

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLOS AUGUSTO VIDIGAL FRAGA JUNIOR

**O GÊNERO *CLADONIA* P. BROWNE (ASCOMYCOTA LIQUENIZADOS) EM
AMBIENTES DE RESTINGA NO LITORAL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

CURITIBA

2016

CARLOS AUGUSTO VIDIGAL FRAGA JUNIOR

**O GÊNERO *CLADONIA* P. BROWNE (ASCOMYCOTA LIQUENIZADOS) EM
AMBIENTES DE RESTINGA NO LITORAL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção de grau de Mestre em Botânica, no Programa de Pós-Graduação em Botânica, área de concentração em Taxonomia, Biologia e Diversidade de Algas e Líquens, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Sionara Eliasaro
Coorientador: Dr. Emerson Luis Gumboski

CURITIBA

2016

Universidade Federal do Paraná
Sistema de Bibliotecas

Fraga Junior, Carlos Augusto Vidigal

O gênero *Cladonia* P. Browne (ascomycota liquenizados) em ambientes de restinga no litoral do estado do Espírito Santo. / Carlos Augusto Vidigal Fraga Junior. – Curitiba, 2016.

104 f.: il. ; 30cm.

Orientador: Sionara Eliasaro

Coorientador: Emerson Luis Gumboski

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Botânica.

1. Ascomicetos 2. Cladoniacea 3. Fungos I. Título II. Eliasaro, Sionara III. Gumboski, Emerson Luis IV. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Botânica.

CDD (20. ed.) 589.23



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Botânica



“O GÊNERO CLADONIA (ASCOMYCOTA LIQUENIZADOS) EM AMBIENTES DE RESTINGA NO LITORAL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO”.

por

Carlos Augusto Vidigal Fraga Júnior

**Dissertação aprovada como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre no Programa
de Pós-Graduação em Botânica, pela Comissão
formada pelos doutores**

Dr. Emerson Luiz Gumboski – (Presidente/Co-orientador)

Dr.ª Luciana da Silva Canêz

Dr. Vagner Gularte Cortez

Curitiba, 18 de novembro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Meio que parodiando Chico Buarque: “Gostaria de ser aquele tipo de escritor, capaz de escrever um agradecimento barato”. Mas infelizmente não o sou. As palavras que serão escritas aqui não traduzem, nem de perto, infelizmente, a minha gratidão, felicidade e satisfação de ter tido a oportunidade de crescer, conhecer, aprender que seja só um pouquinho com a participação de vocês.

Agradeço primeiramente a minha família como um todo, mas principalmente aos meus pais, que através de suor e sacrifícios puderam me proporcionar alcançar um degrau mais alto, um passo adiante e por que não um sonho? Agradeço à Marina e Stella, dois seres humaninhos dotados de luz e coração os quais invejo pois nunca terei algo parecido. Agradeço a todos pela paciência, apoio, risadas, conselhos e principalmente amizade.

À Prof. Dra. Sionara Eliasaro por toda sua paciência, conhecimento transmitido, histórias e causos, boas risadas e claro, principalmente por ter aceitado este *gauche* como seu pupilo. Se eu sair com 1% da sua sagacidade liquenológica e profissional me darei mais do que satisfeito. Obrigado por ser uma grande fonte de inspiração.

Ao Prof. Dr. Emerson L. Gumboski também pela grande amizade construída desde a graduação, pela confiança, pelo conhecimento transmitido, por me ajudar a evoluir um pouquinho que seja, pelas idéias informais trocadas, pelo humano que és, tchê.

Ao geólogo e grande amigo Daniel T. Goetze. Sem sua ajuda de tão bom grado este trabalho não teria sido realizado de uma forma tão divertida. Obrigado primo!

Ao eng. de alimentos e também grande amigo Thairo Bicalho. Um grande e inestimável parceiro na jornada quase solitária nas terras geladas de Curitiba. Obrigado primo!

Ao Rafael Almeida e Guilherme ‘Barteano’. Duas peças ímpares que tive prazer de conhecer em Curitiba. Agradeço muito a humildade de amizade.

Aos amigos e amigas de turma, aos amigos e amigas da turma anterior, aos amigos e amigas da turma posterior, e ainda da turma que veio depois desta última de mestrado. Cultivar e cativar amizades e sorrisos é o que faz a vida mais bela. Obrigado pelo sorriso de cada um, por suas peculiaridades, pela ‘parceiragem’ e por aquecer o coração nessas terras frias. Foi um imenso prazer! Foi precioso para mim o pouco de nosso convívio tão ocupado e troca de experiência. Desejo a todos muito empenho e sucesso nessa árdua vida acadêmica. Nos vemos pelo mundo!

À todos os professores e professoras do Programa de Pós graduação em Botânica da UFPR. Aos que tive oportunidade de cursar uma disciplina, agradeço pelo conhecimento, pela oportunidade de aprender e crescer um pouco. Aos que não tive tal oportunidade, obrigado pela cordialidade, amizade e colaboração. Espero um dia ter mais tempo e poder aprender com vocês também.

Aos funcionários e técnicos do Departamento de Botânica. Sim, sem vocês, o esqueleto deste departamento, nada seria tão agradável e eficiente.

Aos grandes liquenólogos e aspirantes a liquenólogos que tive a oportunidade de conhecer na 8º REBEL. É um enorme prazer saber que esse pequeno mundo liquenológico está repleto de pessoas tão agradáveis e sábias. Foi fascinante aprender tanta coisa em tão pouco tempo.

À você, sim você! Você que pegou este livreto com nome tão bizarro como título, escrito por um *gauche* mais estranho ainda para ler. Obrigado pelo seu tempo e curiosidade.

Algo muito frustrante é saber que de todas estas pessoas não conseguirei retribuir à altura, de ser tão importante para vocês o quanto foram para mim. Se eu puder retribuir com algo a mais que apenas esse breve agradecimento fajuto me digam, ficarei muito feliz em fazê-lo.

Obrigado...

*“Há um único recanto no universo que podemos ter certeza de
melhorar: o nosso próprio eu.”*

- Aldous Huxley

RESUMO

As restingas brasileiras abrigam uma grande diversidade de espécies de fungos liquenizados, no entanto, no estado do Espírito Santo, os registros são escassos e pouco explorados. O gênero *Cladonia* é o mais expressivo dentro da família Cladoniaceae, contando com aproximadamente 500 espécies. É caracterizado pelo talo dimórfico ou também denominado cladoniforme, geralmente apresentando uma estrutura horizontal, crustosa ou esquamulosa, denominado talo primário, e uma estrutura normalmente ereta, denominada talo secundário ou podécio. Este trabalho teve por objetivo ser o primeiro a investigar extensivamente o gênero *Cladonia* nas restingas capixabas, caracterizando sua morfologia, produção de metabólitos secundários e tendências ecológicas, assim como proporcionar meios para identificação como chaves e ilustrações, contribuindo para o conhecimento da liquenobiota capixaba. Foram realizadas 12 excursões de coleta nos meses de Janeiro, Fevereiro e Julho de 2015. Os exemplares coletados foram depositados nos herbários da Universidade Federal do Paraná (UPCB) e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ICN). As análises morfológicas e anatômicas de importância taxonômica foram realizadas sob microscópio estereoscópico e óptico. Para as análises químicas, foram realizados testes de coloração do talo, observação sob luz UV e cromatografia em camada delgada. Para as ilustrações foi utilizada câmera fotográfica. Dos 554 exemplares coletados foram identificadas 27 espécies de *Cladonia* das quais, *C. tuberosa* Fraga-Junior, Gumboski & Eliasaro e *C. capixaba* Fraga-Junior, Gumboski & Eliasaro são descritas como novas para a ciência, e nove são novos registros para o estado: *C. consimilis* Vain., *C. corallifera* (Kunze) Nyl., *C. crustacea* Ahti, *C. dendroides* (Abayes) Ahti, *C. pityrophylla* Nyl., *C. polyscypha* Ahti & L. Xavier, *C. salzmännii* Nyl., *C. sphacelata* Vain., *C. subminiata* S. Stenroos. Confirmamos a ocorrência de *C. sprucei* Ahti e *C. rangiferina* subsp. *abayesii* (Ahti) Ahti & DePriest. Não confirmamos a ocorrência das seguintes espécies previamente citadas: *C. bahiana* Ahti, *C. coccifera* (L.) Willd., *C. kalbii* (Ahti) Ahti & DePriest e *C. rugicaulis* Ahti.

