853* (NY, UB); Santo André, *Yano 939* (SP); São Bento do Sapucaí, *Peralta 10123* (SP); São José do Barreiro, *Vital 7370* (MO, SP); Silveira, *Vital 7289* (SP) e Ubatuba, *Costa 5075* (SP).

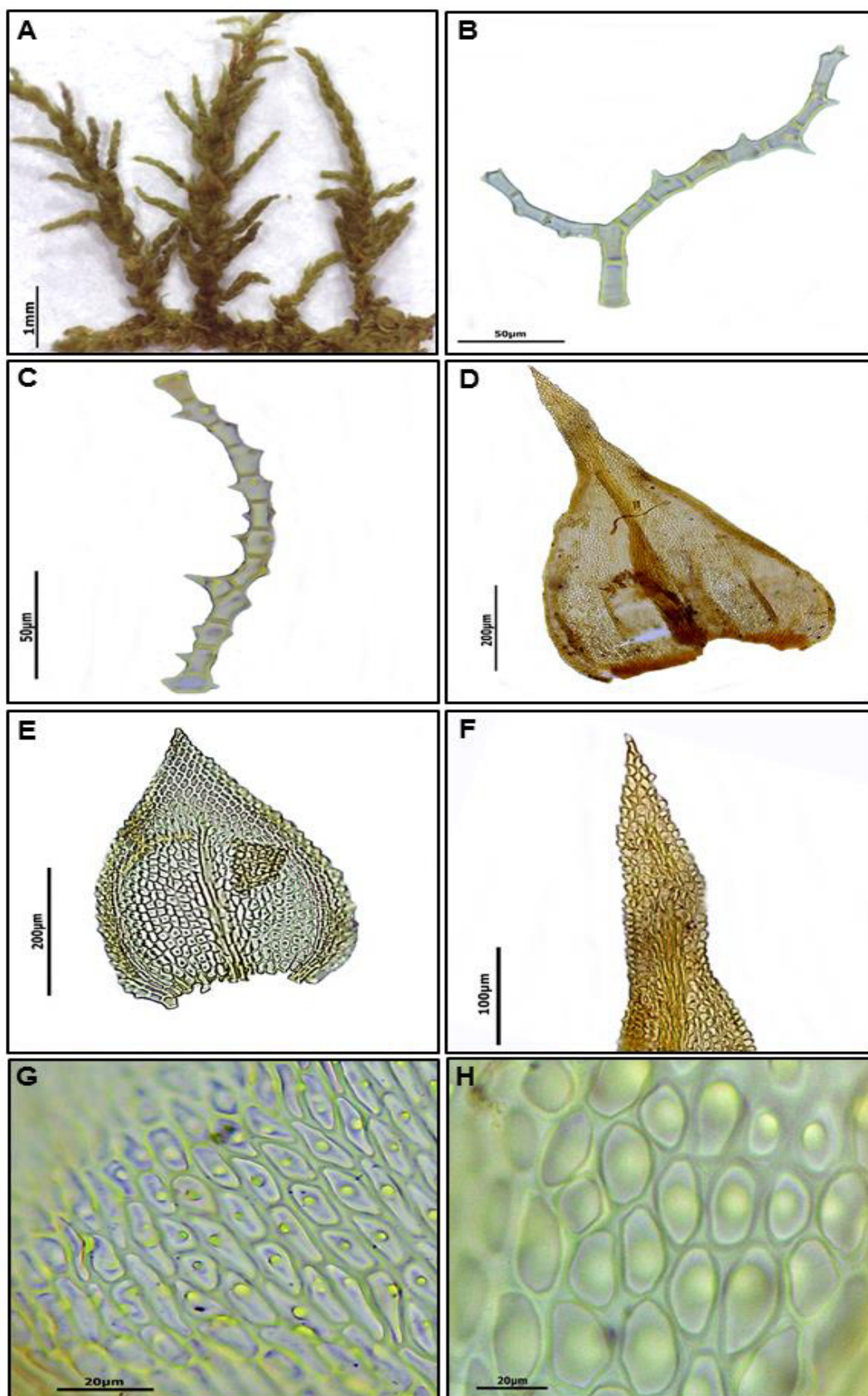


Figura 28: *Thuidium delicatulum*. A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Ápice do filídio do caulídio. G: Células unipapilosas do filídio do caulídio. H: Células unipapilosas do filídio do ramo.

5. ***Thuidium pseudoprotensum*** (Müll.Hal.) Mitt., J. Linn. Soc., Bot.12: 578. 1869.
Hypnum pseudoprotensum Müll. Hal., Bot. Zeitung (Berlin) 6: 779. 1848. - Tipo:
VENEZUELA. Merida, *Funck et Schlim 992* (isotypes: NY!, PC!).

Hypnum subdelicatulum Hampe, Vidensk. Meddel. Dansk Naturhist. Foren. Kjøbenhavn
1: 156. 1879. *Thuidium subdelicatulum* (Hampe) Broth., Acta Soc. Sci. Fenn.
19(5): 27. 1891. - Tipo: BRASIL. Rio de Janeiro, *Glaziou 2792* (isotype: PC!).

Fig. 29 e Fig. 30.

Plantas medianas a robustas, 14-18cm compr., verde-amareladas. **Caulídios** ascendentes, 2 a 3-pinado, ramificações com 12-18mm compr.; paráfilos abundantes, em menor quantidade nas ramificações, 120-180µm compr., 10-22 células, células medianas pequenas, subquadradas, ca. de 1:1, 10-14µm compr., papilosas, com 1-2 papilas por células, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios ereto-patentes quando secos, patentes quando úmidos, deltóides, 1,4-2x0,8-1,1mm, acuminados a longo-acuminados, frequentemente com os ápices falcados, côncavos, plicados; margens crenulada-papilosas, recurvadas; costas sub-percurrentes, ca. de 4/5 do tamanho dos filídios, faces abaxiais proeminentes, rugosas na metade inferior; células medianas isodiamétricas, ovais ou curto-retangulares, 1-2:1, ca. de 15-20µm compr., unipapilosas, papilas retas, às vezes recurvadas, paredes celulares incrassadas; células apicais agudas ou truncadas. Filídios das ramificações secundárias eretos quando secos, patentes quando úmidos, ovado-deltóides, 0,4-0,7x0,2-0,3mm, agudos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costas com ca. de 1/2 a 2/3 do tamanho dos filídios, frequentemente bifurcada no ápice; células medianas ovais, 1-2:1, ca. de 8-11µm compr., unipapilosas, papilas altas, retas, paredes celulares incrassadas; células apicais truncadas. **Periquécios** lanceolados, ca. de 4mm compr., filiformes, plicados; margens serruladas, planas; costas sub-percurrentes; células longo-retangulares, lisas. **Setas** ca. de 2,5cm compr.; cápsulas horizontais, ca. de 3mm compr., cilíndricas; células dos exotécios retangulares, incrassadas; opérculos rostrados. **Peristômios** avermelhados, exostômios bordeados, estriados abaixo, papilosos acima, trabeculados; endostômios lanceolados, quilhados, estritamente perfurados. **Esporos** 12-15µm, levemente papilosos.

Pode ser confundida com *T. delicatulum* e *T. brasiliense*, diferindo por apresentar paráfilos com células pequenas, subquadradas e filídios dos caulídios maiores e

robustos, com o ápice frequentemente falcado, características que são usadas para definir a espécie.

Apresenta distribuição restrita as regiões Sul e Sudeste. Ocorrem em diversas áreas inseridas dentro de unidades de conservação, somente no domínio Mata Atlântica. Foi considerada Quase Ameaçada (NT), pois ao ser avaliada pelos critérios da IUCN (2001), não se qualifica em nenhuma das categorias de ameaça, mas está perto da qualificação devido a sua distribuição restrita.

Crescem em ambientes florestais, sobre rochas e troncos mortos, em locais sombreados ou expostos, geralmente em altitudes medianas a elevadas, 900-1400m alt.

Ocorrem na América do Sul, Central e do Norte.

Distribuição geográfica: ES, MG, PR, RJ, RS, SC e SP.

Domínios Fitogeográficos: Mata Atlântica.