Palavras-chave: Cladoniaceae, fungos liquenizados, sudeste brasileiro, taxonomia

ABSTRACT

The Brazilian restinga shelters a great diversity of species of lichenized fungi, however, in the state of the Espírito Santo, the records are scarce and little explored. The genus *Cladonia* is the most expressive in the Cladoniaceae, with approximately 500 species. It is characterized by dimorphic thallus or also called cladoniiform, usually exhibiting a horizontal thallus, crustose or squamulose called primary thallus, with an usually erect structure, called secondary thallus or podetia. This study aimed to be the first to extensively investigate the genus *Cladonia* in the restinga vegetation of Espírito Santo, characterizing their morphology, production of secondary metabolites and environmental trends, and provide ways for identification such as identification keys and illustrations, contributing to the knowledge of Espírito Santo state lichenobiota. 12 collection expeditions were held between January, February and July of 2015. The collected specimens were deposited in the herbarium of the Federal University of Paraná (UPCB) and Federal University of Rio Grande do Sul (ICN). The morphological and anatomical analyses were performed under stereoscopic and optic microscope. For chemical analysis, coloring tests, observation under UV light and thin layer chromatography were done. For the illustrations, a digital camera was used. From the 554 collected specimens, we identified 27 species of *Cladonia* of which, *C. tuberosa* Fraga-Junior, Gumboski & Eliasaro and *C. capixaba* Fraga-Junior, Gumboski & Eliasaro are described as new to science, and nine are new records for the state: *C. consimilis* Vain, *C. corallifera* (Kunze) Nyl., *C. crustacea* Ahti, *C. dendroides* (Abayes) Ahti, *C. pityrophylla* Nyl., *C. polyscypha* Ahti & L. xavier, *C. salzmannii* Nyl., *C. sphacelata* Vain., *C. subminiata* S. Stenroos. We confirmed the occurrence of *C. sprucei* Ahti and *C. rangiferina* subsp. *abayesii* (Ahti) Ahti & DePriest. We could not confirm the occurrence of previously mentioned species: *C. bahiana* Ahti, *C. coccifera* (L.) Willd., *C. kalbii* (Ahti) Ahti & DePriest and *C. rugicaulis* Ahti.

Keywords: Cladoniaceae, lichenized fungi, southeastern Brazil, taxonomy

LISTA DE FIGURAS

<p>FIGURA 1 – Ilustração geral de algumas formas de podécios em <i>Cladonia</i>. A = Podécio subulado de <i>C. subradiata</i> (Fraga-Junior, 612); B= Podécio cifoso de <i>C. subsquamosa</i> (Fraga-Junior, 505); C= Podécio capitado de <i>C. polyscypha</i> (Fraga-Junior, 263). Escalas = 0,5 cm. Ilustração: C. A. V. Fraga-Junior (2015).....</p> <p>FIGURA 2 – A= Cifas verticiladas de <i>Cladonia clathrata</i> (Fraga-Junior, 594); B= Funil e axila aberta de <i>C. turgidior</i> (Fraga-Junior, 334). Escalas = 0,5 cm. Ilustração C. A. V. Fraga-Junior (2015).....</p> <p>FIGURA 3 – Mapa do Espírito Santo com as localidades onde estão sendo feitas as coletas. 1) Parque Estadual de Itaúnas (PEI); 2) Quadrado (APACB); 3) Praia de Regência; 4) Parque Natural Municipal Jacarenema (PNMJ); 5) Parque Estadual Paulo Cesar Vinha (PEPCV); 6) APA de Setiba (APAS); 7) Praia de Itaóca; 8) Praia das Neves. FONTE: O autor (2015).....</p> <p>FIGURA 4 - Aspecto geral da formação arbustiva aberta do Parque Estadual de Itaúnas (PEI), região da trilha da borboleta. Foto: C. A. V Fraga-Junior (2015)</p> <p>FIGURA 5 – Aspecto geral da vegetação da restinga de Regência. Foto: C. A. V Fraga-Junior (2015).....</p> <p>FIGURA 6 - Aspecto geral da formação aberta de <i>Ericaceae</i>, do Parque Estadual Paulo Cesar Vinha. Foto: C. A. V Fraga-Junior (2015).....</p> <p>FIGURA 7 - Aspecto geral da formação arbustiva aberta de Itaoca, região do areial do Rui Barbosa. Foto: C. A. V Fraga-Junior (2015)</p>	<p>16</p> <p>17</p> <p>25</p> <p>27</p> <p>27</p> <p>28</p> <p>28</p>
---	---

Capítulo 1

<p>Figure 1 - Espírito Santo state map with the collection sites highlighted. 1. PEI; 2. APACB; 3. Regência beach; 4. PNMJ; 5. PEPCV; 6. APAS; 7. Itaóca ; 8. Praia das Neves.</p> <p>Figure -2 - A. <i>Cladonia tuberosa</i> general aspect, C. A. V. Fraga Jr 576, scale bar = 1 cm; B. Arrow = detail of tuberculate soresdial protuberance 40×, scale bar = 0.5 cm; C. magnified general aspect 10×, arrow = detail of tuberculate soresdial protuberance, scale: 0.5 cm.</p> <p>Figure -3 - A. <i>Cladonia cartilaginea</i>, C. A. V. Fraga Jr 412 ;B. <i>C. clathrata</i>, C. A. V. Fraga Jr 594;C. <i>C. corallifera</i>, C. A. V. Fraga Jr 597; D. <i>C. crustacea</i>, C. A. V. Fraga Jr 451; E. <i>C. didyma</i>, C. A. V. Fraga Jr 698b; F. <i>C. furfuracea</i>, C. A. V. Fraga Jr 316; G. <i>C. macilenta</i>, C. A. V. Fraga Jr 704b; H. <i>C. pityrophylla</i>, C. A. V. Fraga Jr 335b; I. <i>C. polyscypha</i>, C. A. V. Fraga Jr 500; J. <i>C. secundana</i>, C. A. V. Fraga Jr 549; K. <i>C. subminiata</i>, C. A. V. Fraga Jr 891; L. <i>C. subradiata</i>, C. A. V. Fraga Jr 253a. Scale bars = 1 cm.</p> <p>Figure -4 - A. <i>Cladonia subsquamosa</i>, C. A. V. Fraga Jr 483; B. <i>C. verticillaris</i>, C. A. V. Fraga Jr 428. Scale bars = 1 cm.</p>	<p>69</p> <p>70</p> <p>71</p> <p>72</p>
---	---

Capítulo 2

<p>Figure 1 - A. <i>Cladonia capixaba</i>, general aspect; B. arrow = detail of marginal growing podetia; C. arrow = detail of open axil. Scale bars= 1 cm.....</p> <p>Figure 2 - A. <i>Cladonia confusa</i>, C. A. V. Fraga Jr 438; B. <i>C. consimilis</i>, C. A. V. Fraga Jr 474; C. <i>C. crispatula</i>, C. A. V. Fraga Jr 438; D. <i>C. dendroides</i>, C. A. V. Fraga Jr 624; E. <i>C. polystomata</i>, C. A. V. Fraga Jr 634; F. <i>C. rangiferina</i>, C. A. V. Fraga Jr 666; G. <i>C. salzmännii</i>, C. A. V. Fraga Jr 422; H. <i>C. sphacelata</i>, C. A. V. Fraga Jr 717. Scale bars = 1cm.</p> <p>Figure 3 - A. <i>Cladonia sprucei</i>, C. A. V. Fraga Jr 678; B. <i>C. substellata</i>, C. A. V. Fraga Jr 716. C. <i>C. turgidior</i>, C. A. V. Fraga Jr 561. Scale bars = 1 cm.</p>	<p>96</p> <p>97</p> <p>98</p>
--	-------------------------------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação e distribuição das espécies de *Cladonia* analisadas. PEI = Parque Estadual de Itaúnas; APACB = Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra; REG = Regência; PNMJ = Parque Natural Municipal de Jacarenema; PEPCV = Parque Estadual Paulo Cesar Vinha; APAS = Área de Proteção Ambiental de Setiba; ITA = Itaóca; P.K = Presidente Kennedy. (*) Novas citações para o estado. (**) Espécie nova para a ciência.32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Breve histórico do gênero <i>Cladonia</i> P. Browne.	10
1.2 Morfologia, anatomia e química de <i>Cladonia</i>	14
1.3 Estudos da micota liquenizada no estado do Espírito Santo	20
1.4 Justificativa e objetivos	22
2. MATERIAL E MÉTODOS	23
2.1 Área de coleta.....	23
2.2 Coletas e herborização	29
2.3 Análises de espécimes e empréstimo de herbário	29
2.4 Análises morfológicas e anatômicas	29
2.5 Análises químicas	30
2.6 Identificação dos espécimes e distribuição geográfica	31
2.7 Descrições e ilustrações	31
3. RESULTADOS E APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	32
REFERÊNCIAS	34
CAPÍTULO 1	42
<i>Cladonia</i> P. Browne (Lichenized Ascomycota) from the restinga vegetation of Espírito Santo, Brazil: Supergroups <i>Cladonia</i> and <i>Cocciferae</i>	42
Abstract	43
Introduction.....	44
Material and methods.....	44
Results and discussion	45
References.....	64
CAPÍTULO 2	73
<i>Cladonia</i> P. Browne (Lichenized Ascomycota) from the restinga vegetation of Espírito Santo, Brazil: Supergroups <i>Crustaceae</i> and <i>Perviae</i>	73
Abstract	74
Introduction.....	75
Material and methods.....	75
Results and discussion	76
References.....	93
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
5. ANEXO.....	101
Normas para publicação: Brazilian Journal of Botany	101

1. INTRODUÇÃO

1.1 Breve histórico do gênero *Cladonia* P. Browne.

Cladoniaceae Zenker é uma das maiores e mais diversas famílias de fungos liquenizados (Ascomycota) dentro da Ordem Lecanorales (STENROOS *et al.*, 2002a). Esta família possui de 14 (STENROOS *et al.*, 2002a) a 17 gêneros (LUMBSCH; HUHNDORF, 2007; KIRK *et al.*, 2008; PARNMEN; LUMBSCH, 2012), contando com cerca de 500 espécies de ampla distribuição geográfica, ocorrendo nos mais variados ambientes (STENROOS *et al.*, 2002a). O gênero *Cladonia* é o mais rico, com aproximadamente 450 espécies (STENROOS *et al.*, 2002a; AHTI; SIPMAN, 2013), seguido por *Pilophorus* Th. Fr. e *Cladia* Nyl., com 23 e 17 espécies respectivamente (MYCOBANK, 2015). Outros gêneros em *Cladoniaceae* são menores, sendo *Sphaerophoropsis* Vain., *Calathaspis* I.M. Lamb & W.A. Weber, *Squamella* S. Hammer, *Carassea* S. Stenroos e *Notocladonia* S. Hammer monoespecíficos e os demais: *Cladia* Nyl., *Gymnoderma* Humb., *Heteromyces* L. S. Olive, *Metus* D. J. Galloway & P. James, *Myelorrhiza* Verdon & Elix, *Pilophorus* Th. Fr., *Pycnothelia* (Ach.) Dufour, *Ramalea* Nyl., e *Thysanothecium* Mont. & Berk, possuindo entre duas a 11 espécies (MYCOBANK, 2015). Charnei (2013) fornece um histórico da família e uma síntese, com o status atual de todos os gêneros propostos em *Cladoniaceae*.

Devido à ampla distribuição geográfica e o desenvolvimento de talos conspícuos, os representantes de *Cladonia* estão entre os primeiros grupos de líquens observados e coletados por naturalistas antigos. Krempelhuber (1867,1869) registra descrições de líquens que se acredita pertencerem a *Cladonia* feitas por Lobelius, em 1576 para Bélgica (*Muscus terrestris pyxidatus alabastricus imitatus*), para a Alemanha, feitas por Thal em 1588 (*Musci candida inuliginibus* e *Muscus corniculatus*) e também de Tabernaemontanus em 1590 (*Muscus corallinus*). Gerard (1597), recomenda em sua obra "The Herball or Generall Historie of Plantes", a utilização medicinal de *Corallina montana* (= *Cladonia rangiferina* (L.) Nyl.) e *Muscus pixoides* (*Cladonia* sp.). Parkinson (1629), também em sua obra "Paradisi in Sole" recomenda musgos-taça ou musgos-cálice (= *Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm.).

Galloway (2008) menciona que Handsyd, em 1690, reporta espécimes referentes à *Cladonia pycnoclada* (Pers.) Nyl. e *C. rangiferina* (L.) Willd. provenientes de excursões ao estreito de Magalhães.

Tournefort, em 1694, foi o primeiro naturalista a considerar os líquens como uma classe distinta de plantas (LINDSAY, 1856) e o primeiro a organizá-los em grupos por ele designados como gêneros, embora tenha incluído também outros organismos entre estes. O que atualmente se reconhece como um líquen foi incluído por ele no gênero *Coralloides* Tourn. ex Battarra e, entre estes, algumas espécies de *Cladonia* (SMITH, 1921).

Dillenius (1742), agrupou os líquens em três gêneros: *Usnea* Dill. ex Adans, *Coralloides* e *Lichenoides* P. Micheli (SMITH, 1921), e de acordo com Ahti (2000) foi quem provavelmente registrou pela primeira vez espécies neotropicais de *Cladoniaceae*: *Coralloides pulchrum* (= *Cladonia dilleniana* Flörke) e *Coralloides imperforatum corniculis brevissimis crispis* (= *Cladia aggregata* (Sw.) Nyl.).

Em 1751, John Hill publicou "History of Plants", no qual descreveu 19 espécies de líquens em detalhes e listou outras 60, todas foram incluídas em cinco gêneros: *Usnea*, *Platysma* Hill, *Cladonia* ("musgos coralíneos"), *Pyxidium* (Bull.) Gray ("musgos-taça") e *Placodium* Weber ex F.H. Wigg. (LAUNDON, 1984; SMITH, 1921). Ao propor *Cladonia*, Hill (1751) notificou que Dillenius denominava estas plantas pelo nome genérico *Coralloides*, um termo que Tournefort e outros utilizavam para denominar um gênero de fungos ramificados. No entanto, na obra "Flora Britannica", elaborada em 1764, Hill não utilizou mais seus próprios gêneros e seguiu Linnaeus, que em "*Species Plantarum*", classificou todos os líquens em um único gênero: *Lichen* L. (SMITH, 1921).

A grande autoridade de Linnaeus dominava tão fortemente a botânica que durante muito tempo nenhuma mudança foi bem acolhida ou mesmo tolerada (SMITH, 1921). No entanto, Browne (1756) na parte botânica de "Natural History of Jamaica", embora seguisse Linnaeus na maior parte da obra, informou que por diferir deste em relação às "plantas imperfeitas" opta por utilizar outros autores, entre estes Hill, e valida o gênero *Cladonia*.

Nylander, em 1866, propôs a divisão do gênero *Cladonia*, onde as espécies que, entre outros caracteres, possuíam o talo primário não esquamuloso, e o podécio sem cifas, sem esquâmulas, ramificado e com ramos apicalmente agudos foram incluídas por ele, em seu novo gênero *Cladina* Nyl. (LEIGHTON, 1866).

Leighton (1879), no entanto, considerou *Cladina* como um subgênero de *Cladonia*. Segundo Santesson (1942), Vainio também percebeu a impossibilidade de delimitação deste gênero e em 1887 considerou *Cladina* como um subgênero de *Cladonia*.

Tal posição foi mantida em praticamente todos os trabalhos liquenológicos até 1938, quando Mattick colocou *Cladina* como uma subseção da seção *Perviae* do subgênero *Eucladonia* (SANTESSON, 1942). A maioria dos autores desde então trataram *Cladina* no nível infra genérico (e.g. DES ABBAYES, 1939; SANTESSON, 1942; AHTI, 1961). Apesar disso, Hale e Culberson (1970) trataram *Cladina* como um gênero distinto e propuseram novas combinações, como por exemplo, *Cladina leucophaea* (Abbayes) Hale & W.L. Culb. e *Cladina tenuis* (Flörke) Hale & W.L. Culb. Ahti (RUOSS; AHTI, 1989), ao analisar os caracteres de *Cladina*, como o talo primário crustoso, podécio ecorticado e ascifoso, ramificação relativamente regular e a ocorrência frequente de ácidos úsnico e perlatólico, os considerou como distintivos, e aceita *Cladina* em nível genérico.