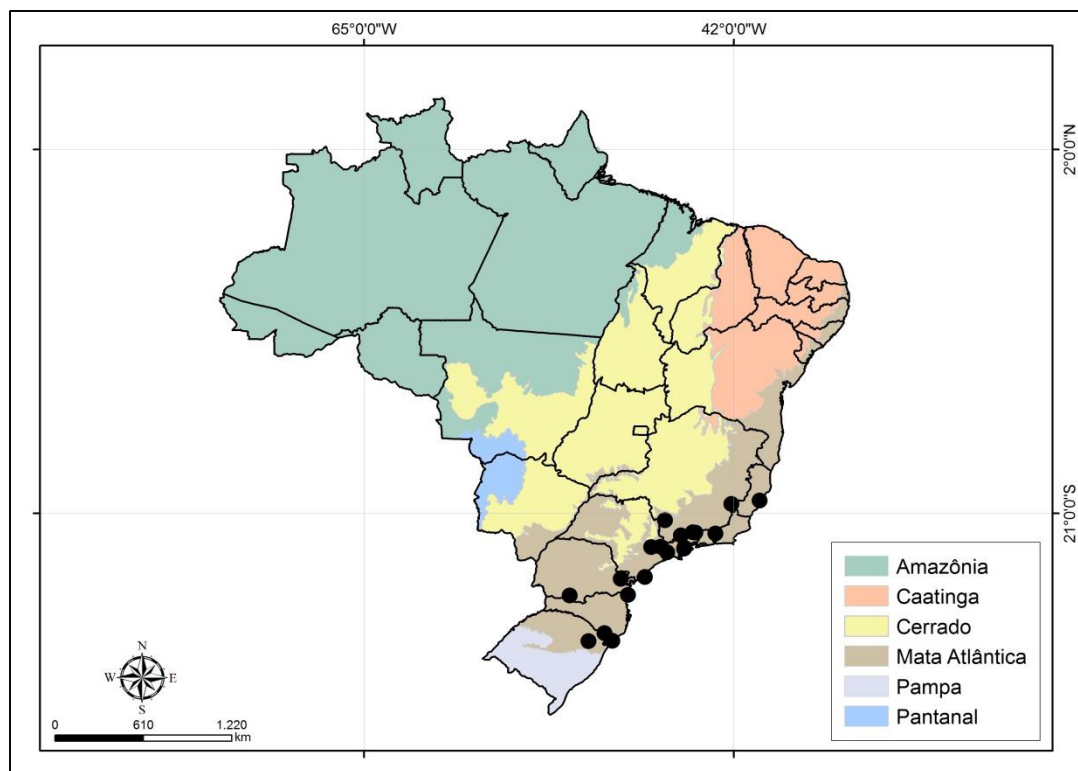


Figura 29: Mapa de distribuição de *Thuidium pseudoprotensum* no Brasil.

Material Analisado: **Espírito Santo:** Domingos Martins, *Yano 4931* (SP). **Minas Gerais:** Fervedouro, *Costa 4151* (SP); Passa Quatro, *Zikan 283* (SP); Poços de Caldas, *Vital 158* (SP). **Paraná:** Campina Grande do Sul, *Schwartsburd 1233* (SP); Clevelândia, *Sehnem 6677* (PACA). **Rio de Janeiro:** Parque Nacional do Itatiaia,

Oliveira 2595 (RB); Petrópolis, *Sucre 645* (RB). **Rio Grande do Sul:** Ana Rech, *Wasum s.n.* (HUCS 6161); Cambará do Sul, *Wasum et al. s.n.* (ALCB 18154); Caxias do Sul, *Sehnem 1974* (SP). **Santa Catarina:** Joinville, *Grossmann s.n.* (JE); Serra Geral, *Ule 191* (JE). **São Paulo:** Campos do Jordão, *Peralta 9916* (SP); Cananéia, *Peralta 1280* (SP); Itú, *Hoehne 646* (JE); Jundiai, *Puiggari 404* (SP); Natividade da Serra, *Peralta 9169* (SP); Paranapiacaba, *Landrum 2778* (SP); São Luís do Paraitinga, *Peralta 9052* (SP).

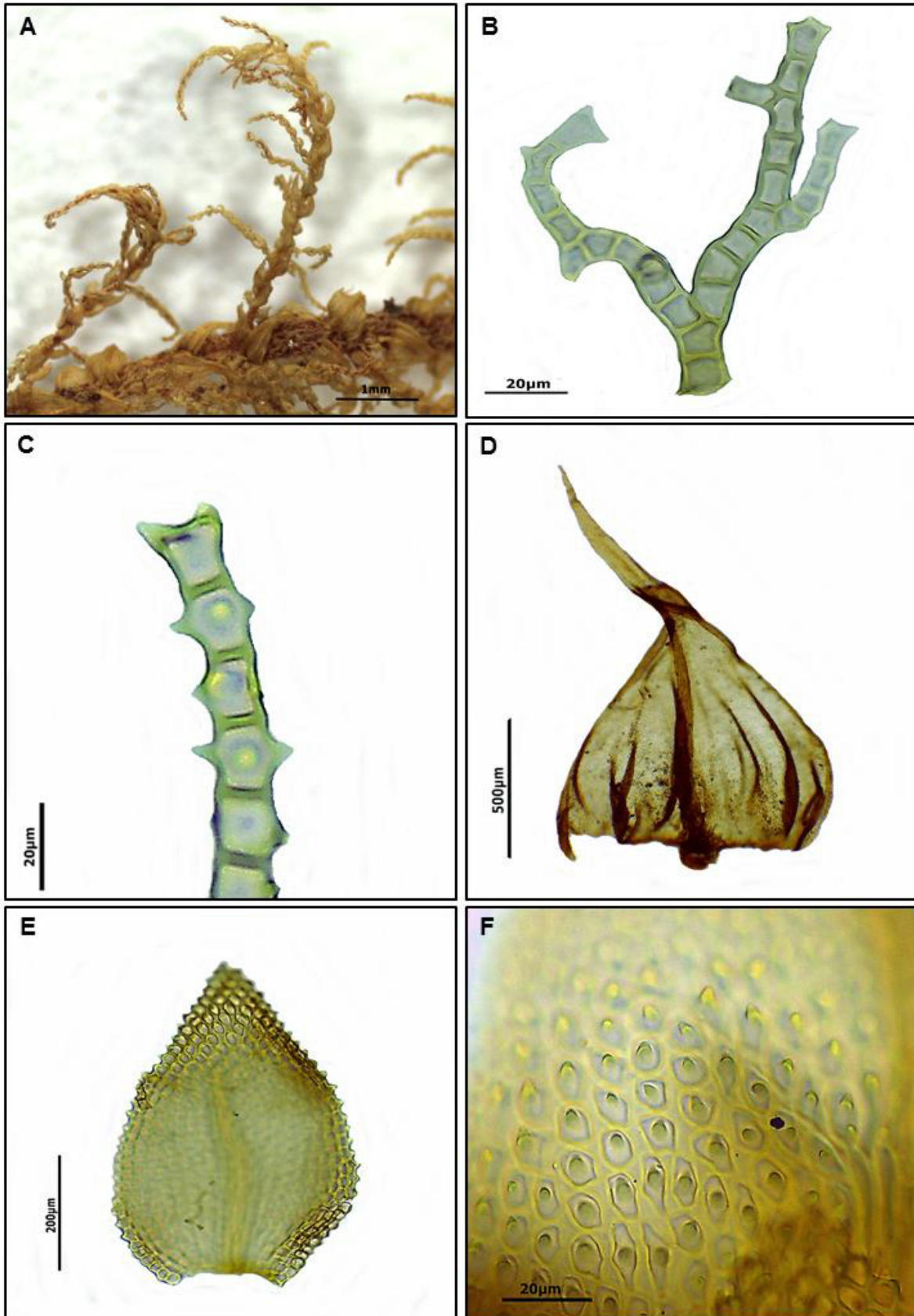


Figura 30: *Thuidium pseudoprotensum*. A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Células unipapilosas do filídio do ramo.

6. ***Thuidium tamariscinum*** (Hedw.) Schimp., Bryol. Euro 5: 163. 482, 483 (fasc. 49--51 Mon. 7. 2, 3.). 1852. *Hypnum tamariscinum* Hedw., Sp Musc. Frond. 261. 67 f. 1-5. 1801. *Leskea tamariscina* (Hedw.) Mitt., J. Proc. Linn. Soc., Bot. 8: 8. 1864. *Pterygophyllum tamariscinum* (Hedw.) Brid., Muscol. Recent. Suppl. 4: 151. 1819 [1818]. - Tipo: *sine loco*, in truncis humique passim, *sine leg* (isotype: BM!).

Fig. 31 e Fig. 32.

Plantas medianas, 10-15cm compr., verde-amareladas. **Caulídios** ascendentes, 2-pinado, menos frequentemente 3-pinado, ramificações com 12-18mm compr.; paráfios abundantes, em menor quantidade nas ramificações, 170-250µm compr., 10-24 células, células medianas retangulares, ca. de 2-4:1, 14-24µm compr., papilosas, com 1-2 papilas por células, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios adpressos a eretos quando secos, ereto-patentes ou patentes quando úmidos, deltóides ou ovado-deltóides, 1,2-1,8x0,9-1,1mm, acuminados a longo-acuminados, côncavos, plicados; margens crenulada-papilosas, recurvadas; costas sub-percurrentes, ca. de 4/5 do tamanho dos filídios, faces abaxiais proeminentes, às vezes levemente rugosas na metade inferior; células medianas isodiamétricas, ovais ou curto-retangulares, 1-3:1, ca. de 10-20µm compr., unipapilosas, papilas robustas, retas, às vezes recurvadas, paredes celulares delgadas; células apicais agudas. Filídios das ramificações secundárias eretos quando secos, patentes quando úmidos, ovados, 0,4-0,7x0,2-0,3mm, agudos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costas ca. de 1/2 a 2/3 do tamanho dos filídios, frequentemente bifurcadas no ápice; células medianas ovais, 1-2:1, ca. de 6-10µm compr., unipapilosas, papilas altas, retas ou recurvadas, paredes celulares incrassadas; células apicais agudas, pontudas, lisas. **Periquécios** lanceolados, ca. de 5mm compr., filiformes, plicados; margens serruladas acima, inteiras abaixo, fortemente ciliadas, planas; costas sub-percurrentes; células longo-retangulares, lisas. **Setas** ca. de 3cm compr.; cápsulas horizontais, ca. de 3mm compr., cilíndricas; células dos exotécios retangulares, incrassadas; opérculos rostrados. **Peristômios** avermelhados, exostômios bordeados, estriados abaixo, papilosos acima, trabeculados; endostômios lanceolados, quilhados, estritamente perfurados. **Esporos** 12-14µm, levemente papilosos.

Thuidium tamariscinum caracteriza-se por apresentar paráfios com células retangulares, longas e principalmente por apresentar os filídios da ramificação com a

célula apical aguda, pontuda e lisa, sendo esta a principal característica usada para separar *T. tamariscinum* de *T. delicatulum*.

Apresenta distribuição restrita as regiões Sul e Sudeste, em áreas de Mata Atlântica. Muitas de suas localidades de ocorrência estão inseridas dentro de unidades de conservação. Foi considerada Quase Ameaçada (NT), pois ao ser avaliada pelos critérios da IUCN (2001), não se qualifica em nenhuma das categorias de ameaça, mas está perto da qualificação devido a sua distribuição restrita.

Crescem sobre rochas, solo e troncos mortos, em ambientes florestais, sombreados e úmidos na Mata Atlântica, 600-1200m alt.

Ocorrem na Europa, Ásia, América do Sul, Central e América do Norte.

Distribuição geográfica: MG, PR, RJ, RS, SC e SP.

Domínios Fitogeográficos: Mata Atlântica.

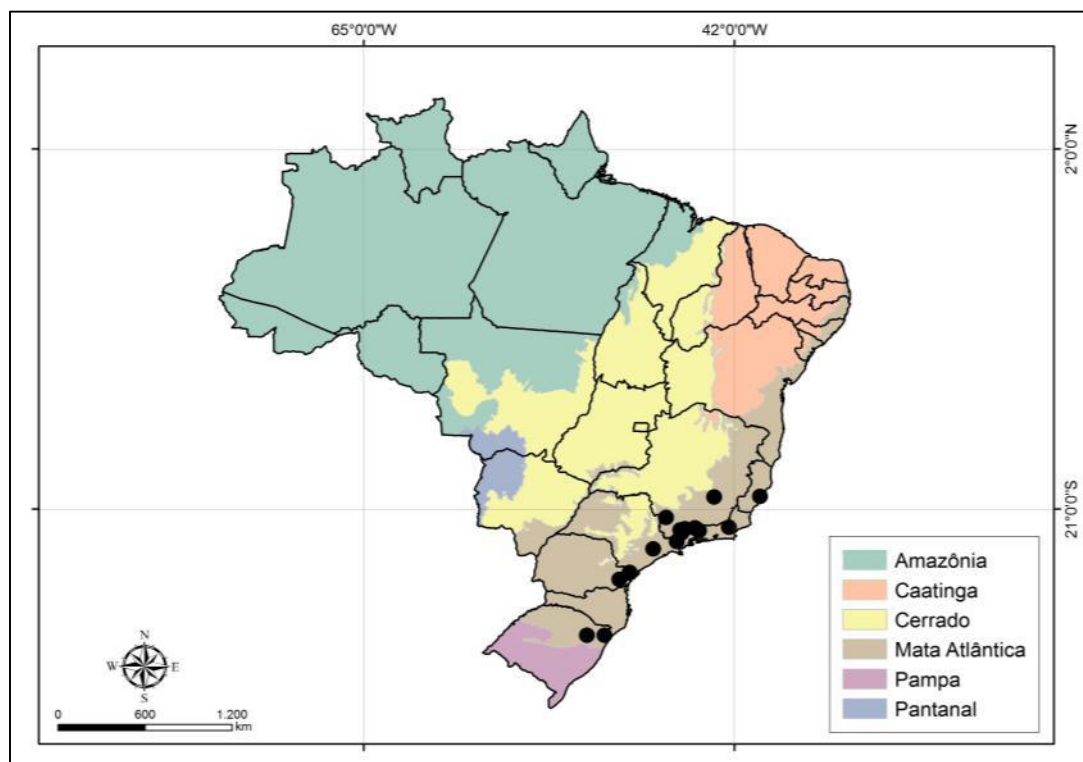


Figura 31: Mapa de distribuição de *Thuidium tamariscinum* no Brasil.

Material Analisado: **Minas Gerais:** Caldas, *Mosen 363* (SP); Itacolumi, *Damazio 2101* (RB); Parque Nacional do Itatiaia, *Vital 19483* (SP). **Paraná:** Quatro Barras, *Peralta & Schafer-Verwimp 12846* (SP); Tijucas do Sul, *Shirata 4003* (SP). **Rio de Janeiro:** Itatiaia, *Mizoguchi 1272* (SP); Nova Friburgo, *Costa et al. 856* (RB). **Rio Grande do Sul:** Cambará do Sul, *Jeno-Michel 2679* (SP); Caxias do Sul, *Wasum et al.*

s.n. (MO). **Santa Catarina:** Parque Nacional de São Joaquim, *Peralta 7721* (SP). **São Paulo:** Bananal, *Esteves 2628* (SP); Campos do Jordão, *Buck 26267* (SP); Juquitiba, *Colletes 170* (SP); Pindamonhangaba, *Visnadi 2380* (SP); Piquete, *Peralta 4331* (SP) e São José dos Campos, *Yano 32854* (SP).