Stenroos, Ahti e Hyvönen (1997) chamaram a atenção para o fato de que nas Américas, Ásia e Austrália, *Cladina* era geralmente considerado como um gênero, enquanto que na Europa a maioria dos autores o tratavam como um subgênero. Neste mesmo trabalho, estes autores realizaram uma análise cladística baseada em caracteres morfológicos e químicos de 44 espécies de *Cladonia* e *Cladina*, e seus resultados não suportaram *Cladina* em nível de gênero, embora seja um grupo monofilético dentro de *Cladonia*. Ahti (2000) tratou *Cladonia* e *Cladina* como gêneros distintos, dividindo o primeiro em sete seções: *Ascyphiferae* Tornaberne, *Cladonia*, *Cocciferae* (Delise) A. Evans, *Helopodium* (Acharius) S. Stenroos, *Perviae* (Fries) Mattick, *Unciales* (Delise) Oxner ex Ahti e *Strepsiles* Ahti; e o segundo em três: *Cladina* Ahti, *Impexae* (Abbayes) Ahti e *Tenues* (Abbayes) Ahti. Baseados em estudos moleculares, Ahti e DePriest (2001), concluíram que *Cladina* deve ser considerado como sinônimo de *Cladonia* e realizaram novas combinações.

Stenroos *et al.* (2002a), realizaram um estudo filogenético utilizando dados moleculares (rDNA e β -tubulina), morfológicos e químicos, o qual indicou que as seções de *Cladonia* consideradas por Ahti (2000), com exceção da *Cocciferae*, são polifiléticas e que *Cladina* constitui um grupo monofilético dentro de *Cladonia*. Esses autores propuseram então uma classificação provisória e informal de *Cladonia*, a

qual também será seguida neste trabalho, em três subdivisões as quais comportam quatro Supergrupos, estes são:

- Supergrupo *Cladonia*: comporta espécies das seções *Ascyphiferae*, *Cladonia* e *Helopodium sensu* Ahti (2000).

- Supergrupo *Cocciferae*: permanece como descrito por Ahti (2000) apenas com a exclusão de *C. metaminiata* S. Stenroos & Ahti.

- Supergrupo *Perviae*: em suma, sofre pequenas alterações, no entanto mantém a maioria das espécies como descrito por Ahti (2000), e são adicionadas as espécies: *Cladonia piedadensis* Ahti, *C. metaminiata*, *C. perforata* A. Evans, *C. strepsilis* (Ach.) Grognot, *C. capitellata* (Hook. f. & Taylor) C. Bab., *C. peltastica* (Nyl.) Müll. Arg., *C. perforata* A. Evans. e excluídas: *C. bahiana* Ahti, *C. consimilis* Vain. e *C. variegata* Ahti.

- Supergrupo *Crustaceae*: É formado pelo gênero *Cladina sensu* Ahti (2000) e suas seções, seção *Unciales*, e adicionadas as espécies: *Cladonia albofuscescens* Vain, *C. bahiana*, *C. consimilis* e *C. variegata*.

Recentemente Parmen *et al.* (2008) realizaram um estudo filogenético utilizando dados morfológicos, químicos e moleculares em espécies de *Cladonia* na Tailândia. Seus resultados corroboram os de Stenroos *et al.* (2002a), sendo a seção *Cocciferae* monofilética e as demais seções com relações indeterminadas.

Diversos trabalhos estão sendo realizados visando esclarecer problemas taxonômicos e relações filogenéticas em complexos de espécies de *Cladonia* que possuem morfologia muito variável. O grupo *Cladonia gracilis*, investigado por Pino-Bodas *et al.* (2011), demonstrou que os caracteres morfológicos deste grupo são altamente homoplásicos, juntamente com a plasticidade fenotípica, torna-se complicada a delimitação de espécies neste grupo. O grupo *Cladonia cariosa* apresentou caracteres sutis, como uma camada epinecral (i.e células mortas) nas esquâmulas primárias que se apresentaram taxonomicamente significantes, o que indica que pode haver um número maior de espécies dentro deste grupo (PINO-BODAS *et al.* 2012). Osyczka e Rola (2013) afirmam que é necessária uma reavaliação dos caracteres que são considerados taxonômicos, visto que a morfologia pode variar em resposta a fatores ambientais. Pino-Bodas *et al.* (2013) estudaram o complexo *Cladonia humilis*, revelando que a morfologia e química das espécies deste grupo possuem menos importância taxonomica que anteriormente se pensava, recomendando uma análise molecular multi-loco para uma delimitação

segura das espécies. Ahti, Pino-Bodas e Stenroos (2015), revisaram a homogeneidade das espécies de *C. corymbescens* Nyl. da região da Melanésia e Australásia, através de dados moleculares e morfológicos, concluindo que na verdade trata-se de mais de uma espécie, realizando uma nova combinação.

Stenroos *et al.* (2015) investigaram diversas espécies da seção *Unciales sensu* Ahti (2000), visando esclarecer sua filogenia. Seus resultados corroboram com estudos filogenéticos prévios e concluem que a seção *Unciales* não é monofilética, ainda sim sem suporte para formalizar grupos homogêneos.

Desde o trabalho de Stenroos *et al.* (2002a), os estudos supracitados seguem uma classificação informal, que engloba espécies comportadas em grupos artificiais que necessitam de um posicionamento taxonômico mais apurado. Ahti juntamente com colaboradores (comunicação pessoal) estão preparando um estudo filogenético mais compreensivo utilizando mais amostras, a fim de formalizar os diversos grupos dentro de *Cladonia*.

1.2 Morfologia, anatomia e química de *Cladonia*

Os talos em *Cladonia* são classificados como cladoniformes ou dimórficos, isto é, apresentam uma porção basal horizontal denominada talo primário, crustosa ou esquamulosa, e uma porção vertical ereta, denominada talo secundário ou podécio (AHTI, 2000). O talo primário pode ser evanescente e o talo secundário, quando presente é sempre persistente (AHTI, 2000; FLEIG *et al.*, 1995).

Se o talo se desenvolve a partir de um esporo, possui um estágio primário denominado protalo, o qual é exclusivamente fúngico (HAMMER, 1996a). O protalo consiste em um conjunto de hifas agregadas difusamente, de coloração variada, que se propaga em todas as direções no substrato (AHTI, 2000). Esta estrutura pode ter função de fixação, estabilização do substrato e de reprodução vegetativa (HAMMER, 1996a). Ott, Mechmann e Jahns (1993) sugerem que também pode estar relacionado à regulação do balanço hídrico do talo. De acordo com Ahti (2000), há poucos estudos que visam verificar se a variabilidade do protalo possui algum valor taxonômico, entretanto algumas espécies pertencentes à seção *Cocciferae* têm tal estrutura facilmente reconhecível pela coloração amarelo a laranja, isto devido à ocorrência de pigmentos quinoides. No momento em que o protalo entra em contato com o fotobionte inicia-se o desenvolvimento do talo primário (AHTI, 2000).

O talo primário crustoso, é composto por grânulos ecorticados, globosos ou achatados conectados por hifas hialinas muito finas, sendo efêmeras em muitas espécies (AHTI, 2000). O esquamuloso, apresenta um sistema de hifas compactas formando estruturas foliosas achatadas, normalmente com a superfície superior corticada e a superfície inferior ecorticada. Anatomicamente, a porção esquamulosa é constituída por: córtex superior, camada algal e medula, muitas vezes apresentando aspecto aracnoide na superfície inferior (AHTI, 2000). De acordo com Marcelli (2006) o talo primário assemelha-se em vários aspectos a um talo folioso, porém sem córtex inferior, variando em tamanho de poucos milímetros a alguns centímetros. Segundo Ahti (2000), há muitas espécies em que o talo primário não foi encontrado, embora se espera que exista.

O talo primário apresenta caracteres úteis à identificação taxonômica, tais como sua presença ou ausência, presença de propágulos entre outros (AHTI, 2000). Pino-Bodas *et al.* (2012) descreveram como caracteres taxonomicamente relevantes no grupo *Cladonia cariosa*, a presença de uma camada epinecral nas esquâmulas primárias (i.e, células mortas) acima do córtex, além do aspecto da superfície, sendo lisa ou fissurada.