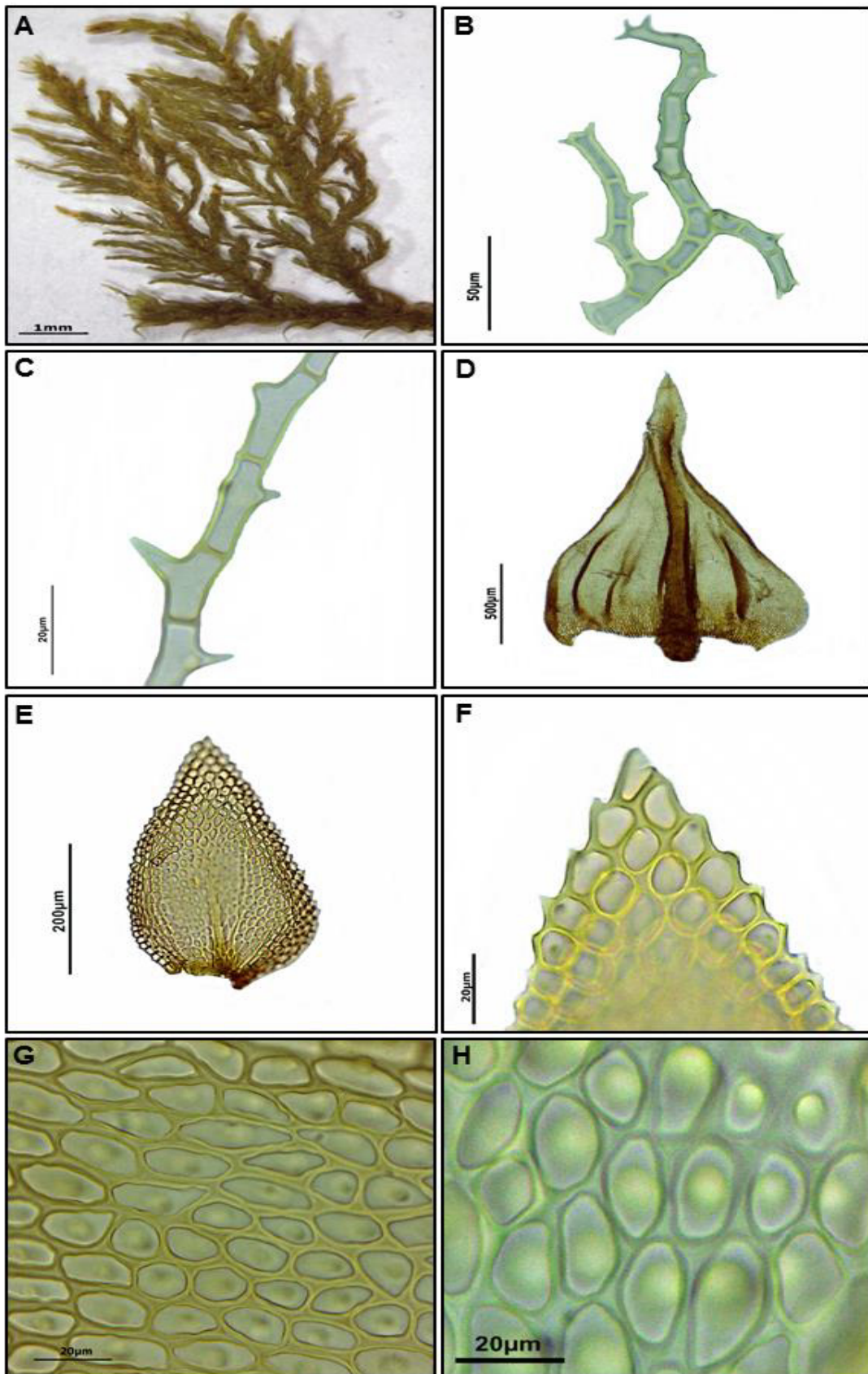


Figura 32: *Thuidium tamariscinum*. A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Ápice e célula apical aguda do filídio da ramificação. G: Células unipapilosas do filídio do caulídio. H: Células unipapilosas do filídio do ramo.

7. ***Thuidium tomentosum*** Schimp., Mém. Soc. Sci. Nat. Math. Cherbourg 16: 237. 1872. - Tipo: MÉXICO. Orizaba, *F. Muller 2263a* (isotype: NY!).

Thuidium mattogrossense Broth., Bih. Kongl. Svenska Vetensk.-Akad. Handl. 3(7): 55. 1900. - Tipo: BRASIL. Mato Grosso, *Lindman 3613* (holotype: H!, isotype: R!). *syn. nov.*

Thuidium antillarum Besch., Ann. Sci. Nat., Bot., sér. 6, 3: 244. 1876. *Tamariscella antillarum* (Besch.) Müll. Hal., Hedwigia 37: 262. 1898. - Tipo: GUADALUPE. Rivière Saint-Loius, *Husnot 188* (lectotype designated here: PC!, isolectotype: NY!). *Beaupertuis s.n.* (isosyntype: PC!). *L'Herminier 25* (isosyntype: PC?). MARTINICA. *sine loco*, *Husnot 88* (isosyntype: PC!).

Thuidium tamariscinum var. *mexicanum* Schimp., Mém. Soc. Sci. Nat. Math. Cherbourg 16: 236. 1872. - Tipo: MÉXICO. Mirador, *F. Sartorius s.n.* (isotype: NY!).

Fig. 33 e Fig. 34.

Plantas medianas, 8-13cm compr., verdes a verde-amareladas. **Caulídios** arqueados ou ascendentes, 2-3-pinado, ramificações com 5-9mm compr.; paráfilos abundantes, em menor quantidade ou ausente nas ramificações, 110-220µm compr., 7-18 células, células medianas quadradas, pequenas, ca. de 1-2:1, 5-15µm compr., papilosas, 1-2 papilas por célula, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios adpressos quando secos, ereto-patentes quando úmidos, deltóides ou ovado-deltóides, 0,6-1,1x0,2-0,5mm, acuminados, côncavos; margens crenulada-papilosas, recurvadas; costas sub-percurrentes, ca. de 4/5 do tamanho dos filídios, faces abaxiais proeminentes, levemente rugosas na metade inferior; células medianas ovais ou subquadradas, 1-2:1, ca. de 6-10 µm compr., pluripapilosas, 2-3(-4) papilas localizadas no centro do lúmen celular, ambos os lados, inconspícuas nas faces adaxiais, paredes celulares delgadas; células apicais agudas ou truncadas, às vezes lisas. Filídios das ramificações secundárias eretos quando secos, patentes quando úmidos, ovado-lanceolados, 0,3-0,4x0,15-0,2mm, agudos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costa com ca. de 1/2 a 2/3 do tamanho dos filídios, às vezes bifurcada nos ápices, proeminentes nas faces abaxiais; células medianas ovais ou isodiamétricas, 1:1, ca. de 3-8µm compr., pluripapilosas, 2-3(-4) papilas localizadas no centro do lúmen celular, papilas pequenas, retas, inconspícuas nas faces adaxiais, paredes celulares delgadas; células apicais truncadas com 2-4 papilas. **Periquécios** lanceolados, ca. de

4mm compr., filiformes; margens serruladas acima, lisas abaixo, ciliadas na metade superior, planas; costas sub-percurrentes; células retangulares, lisas. **Setas** ca. de 2-3cm compr., cápsulas horizontais, ca. de 2mm compr., cilíndricas; células dos exotécios sub-quadradas; opérculos rostrados. **Peristômios** vermelho-amarelados, exostômios bordados, estriados abaixo, levemente papilosos acima, trabeculados; endostômios lanceolados, quilhados, estritamente perfurados. **Esporos** 10-14 μ m, levemente papilosos.

Caracteriza-se principalmente por apresentar células pluripapilosas com as papilas localizadas no centro do lúmen celular. De acordo com Buck (1998), *T. tomentosum* talvez seja o único representante do gênero com células pluripapilosas na América tropical. Apresenta ampla distribuição no Brasil, sendo encontrada com facilidade em todas as regiões e nos principais biomas brasileiros.

Sua amplitude latitudinal e altitudinal, aliada a ampla área de ocorrência, muitas destas inseridas dentro de unidades de conservação, faz com que *T. tomentosum* seja considerada Pouco Preocupante (LC) de acordo com os critérios da IUCN (2001).

Crescem sobre rochas, solos e troncos em decomposição, em locais sombreados e úmidos no interior de áreas florestais ou áreas parcialmente expostas ao sol, geralmente próximos ao curso d'água, 200-1.500m alt.

Ocorrem na América do Sul, Central e do Norte.

Distribuição geográfica: AL, AM, AP, BA, ES, GO, MG, MS, MT, PA, PE, PR, RJ, RO, RR, RS, SC e SP.

Domínios Fitogeográficos: Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica.

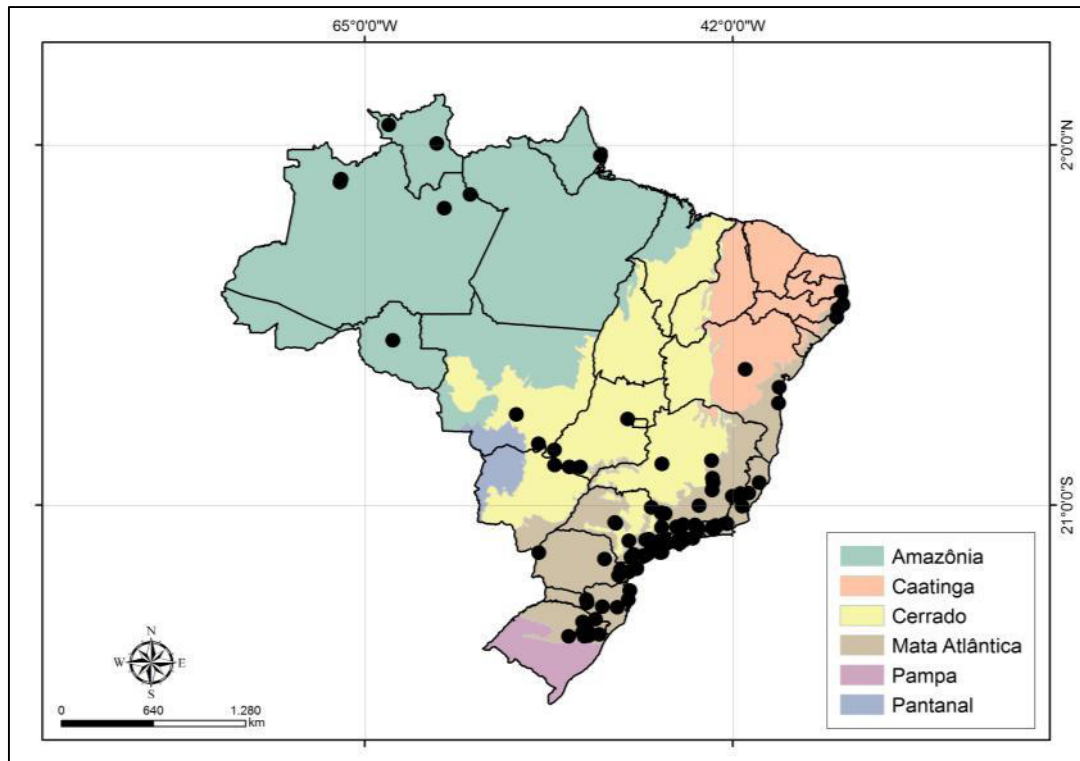


Figura 33: Mapa de distribuição de *Thuidium tomentosum* no Brasil.

Material Analisado: **Alagoas:** Ibateguara, *Pietrobon et al.* 4724 (RB). **Amapá:** Reserva Biológica do Lago Piratuba, *Pietrobon* 6146 (SP). **Amazonas:** Presidente Figueiredo, *Ribeiro* 2780 (SP); São Gabriel, *Buck* 2498 (NY); Serra Curicuriari, *Yano* 1858 (SP). **Bahia:** Igrapiúna, *Bôas-Bastos* 1882 (ALCB); Ilhéus, *Mexia* 5009 (MO, NY); Lençóis, *Stradmann et al.* 34 (ALCB). **Espírito Santo:** Domingos Martins, *Schafer-Verwimp* 10196 (NY); Reserva Florestal Pedra Azul, *Schafer-Verwimp* 10068 (NY); Santa Teresa, *Yano* 3626 (SP). **Goias:** Aporé, *Windisch* 6934 (SP); Pirenópolis, *Yano* 28742 (SP). **Mato Grosso:** Alto Taquari, *Pietrobon* 3014 (SP); Chapada dos Guimarães, *Yano* 12159 (SP); Itiquira, *Windisch* 8028 (SP). **Mato Grosso do Sul:** Costa Rica, *Pietrobon* 2976 (SP); Indaiá do Sul, *Pietrobon* 2938 (SP). **Minas Gerais:** Alto Caparaó, *Visnadi* 2658 (SP); Caldas, *Mosén s.n.* (W); Caparaó, *Vital & Buck* 11669 (NY); Carangola, *Leoni* 1904 (SP); Catas Altas, *Peralta* 6562 (SP); Diamantina, *Pirani et al.* 5860 (SP); Gonçalves, *Peralta* 259 (SP); Itabira, *Câmara* 2544 (UB); Marmelópolis, *Peralta* 3583 (SP); Patos de Minas, *Soares et al.* 1511 (UB); Santa Bárbara, *Hoehne* 160 (JE); Tiradentes, *Alves* 1157 (SP). **Pará:** Oriximiná, *Pietrobon* 7827 (SP). **Paraná:** Campina Grande do Sul, *Cordeiro et al.* 1802 (SP); Castro, *Kuniyoshi s.n.* (SP); Guaira, *Vital* 8763 (SP); Morretes, *Ristow* 2877 (SP); Tijucas do Sul, *Shirata* 3695 (SP). **Pernambuco:** Escada, *Yano* 2653 (SP); Igarapeba, *Sehnem*

9149 (PACA); Timbaúba, *Pietrobon* 4663 (RB); São Vicente Ferrer, *Pietrobon* 4450 (SP). **Rio de Janeiro:** Angra dos Reis, *Vital* 983 (SP); Magé, *Costa* 147 (RB); Nova Friburgo, *Costa et al.* 1158 (RB); Nova Iguaçu, *Costa* 4055 (RB); Paraty, *Costa* 1454 (RB); Parque Nacional do Itatiaia, *Soares et al.* 1811 (NY, UB); Parque Nacional da Tijuca, *Costa* 18 (RB); Petrópolis, *Sucre* 2585 (MO); Resende, *Eiten et al.* 7382 (NY, RB); Serra de Itatiaia, *Schafer-Verwimp* 8359 (NY). **Rio Grande do Sul:** Bom Jesus, *Sehnem* 291 (NY); Caxias do Sul, *Wasum* 4590 (MO); Farroupilha, *Sehnem* 6614 (PACA); Flores da Cunha, *Guerra et al. s.n.* (HUCS 138, NY); Garibaldi, *Wasum et al. s.n.* (MO); Marcorama, *Wasum s.n.* (HUCS 3515, NY); Montenegro, *Sehnem* 378 (PACA); Nova Prata, *Wasum s.n.* (HUCS 2883, NY); Nova Roma do Sul, *Wasum* 4610 (SP); Santa Cruz do Sul, *Sehnem* 2405 (PACA); São Francisco de Paula, *Sehnem* 4593 (PACA); Sapiranga, *Wasum et al. s.n.* (HUCS 5971, NY); Tupandi, *Sehnem* 378 (SP); Vacaria, *Vital* 9344 (SP). **Rondônia:** Boca da Mata, *Buck et al.* 2002 (MO). **Roraima:** Serra da Lua, *Prance* 9351 (NY); Serra Parima, *Griffin III* (SP). **Santa Catarina:** Anita Garibaldi, *Reitz* 15475 (SP); Brusque, *Reitz* 2223 (MO, SP); Campo dos Padres, *Reitz* 2428 (JE); Campos Novos, *Reitz* 15035 (SP); Lages, *Reitz* 15534 (SP); Penha, *Yano* 2418 (SP); Tangará, *Carl* 152 (JE). **São Paulo:** Amparo, *Vital* 491 (SP); Apiaí, *Peralta* 4473 (SP); Atibaia, *Peralta* 5644 (SP); Bananal, *Yano* 1234 (SP); Barueri, *Vital* 6609 (MO, SP); Campos do Jordão, *Vital* 9736 (SP); Cananéia, *Yano* 8931 (SP); Cássia dos Coqueiros, *Martinez s.n.* (SP 418628); Gália, *Yano* 3434 (SP); Garça, *Yano* 370 (SP); Guapiara, *Vital s.n.* (SP); Ilha do Cardoso, *Vital* 9736 (SP); Ilha Bela, *Yano* 858 (SP); Ilha de São Sebastião, *Schafer-Verwimp* 11663 (NY); Iperó, *Yano* 32262 (SP); Itanhaém, *Vital* 1584 (SP); Iporanga, *Vital* 12587 (SP); Itapera, *Hoehne s.n.* (JE); Itú, *Hoehne s.n.* (SP 8911); Juquitiba, *Colletes* 146 (SP); Miracatu, *Yano* 872 (SP); Mogi das Cruzes, *Peralta* 7164 (SP); Mongaguá, *Vitt* 20665 (SP); Morro Grande, *Decker* 830 (JE); Pai Matias, *Baranov s.n.* (SP 136203); Paraibuna, *Vital* 8763 (SP); Parque Estadual da Serra do Mar, *Peralta* 3767 (SP); São José dos Barreiros, *Yano* 1307 (SP); São Luíz do Paraitinga, *Yano* 4291 (SP); São Roque da Fartura, *Pietrobon* 1889 (SP); São Sebastião, *Yano* 7884 (SP); Serra da Mantiqueira, *Silva* 1889 (MO); Sete Barras, *Yano* 786 (SP) e Ubatuba *Visnadi* 4025 (SP).