O talo secundário ou podécio emerge do talo primário a partir de um tecido meristemático exclusivamente fúngico, que normalmente se liqueniza no decorrer do seu crescimento (HAMMER, 2000). Esta estrutura possui função tanto reprodutiva e ascensor dos apotécios (FLEIG *et al.*, 1995), quanto fotossintética (HAMMER, 2000).

Os podécios são morfológicamente muito variáveis, com diversos caracteres fundamentais para taxonomia do gênero. Variam de ausentes a muito desenvolvidos, simples a densamente ramificados. Normalmente são ocos, variando de clavado, subulado ou cifoso (FIGURA 1) (FLEIG *et al.*, 1995; HAMMER, 2001). Quanto às ramificações dos podécios em *Cladonia*, estas são: dicotômicas, tricotômicas, tetracotômicas ou politômicas, que respectivamente são duas, três, quatro ou mais ramificações que partem de um ponto comum. As ramificações ainda podem ser classificadas como: isotômicas ou anisotômicas, isto é, apresentam ramos com tamanho e espessura semelhantes ou diferentes, respectivamente (AHTI, 2000).

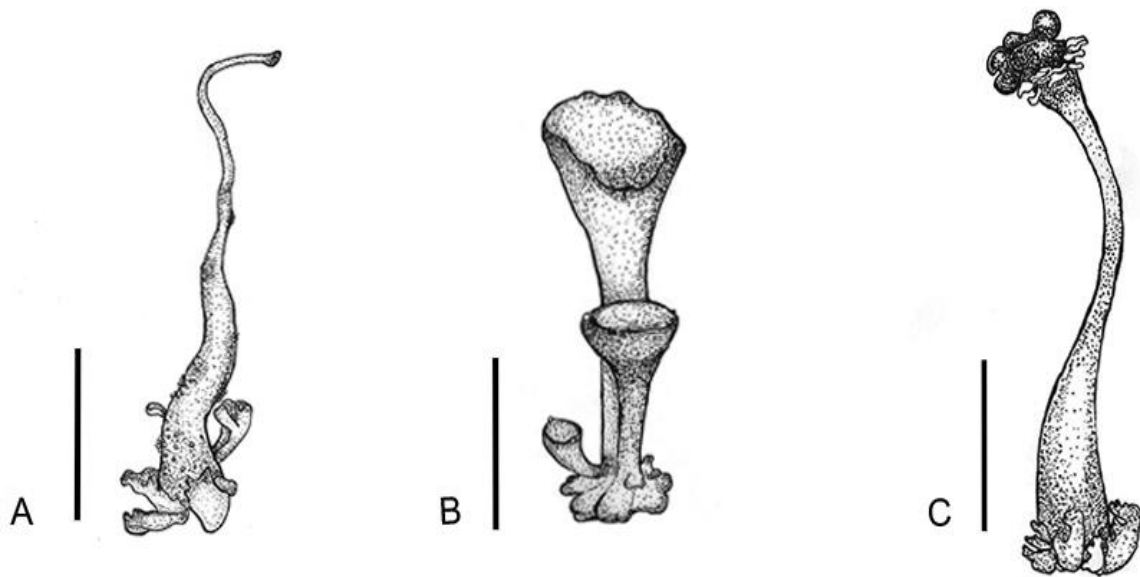


FIGURA 1 – formas de podécios em *Cladonia*. A = Podécio subulado de *C. subradiata* (Fraga-Junior, 612); B= Podécio cifoso de *C. subsquamosa* (Fraga-Junior, 505); C= Podécio capitado de *C. polyscypha* (Fraga-Junior, 263). Escalas = 0,5 cm. Ilustração: C. A. V. Fraga-Junior (2015).

As ramificações têm axilas abertas ou fechadas (FIGURA 2 B), sendo informações taxonomicamente úteis. As perfurações nas axilas ocorrem devido à divisão do meristema em porções menores durante seu desenvolvimento, gerando novos ramos (HAMMER, 2000). Quando as perfurações se dilatam e apresentam forma de cone nas axilas ou no ápice dos podécios, são denominadas funis (AHTI, 2000).

Funis verdadeiros (FIGURA 2 B) caracterizam espécies da seção *Perviae*, ao passo que na seção *Unciales*, as espécies possuem axilas dilatadas. Membros da seção *Cladonia* raramente exibem perfurações axilares (AHTI, 2000).

Os podécios que têm formato de taça são denominados cifas (HAMMER, 1993), podendo apresentar picnídios ou discos himeniais em sua borda. Ramificações podem ocorrer a partir da margem ou do centro (AHTI, 2000). Quando novas cifas crescem sobrepostas a partir do centro de outra, são chamadas de verticiladas (FIGURA 2 A), e caracterizam muitas espécies da seção *Cladonia* (AHTI; MARCELLI, 1995; AHTI, 2000).

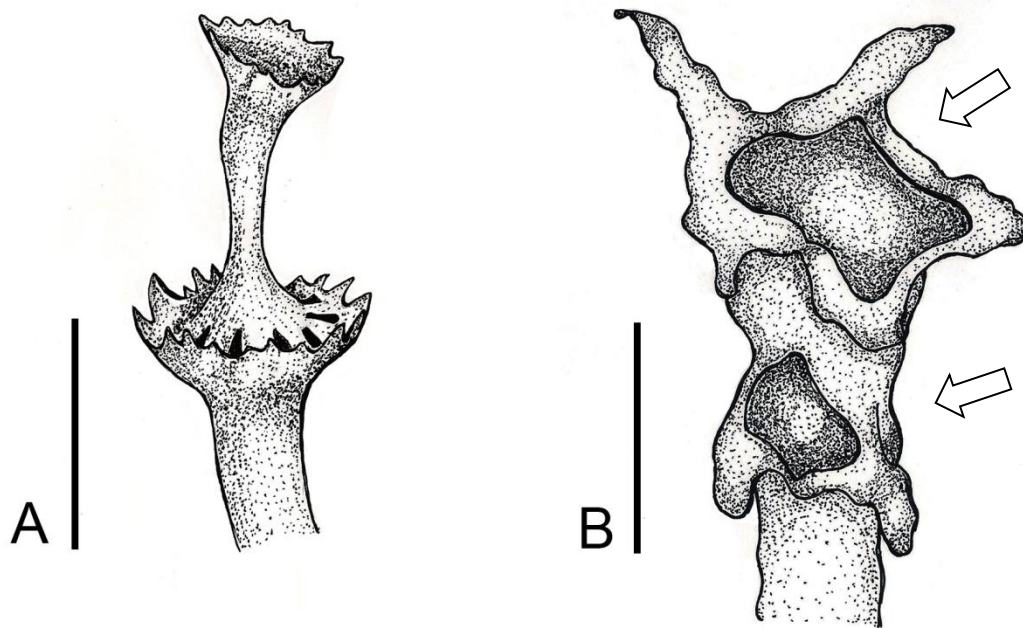


FIGURA 2 – A= Cifas verticiladas de *Cladonia clathrata* (Fraga-Junior, 594); B; Setas = Funil e axila aberta de *C. turgidior* (Fraga-Junior, 334). Escalas = 0,5 cm. Ilustração C. A. V. Fraga-Junior (2015)

A parte externa do podócio é geralmente corticada, constituída por uma camada de hifas compactadas e pseudoparenquimatosas, apresentando um aspecto descontínuo, areolado ou verrucoso, e com propágulos vegetativos (AHTI, 2000). Entretanto, a superfície é denominada corticioide se é delgada e não verdadeiramente paraplenctenquimatoso (i.e plectênquima composto de hifas de paredes delgadas com organização celular), e ecorticada quando a medula ou estereoma estão expostos (AHTI, 2000). Sob o córtex está presente a camada algal, constituída por fotobiontes do gênero *Asterochloris* Tshermak-Woess (SKALLOUD; PEKSA, 2010), que geralmente é descontínua (AHTI, 2000). A medula é compreendida como uma camada de hifas frouxamente emaranhadas que está entre o córtex e o estereoma (AHTI, 2000). O estereoma é uma camada de hifas dispostas longitudinalmente de aspecto cartilaginoso (AHTI, 2000), também denominado escleroplenctenquima, sendo o principal tecido de sustentação do talo (KIRK *et al.*, 2008). Quando presente, pode ter sua superfície interna lisa, papilosa ou fribrosa, que são importantes informações taxonômicas. A presença de estereoma melanótico, ou seja, que escurece, também é um importante delimitador de espécies da seção *Cladonia*. Por exemplo, o estereoma melanótico de *C.*

flagellaris Ahti & Marcelli a diferencia de *C. fissidens* Ahti & Marcelli (AHTI, 2000). A delimitação entre a medula e o estereoma pode ser abrupta ou gradual (AHTI, 2000).