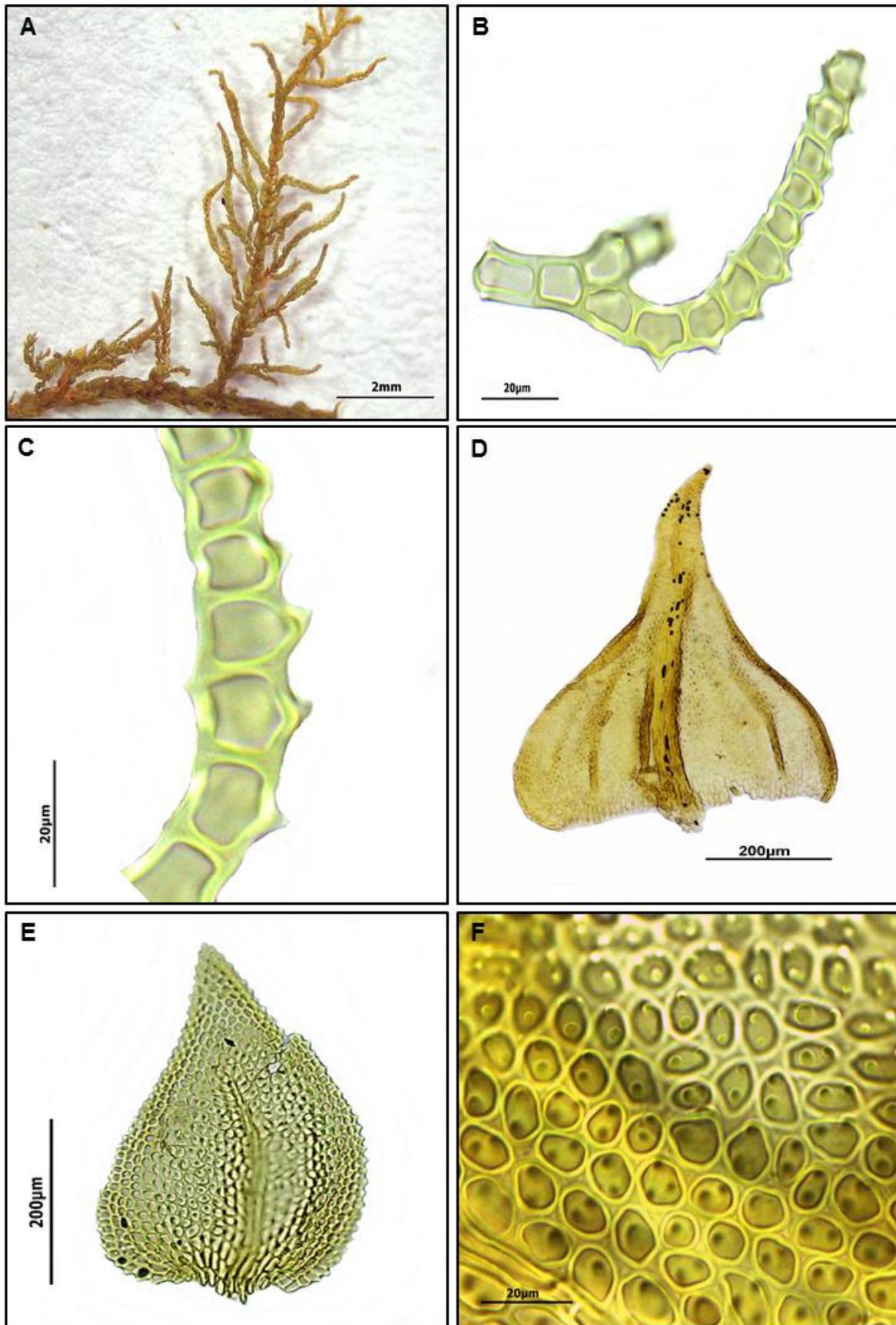


Figura 34: *Thuidium tomentosum*. A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Células pluripapilosas do filídio do ramo.

8. ***Thuidium urceolatum*** Lorentz., Moosstudien 167. 1864. - Tipo: JAMAICA. Nazareth, *Wullschlaegel 1849* (isotype: NY!).

Hypnum pseudorecognitum Hampe., Vidensk. Meddel. Dansk Naturhist. Foren. Kjøbenhavn 1: 157. 1879. *Thuidium pseudorecognitum* (Hampe) Kindb., Enum. Bryin. Exot., suppl. 2, 104. 1891. - Tipo: BRASIL. Rio de Janeiro, *Glaziou 3542* (holotype: BM!).

Thuidium acuminatum Mitt., J. Linn. Soc., Bot.12: 579. 1869. - Tipo: JAMAICA. *sine loco*, *M'Nab 579* (lectotype designated here: NY!, isolectotype: BM!). *March s.n.* (isosyntype: NY!), *Wilson 814* (isosyntype: NY!), *Wilds s.n.* (isosyntype: NY!), *Heward s.n.* (isosyntype: NY!).

Thuidium perrigidum Müll. Hal., Bull. Herb. Boissier 5: 567. 1897. - Tipo: JAMAICA. Morces Pass, *W. Harris, s.n.* (isotypes: BM!, NY!).

Fig. 35 e Fig. 36.

Plantas medianas a robustas, 15-20cm compr., verde-amareladas. **Caulídios** arqueados, 2 a 3-pinado, ramificações com 12-18mm compr.; paráfios abundantes, em menor quantidade ou ausente nas ramificações, 140-225µm compr., 7-22 células, células medianas quadradas a curto-retangulares, ca. de 1-2:1, 6-12µm compr., papilosas, com 1-2 papilas por células, células apicais truncadas. **Filídios** dos caulídios ereto-patentes quando secos, patentes quando úmidos, deltóides, 1,2-1,5x0,6-0,9mm, acuminados ou longo-acuminados, côncavos, plicados; margens crenulada-papilosas, planas, às vezes levemente recurvadas abaixo; costa percurrente, preenchendo os ápices dos filídios, faces abaxiais proeminentes, levemente rugosas na metade inferior; células medianas isodiamétricas ou curto-retangulares, 2-3:1, ca. de 14-20µm compr., unipapilosas, papilas pequenas, paredes celulares delgadas; células apicais truncadas. Filídios das ramificações secundárias e terciárias eretos quando secos, patentes quando úmidos, ovados, 0,2-0,4x0,1-0,3mm, agudos, côncavos; margens crenulada-papilosas, planas; costa ca. de 5/6 do tamanho dos filídios; células medianas ovais ou subquadradas, 1-2:1, ca. de 7-11µm compr., unipapilosas, papilas pequenas, paredes celulares incrassadas; células apicais truncadas, com 2-4 papilas. **Periquécio, Seta, Peristômio e Esporos** não foram observados.

Apresenta distribuição restrita, sendo conhecidos poucos exemplares. Caracteriza-se por apresentar paráfios com células pequenas, quadradas e

principalmente pelos filídios do caulídio que possuem costa percurrente, preenchendo o ápice.

Possui distribuição geográfica restrita, ocorrendo apenas em oito localidades, fazendo com que seu status de conservação, de acordo com os critérios da IUCN (2001), seja classificado como Vulnerável – VU (B1a,b(i, ii)).

Crescem sobre rochas e troncos em decomposição, em ambientes mésicos e úmidos, 300-1400m alt.

Ocorrem na América do Sul e Central.

Distribuição geográfica: AM, MG, RJ, RS e SP.

Domínios Fitogeográficos: Amazônia e Mata Atlântica.