Os apotécios, ou discos himeniais como denominados por Ahti (2000) normalmente ocorrem no ápice dos podécios, raramente no talo primário, e não possuem margem talina quando maduros, perdendo-a precocemente durante seu desenvolvimento (AHTI, 2000). Os ascos possuem formato clavado a cilíndrico, contendo oito esporos simples a raramente septados, hialinos, ovoides a fusiformes (AHTI, 2000). As características do himênio e esporos são bem uniformes e pouco importantes na taxonomia do grupo, sendo a coloração do himênio mais utilizada (AHTI, 2000). Espécies da seção *Cocciferae* são facilmente reconhecidas por possuírem o disco himenial vermelho (STENROOS *et al.*, 2002 b).

A maioria das espécies produz picnídios (AHTI, 2000), que podem estar presentes tanto no talo primário quanto no secundário. Apresentando um formato globoso, piriforme ou dolioforme, variando de tamanho significativamente entre as espécies (AHTI, 2000). Os conídios são normalmente simples, aciculares a falciformes, sendo produzidos em abundância. As características do picnídio são raramente utilizadas na taxonomia, entretanto a cor da mucilagem a qual envolve os conídios pode oferecer caracteres taxonômicos úteis. A mucilagem normalmente é incolor, entretanto membros da seção *Cocciferae*, *Perviae* e alguns outros da seção *Tenues* têm mucilagem vermelha (AHTI, 2000).

De acordo com Ahti (2000), apesar de produzirem esporos, muitas espécies se reproduzem vegetativamente por fragmentação do talo, produzindo propágulos que são facilmente dispersados no ambiente pela ação do vento, água ou animais. Os principais tipos de propágulos são: sorédios, grânulos, estruturas isidióides e esquâmulas.

Os sorédios podem ser: farinosos, granuloso, ou raramente isidióides (AHTI, 2000), sendo formados em sorais que podem estar bem delimitados ou serem difusos (KIRK *et al.*, 2008). A presença e a forma dos sorédios são importantes na identificação em nível de espécie; na seção *Unciales*, por exemplo, estão ausentes, enquanto que na seção *Perviae*, os podécios geralmente são sorediados, granuloso a microesquamulosos (AHTI, 2000). Segundo Ahti (2000), os grânulos se diferenciam dos sorédios por serem maiores e apresentarem um aspecto lustroso, entretanto a distinção de ambos não é muito nítida.

Isídios são incomuns em *Cladoniaceae*, porém, algumas espécies podem produzir grânulos ou esquâmulas corticadas que podem ser chamados de isidioides. *Cladonia caribea* S. Stenroos é uma espécie que tem isídios claramente distinguíveis, ao passo que *Cladonia ceratophylla* (Swartz) Spreng. tem esquâmulas isidioides (AHTI, 2000).

As esquâmulas presentes no podécio são semelhantes as do talo primário e servem de meio de reprodução vegetativa (AHTI, 2000). Quanto ao seu tamanho são denominadas microesquâmulas ou macroesquâmulas (DAHL, 1952 *apud* AHTI, 2000). Além destes propágulos, algumas espécies apresentam filídios (e.g. *Cladonia cinerella* Ahti) que são semelhantes às esquâmulas, porém corticados, ou e esquizídios (e.g. *Cladonia merochlorophaea* Asahina), também semelhantes às esquâmulas, formadas pelo desprendimento de camadas superiores do córtex (AHTI, 2000; KIRK *et al.*, 2008).

De acordo com Elix (2014) são conhecidas cerca de 850 substâncias derivadas do metabolismo secundário liquênico. Para *Cladoniaceae* são conhecidos cerca de 60 compostos, sendo que 30 destes são taxonomicamente significantes (AHTI, 2000). Tais metabólitos são agrupados em ácidos graxos, depsídeos, depsidonas, dibenzofuranos e derivados, antraquinonas e triterpenóides (AHTI, 2000).

Algumas seções em *Cladonia* apresentam uma composição química característica. Compostos como dibenzofuranos (e.g. ácidos didímico e úsnico), depsídeos (e.g. ácido tamnólico) e ácido rodocladônico são diagnósticos para *Cocciferae* (AHTI; STENROOS, 1986; HYVÖNEN; AHTI; STENROOS, 1989; GUO; KAWASHIDANI, 2004). Estes compostos também podem ser encontrados em *Perviae*, mas em combinações diferentes, como os ácidos tamnólico e barbático, diferente de *Cocciferae* onde estes compostos normalmente ocorrem junto dos ácidos úsnico ou didímico (STENROOS *et al.*, 2002a)

Diversas espécies de *Cladonia* produzem metabólitos que são diagnósticos em sua taxonomia (MARTIN, 1971). No entanto, ocorrem na natureza espécimes que são morfologicamente indistintos, mas diferem na composição de seus metabólitos secundários, sendo neste caso consideradas quimiotipos. Algumas espécies são quimicamente muito variáveis, por exemplo, *Cladonia peltastica* (Nyl.) Müll. que tem 15 quimiotipos (AHTI, 2000).

Os principais compostos taxonomicamente importantes, encontrados por Gumboski (2011) e Gumboski e Eliasaro (2012a, 2012b), em espécies ocorrentes em restingas nos estados do Paraná e de Santa Catarina, foram:

- Depsideos: ácidos barbático, merocloroféico, perlatólico, tamnólico e atranorina.
- Depsidonas: ácidos criptostíctico, estíctico, fumarprotocetrárico e norestictico.
- Dibenzofuranos, dibenzofuranoides e derivados: ácidos condidímico, didímico, esquamático, subdidímico e úsnico.
- Antranquinonas e compostos relacionados: ácido rodocladônico.

1.3 Estudos da micota liquenizada no estado do Espírito Santo

Marcelli (1998) apresenta uma síntese da história da liquenologia no Brasil, onde relata que desde o século XIX, diversos naturalistas e botânicos estrangeiros visitaram o Brasil com intuito de estudar a flora tropical. Entretanto, as rotas mais utilizadas para as excursões não contemplavam o Espírito Santo, o qual não teve qualquer registro de líquens até início do século XX. Os principais destinos na região sudeste foram Rio de Janeiro e Minas Gerais.

As primeiras coletas feitas no Espírito Santo foram realizadas por H. Hartman, em 1928, que coletou o espécime referente à *Ocellularia cavata* (Ach.) Müll. Arg. (REDINGER, 1933) e o tipo referente a *Diorygma confluens* (Fée) Kalb, Staiger & Elix (= *Graphina collatinensis* Redinger) (KALB; STAIGER; ELIX, 2004) na região de Colatina. Em Ahti (2000) é mencionada uma coleta de *Cladonia penicillata* (Vain.) Ahti & Marcelli realizada por Mexia, em 1929.

Até aproximadamente a década de 1970 houve poucos registros para o estado, sendo os pertencentes à *Cladoniaceae* descritos em Ahti (2000). Em 1980, diversas coletas foram realizadas por Klaus Kalb, o qual coletou espécies de *Thelotrema* (FRISCH, 2006; FRISCH; KALB, 2006) e *Graphidaceae* (STAIGER, 2002; KALB; STAIGER; ELIX, 2004) próximo ao município de Linhares. Brako (1991) registrou *Phyllopsora coralina* (Eschw.) Müll. Arg. para Linhares, sendo o material também coletado por Kalb e *Phyllopsora buettneri* (Müll. Arg.) Zahlb. em restinga, no Município de Guarapari.