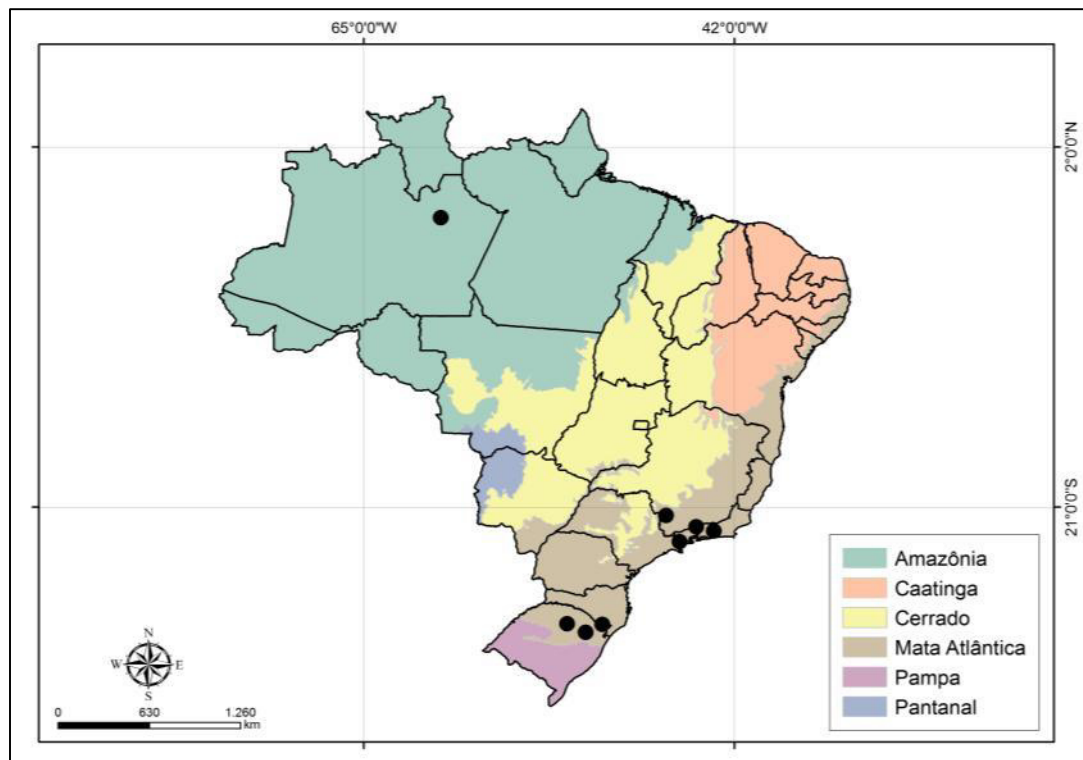


Figura 35: Mapa de distribuição de *Thuidium urceolatum* no Brasil.

Material Analisado: BRASIL: **Amazonas:** Rio Negro, *Prance 16077* (NY). **Minas Gerais:** Caldas, *Regnell s.n.* (NY). **Rio de Janeiro:** Itatiaia, *Vaughan s.n.* (RB166916); Rio de Janeiro, *Glaziou 9215* (NY). **Rio Grande do Sul:** Jaquirana, *Wasum et al. 753* (NY); Nova Prata, *Wasum et al. s.n.* (HUCS 5332, NY); Nova Roma do Sul, *Peralta 10473* (SP). **São Paulo:** Paraibuna, *Vital 8763* (NY).

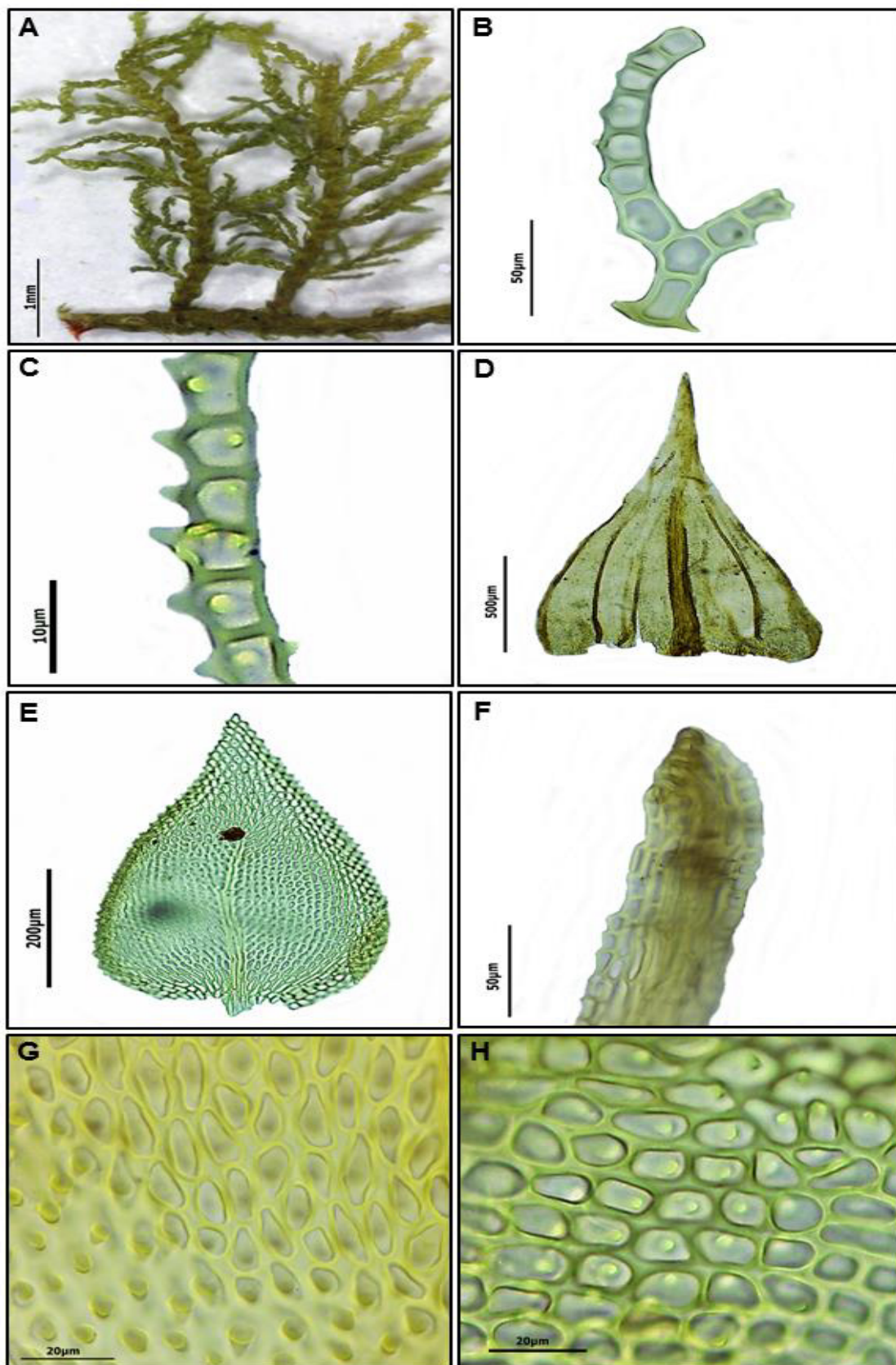


Figura 36: *Thuidium urceolatum*. A: Gametófito. B e C: Paráfilo. D: Filídio do caulídio. E: Filídio da ramificação. F: Ápice do filídio do caulídio preenchendo o ápice. G: Células unipapilosas do filídio do ramo. H: Células unipapilosas do filídio do caulídio.

Tipos não localizados e excluídos do estudo

Thuidium granulatum (Hampe) A. Jaeger, Ber. Thätigk. St. Gallischen Naturwiss. Ges., 1877–78: 511 (Gen. Sp. Musc. 2: 775). 1880. *Hypnum granulatum* Hampe, Vidensk. Meddel. Dansk Naturhist. Foren. Kjøbenhavn ser. 3, 10: 273. 1878. – Tipo: BRAZIL. São Paulo, Rio Preto, *Glaziou 9078* (PC?, BM?, LE?).

Conhecida somente pela espécie-tipo coletada por Glaziou em Rio Preto. O tipo foi localizado nos herbários BM, PC e LE, porém todas as exsicatas coletadas por *Glaziou* como o número 9078 tratavam-se de *Dicranum subarctocarpum* Hampe. Todavia, Hampe comenta na obra *princeps* que descreve *Hypnum granulatum*, que a mesma foi coletada juntamente com *Dicranum*. A espécie deve ter sido coletada em pequenas quantidades devido ao pouco material disponível em campo, o que fez com que a mesma se perde-se com o passar do anos e o excesso de uso da exsicata.