Büdel *et al.* (2002) ao estudarem cianobactérias de *inselbergs* no Espírito Santo reportam a ocorrência de algumas formas liquenizadas, principalmente pertencentes a ordem Lichinales: *Peltula tortuosa* (Nees) Wetmore, *Phylliscum* sp.,

Porocyphus sp., *Thyrea* sp.. Outras espécies de cianolíquens são reportados para o mesmo tipo de ambiente. Schultz, Büdel e Porembski (2001), descrevem uma nova espécie, *Thyrea porphyrella* Schultz, Büdel & Poremb. para região serrana, próxima ao município de Pancas. Shultz e Aptroot (2008) registraram duas espécies de *Peltulaceae*, *Peltula congregata* (Nyl.) Swinsc. & Krog e *Peltula tortuosa* para Nova Venécia e também para Pancas.

Lücking (2008) registrou para Domingos Martins, região serrana do estado, cerca de dez espécies de líquens foliícolas, em sua maioria pertencentes à *Porinaceae*, tais quais, *Porina atrocoerulea* Müll. Arg. *P. epipylla* (Fée) Fée., *P. fulvella* Müll. Arg, *P. octomera* Müll. Arg. e *P. rubentior* (Stirt) Müll. Arg. No mesmo estudo ainda cita *Capretia amazonensis* Bat & H. Maia, *Coenogonium subluteum* (Rehm) Kalb & Lücking, *Fellhanera subfuscatula* Lücking, *Opegrapha filicina* Mont. e *Trichothelium epiphyllum* Müll. Arg.

Nos trabalhos de Ahti, Stenroos e Xavier Filho (1993) e Ahti (2000) são contabilizadas cerca de 14 espécies de *Cladonia* que ocorrem nas restingas do litoral capixaba, sendo a maioria referidas como coletas de Marcelli. Marcelli (1998) cita ainda três espécies a mais, *C. bahiana* Ahti, *C. sprucei* Ahti e *C. rangiferina* subsp. *abayessi* (Ahti) Ahti & DePriest a partir das restingas capixabas para o norte, no entanto, sem mencionar descrições ou mesmo materiais analisados. Contudo, totalizando 17 espécies registradas.

De um modo geral, o Espírito Santo não possui qualquer tradição liquenológica, visto que a maioria das coletas que são mencionadas para o estado foi depositada em herbários de outros estados ou países (e.g. AHTI, 2000; FRISCH; KALB, 2006; KALB; STAIGER; ELIX, 2004; LÜCKING, 2008). Em uma breve revisão no site SpeciesLink (INCT, 2015), constam cerca de 48 registros, sendo 16 identificados ao nível específico, de coletas de *Cladoniaceae* para o estado depositados em diversos herbários do país, e apenas um registro no herbário da Universidade Federal do Espírito Santo (VIES).

Monografias autóctones foram realizadas por Santos em 1993, em um manguezal de Vitória, e por Silva em 2004, em restinga. No entanto nenhum dado foi adequadamente publicado ou sequer os materiais foram depositados em herbário. Em um recente estudo, Fraga-Junior (2014, não publicado) investigou a micota liquenizada de uma formação arbustiva aberta de restinga, revelando 51 gêneros de fungos liquenizados pertencentes a 25 famílias.

1.4 Justificativa e objetivos

As restingas brasileiras, sob o ponto de vista liquenológico, são formações ricas em composição de fungos liquenizados (MARCELLI 1990; 1991). Segundo Marcelli (1998) a combinação de fatores ambientais presentes nas restingas, tais como alta luminosidade e umidade, fornecem condições adequadas para várias espécies de *Cladonia* se desenvolverem, podendo formar extensos tapetes próximo a arbustos, serapilheira ou em troncos mortos. Do Espírito Santo para o norte do país há um aumento no número de espécies de *Cladonia* (MARCELLI, 1998), entretanto nunca foram investigadas pontualmente no estado.

Estudos recentes na região sul do Brasil visaram investigar a diversidade de fungos liquenizados em ambientes litorâneos, principalmente em restingas. Foram estudadas as famílias *Cladoniaceae* (GUMBOSKI; ELIASARO 2012a, 2012b), *Graphidaceae* (DAL-FORNO; ELIASARO, 2009, 2010a, 2010b; FEUERSTEIN *et al.*, 2014) e *Parmeliaceae* (DONHA; ELIASARO, 2006) no Paraná e Santa Catarina. Tais trabalhos demonstram uma grande diversidade na composição liquênica deste ambiente, registrando novas ocorrências para os estados e novas espécies para ciência.

Para o Espírito Santo, Ahti (2000) registrou 23 espécies de *Cladonia* e uma de *Cladia*. Destas, 14 ocorrem em ambiente de restinga. Em comparação, com as restingas dos estados do Paraná e Santa Catarina, Ahti (2000) listou, sete e dez espécies respectivamente. No entanto, Gumboski (2011) e Gumboski e Eliasaro (2012a, 2012b) elevaram para 16 e 18, destas provavelmente cinco são novas espécies para a ciência e seis novas ocorrências. Este fato sugere que o número de espécies nas restingas do Espírito Santo também seja maior.

Visto a escassez de dados para estado, e a abundância e diversidade de *Cladonia* em restinga, este trabalho foi proposto com intuito de ser o primeiro estudo local a investigar extensivamente um gênero de fungos liquenizados a fim de suprir essa carência. Os objetivos deste trabalho são: realizar um levantamento de espécies de *Cladonia* que ocorrem nas restingas do litoral do estado do Espírito Santo, bem como caracterizar morfológica, química e ecologicamente as espécies encontradas, proporcionando meios para a identificação das mesmas através de chaves, ilustrações e descrições.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de coleta

O estudo foi realizado em vegetação de restinga ocorrente na região litorânea do estado do Espírito Santo, o limite norte estabelecido nas coordenadas 18°28'S, e o limite sul nas coordenadas 21°15'S (cerca de 350 Km) (FIGURA 3).

O clima local de acordo com a classificação de Köppen é compreendido como tropical quente e úmido (Aw), apresentando um verão quente e chuvoso e um inverno seco e não rigoroso (PEREIRA; ARAÚJO, 1995).

As restingas, em termos geomorfológicos, são definidas como depósitos arenosos quaternários que se formam através de processos de sedimentação eólicos ou fluvio-marinhos e se encontram distribuídas ao longo do litoral brasileiro (BRASIL, 2002; SUGUIO; TESSLER, 1984; MARTIN *et al.*, 1997). Sob o ponto de vista ecológico, são compreendidas pelas formações vegetais diferenciadas florística e estruturalmente associadas à Mata Atlântica que ocupam as planícies de sedimentação arenosa quaternária (ARAÚJO, 1992; SUGUIO; TESSLER, 1984; MARTIN *et al.*, 1997), tendo estreita relação com o mar, com a geomorfologia local e as condições físicas e ambientais (ARAÚJO, 1992). Esta vegetação é composta por mosaicos de comunidades vegetais de diferentes níveis de complexidade ambiental, (HENRIQUES *et al.*, 1986; LACERDA *et al.*, 1993).

De acordo com Lani *et al.* (2008), as restingas capixabas cobrem cerca de 15% dos 430 km de litoral do estado, sendo interrompidas em alguns pontos pelos tabuleiros e por formações Pré-Cambrianas (MOREIRA; CAMELIER, 1977). Caracterizam-se por apresentar um gradiente a partir da praia que avança em direção a planície costeira, variando de formações herbáceas, passando por arbustivas e arbóreas, estas, podem estar entremeadas por áreas alagadas ou alagáveis (SILVA; SOMNER, 1984) tendo a variação na topografia e o nível do lençol freático forte influência na composição, diversidade e estrutura da vegetação local (MENEZES; ARAÚJO, 2005).

Para a investigação foram selecionadas oito localidades ao longo do litoral capixaba, que apresentam uma vegetação expressiva, estas, de norte a sul são: Parque Estadual de Itaúnas (PEI), Área de Proteção Ambiental de Conceição da

Barra (APACB), Regência, Parque Natural Municipal de Jacarenema (PNMJ), Parque Estadual Paulo Cesar Vinha (PEPCV), Área de Proteção Ambiental de Setiba (APAS), Praia de Itaóca e Praia das Neves, (FIGURA 3).