Thuidium serricola (Müll.Hal.) Paris, Index Bryol. Suppl. 321. 1900. *Haplocladium serricola* Müll. Hal., Bull. Herb. Boissier 6: 125. 1898. – Tipo: BRASIL. Santa Catarina, *E. Ule 488*. (B?, BM?, G?, H?, HBG?, NY?, PC?).

Conhecida somente pela espécie-tipo coletada por Ule em Santa Catarina. O tipo não foi localizado nos herbários visitados/estudados e não foram localizadas amostras nos herbários e nas coletas de campo realizadas. De acordo com a descrição original do tipo, a espécie aparentemente trata-se de um indivíduo de *Haplocladium* pertencente a família Leskeaceae, desta forma optou-se pela exclusão da mesma.

Thuidium subtamariscinum (Hampe) Broth., Acta Soc. Sci. Fenn. 19(5): 27. 1891. *Hypnum subtamariscinum* Hampe, Vidensk. Meddel. Dansk Naturhist. Foren. Kjøbenhavn ser. 4, 1: 157. 1879. – Tipo: BRASIL. *sine loco*, *Reinhardt s.n.*(BM?, NY?).

Conhecida somente pelo material tipo coletado no Brasil, sem localidade específica. Brotherus (1925) comentou que possivelmente *T. subtamariscinum* tratava-se de um sinônimo de *Thuidium brasiliense* Mitt., toda via, ele acreditava que não era capaz de resolver a questão naquele momento.

Thuidium costaricense Broth. & Thér., Recueil Publ. Soc. Havraise Études Diverses 88: 314. 8. 1921. - Tipo: COSTA RICA, La Palma, *C. Werkle s.n.* (holotype: H?).

Não foi localizada nos herbários visitados e também nos herbários onde foram solicitados os empréstimos.

Cyrto-hypnum montei Hedenäs, Bryophyt. Biblioth. 44: 71. f. 19. 1992. - Tipo: ILHA DA MADEIRA. *Barreto s.n.* (syntype: MADS?).

Não foi localizada nos herbários visitados e também nos herbários onde foram solicitados os empréstimos.

Referências Bibliográficas

- Anderson, L.E. Hoyer's Solution as a rapid mounting medium for bryophytes. *The Bryologist* 57: 242-244.
- Bartram, E. B. 1939. Mosses of the Philippines. *Philippine Journal of Science* 68: 1-437.
- Bartram, E. B. 1949. Mosses of Guatemala. *Fieldiana, Botany* 25: 1-442.
- Breen, R. S. 1963. Mosses Florida. University Presses of Florida, Gainesville.
- Brotherus, V. F. 1891. Contribution à la Flore bryologique du Brasil. *Acta Societatis Scientiarum Fennicae* 19(5): 27.
- Brotherus, V. F. 1908. Bryales. 977-1019. In: A. Engler & K. Prantl (eds.). *Die natürlichen Pflanzenfamilien Part I(3)*, Engelmann, Leipzig.
- Brotherus, V. F. 1925. Musci (Laubmoose). 2. Hälfte. 1-542. In A. Engler (ed.), *Die natürlichen Pflanzenfamilien, Zweite Auflage*. 11. Duncker & Humblot, Berlin.
- Buck, W. R. 1998. Pleurocarpous mosses of the West Indies. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 82: 1-400.
- Buck, W. R. & H. Crum. 1990. An evaluation of familial limits among the genera traditionally aligned with the Thuidiaceae and Leskeaceae. *Contributions of the University of Michigan Herbarium* 17: 55-69.
- Buck, W. R. & D. H. Vitt. 1986. Suggestions for a new familial classification of pleurocarpous mosses. *Taxon* 35: 21.
- Costa, D. P. 2009. Briófitas. p. 13-17. In: J. R. Stehmann, R. C. Forzza, A. Salino, M. Cabral, D.P. Costa & L. H. Y. Kamino (eds.). *Plantas da Floresta Atlântica*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Costa, D.P. & A. E. R. Soares. 2015. Thuidiaceae. In *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil>>. Acesso: 10/1/2015.
- Churchill, S. P. & E. L. Linares. 1995. *Prodromus bryologiae Novo-Granatensis: introducción a la flora de musgos de Colombia*. Parte 2: Grimmiaceae a Trachypodaceae. *Biblioteca José Jerónimo Triana* 12(2): 831-843.

- Crum, H. 1973. Mosses of the Great Lakes forest. *Contr. Univ. Michigan Herb.*10: 1-404.
- Crum, H. A. & L. E. Anderson. 1981. Mosses of Eastern North America. 1. Columbia University Press, New York.
- Crum, H. & W. C. Steere. 1957. The mosses of Porto Rico and the Virgin Islands. *Sci. Surv. Porto Rico & Virgin Islands* 7(4a): 396–599.
- Fleischer, M. 1922. Thuidiaceae. *Die Musci der Flora von Buitenzorg* 4: 1494–1533.
- Gier, L. J. 1980. A preliminary study of the Thuidiaceae (Musci) of Latin America. *Journal of Bryology* 11: 253-309.
- Gradstein, S. R., S. P. Churchill, N. Salazar-Allen. 2001. Guide to the Bryophytes of Tropical America. *Memoirs of The New York Botanical Garden* 86: 1-577.
- Grout, A. J. 1932. Leskea and Pseudoleskea. pp. 185-196. In: Grout, A. J. (ed.), *Moss Flora of North America v. 3*. Newfane, Vermon.
- Hedenäs, L. 1997. An Evaluation of Phylogenetic Relationships among the Thuidiaceae, the Amblystegiaceae, and the Temperate Members of the Hypnaceae. *Lindbergia* 22(3): 101-133.
- IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Kindberg, N. C. 1897. Laubmoose aus dem Umanakdistrict. *Bibliotheca Botanica* 87(A): 64–68.
- Luizi-Ponzo, A. P., C. J. P. Bastos, D. P. Costa, K. C. Pôrto, P. E. A. S. Câmara, R. C. L. Lisboa, S. V. Bôas-Bastos. 2006. Glossarium Polyglottum Bryologiae: Versão Brasileira do Glossário Briológico. UFJF, Juiz de Fora.
- Mitten, W. 1869. Musci austro-americanana. *Journal of the Linnean Society, Botany*.12: 1-659.
- Schimper, W. P. 1852. *Thedenia, Anisodon, Pseudoleskea, Heterocladium, Thuidium, Hylocomium, Thamnium, Rhynchostegium*. *Bryologia Europaea* 49-51.
- Schimper, W. P. 1860. *Synopsis muscorum europaeorum*. E. Schweizerbart, Stuttgart.
- Schimper, W. P. 1876. *Synopsis muscorum europaeorum praemissa introductione de elementis bryologicis tractante*. Ed. 2. E. Schweizerbart, Stuttgart.
- Spruce, R. 1867. *Catalogus muscorum fere omnium quos in terris Amazonicis et Andinis legit Ricardius Sprucus per annos 1849-1860*. London.

- Stehmann, J. R.; R. C. Forzza, A. Salino, M. Sobral, D. P. Costa, D.P. & L. H. Y. Kamino. Diversidade Taxonômica na Floresta Atlântica. In: Stehmann J. R., R. C. Forzza, A. Salino, M. Cabral, D. P. Costa & L. H. Y. Kamino (eds.). Plantas da Floresta Atlântica. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Touw, A. 2001a. A review of Thuidiaceae (Musci) and a realignment of taxa traditionally accommodated in *Thuidium* sensu amplo (*Thuidium* Schimp., *Thuidiopsis* (Broth.) M. Fleisch, and *Pelekium* Mitt.) including *Aequatoriella* gen. nov. and *Indothuidium* gen. nov. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 90: 167-209.
- Touw, A. 2001b. A Taxonomic Revision of the Thuidiaceae (Musci) of Tropical Asia, the Western Pacific, and Hawaii. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 91: 1-136.
- Warnstorf, C. 1904-1906. *Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, Laubmoose* 5. Gebrüder Borntraeger, Leipzig.
- Watanabe, R. 1972. A revision of the family Thuidiaceae in Japan and adjacent areas. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 36: 171-320.
- Yano, O. 2011. *Catálogo de musgos brasileiros: literatura original, basônimo, localidade-tipo e distribuição geográfica*. Instituto de Botânica: São Paulo.