Ao extremo norte do estado está situado o Parque Estadual de Itaúnas (PEI) (FIGURA 4), no município de Conceição da Barra, ($18^{\circ} 20' - 18^{\circ} 25' S$ e $39^{\circ} 40' - 39^{\circ} 42' W$). Possui uma área de aproximadamente 3.481 ha, que é ocupada por diferentes vegetações, como restinga, manguezais, dunas e alagados (IPEMA, 2005). De acordo com Colodete (2014), apresenta formações arbustivas abertas mais ao interior do continente, compostas por moitas expressivas tanto em volume quanto em altura assemelhando-se em muitos aspectos com uma formação arbustiva fechada, contando com moitas de até oito metros de altura espaçadas por solo desnudo ou coberto por vegetação herbácea. A formação periodicamente inundada está localizada próximo ao rio, sendo esta a única área de depósito arenoso pleistocênico, e com afloramento do lençol freático em períodos úmidos. Esta vegetação é caracterizada por moitas de até 20 metros de diâmetro (MONTEIRO *et al.*, 2014). O interior dessas moitas é geralmente ocupado por espécies arbóreas circundadas por bromeliáceas, e o espaço entre as moitas é curto (entre dois e três metros) tendo vegetação herbácea e subarbustiva mais adensada que as encontradas na formação não inundável (COLODETE, 2014).

A Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra (APACB) está situada no município de Conceição da Barra, norte do estado, onde dentro de seus limites encontra-se a região do Quadrado ($18^{\circ}39'28.5''S$ $39^{\circ}47'04.9''W$) (IEMA, 2014a). Esta unidade de conservação possui 7.728 ha de extensão territorial composta por um mosaico de ecossistemas associados à Mata Atlântica de origem flúvio-marinha, como restinga, manguezal, floresta de tabuleiro e contando também com áreas antropizadas (IEMA, 2014b).

A vegetação da restinga de Regência ($19^{\circ}39'34''S$ $39^{\circ}52'08''O$) (FIGURA 5) é descrita por Colodete (2014) como tendo porte arbustivo, formando moitas e com espaços abertos desnudos ou cobertos por vegetação rasteira, de porte herbáceo. Entretanto, a mesma autora cita que para esta localidade a única formação arbustiva presente é a não inundável apesar da proximidade com a foz do Rio Doce.

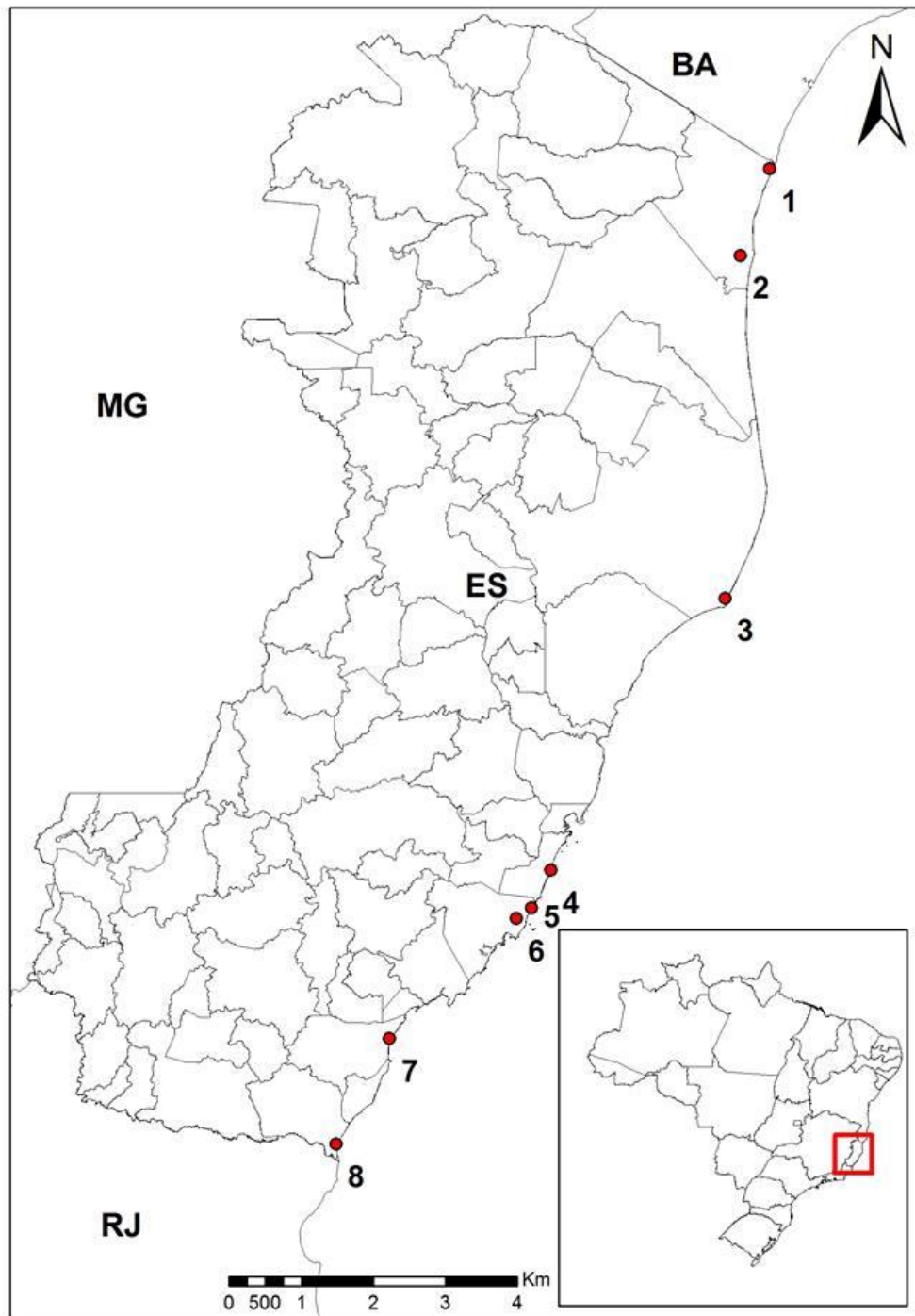


FIGURA 3 – Mapa do Espírito Santo com as localidades onde foram feitas as coletas. 1) Parque Estadual de Itaúnas (PEI); 2) Quadrado (APACB); 3) Praia de Regência; 4) Parque Natural Municipal Jacarenema (PNMJ); 5) Parque Estadual Paulo Cesar Vinha (PEPCV); 6) APA de Setiba (APAS); 7) Praia de Itaóca; 8) Praia das Neves. FONTE: O autor (2015)

O Parque Natural Municipal de Jacarenema (PNMJ) está localizado no distrito da Barra do Jucu, no Município de Vila Velha ($20^{\circ}26'25''S$ e $40^{\circ}18'45''W$), com uma área de aproximadamente 307 ha (IPEMA, 2005). O PNMJ apresenta uma variada fitofisionomia, em seu domínio ocorre Manguezal na borda do Rio Jucu,

Mata Atlântica de Tabuleiro sobre rochas da formação Barreiras e vegetação rupestre nos aforamentos rochosos. Entretanto a vegetação de restinga é a mais expressiva, apresentando formas herbáceas, arbustivas e arbóreas. Ocorrem também zonas de ação antrópica que produziram pastagens e áreas urbanizadas (AVIDEPA, 2002).

O Parque Estadual Paulo Cesar Vinha (PEPCV) situa-se em Setiba, distrito de Guarapari (20° 33' S e 40° 23' W) (PEREIRA; ARAÚJO, 1995). Pereira (1990) reconhece para a região do PEPCV as seguintes formações vegetais: halófita, psamófita reptante, pós-praia, mata de *Myrtaceae*, formação aberta de *Clusia*, formação aberta de *Ericaceae*, formação aberta de *Palmae*, mata permanentemente inundada, periodicamente inundada e mata seca (FIGURA 6). O parque é circundado pela Área de Proteção Ambiental de Setiba (APAS), sendo que esta funciona como uma zona de amortecimento a Unidade de Conservação (IEMA 2014), onde também foram feitas incursões para coleta.

A restinga do município de Itaóca situa-se ao sul do litoral capixaba (20°56'06"S e 40°49'03"W) e faz parte de um conjunto de planícies de depósitos arenosos provenientes de um longo processo de transgressão marítima e deposição de sedimentos arenosos (SILVA; CASTRO, 2003). Tal local é caracterizado por possuir uma vegetação de moitas esparsas, sendo classificada de acordo com Pereira (1990) como formação aberta de *Ericaceae*, e também possui uma expressiva cobertura arbórea em seu domínio classificada como Mata seca, de acordo com o mesmo autor (FIGURA 7).

A restinga da Praia das Neves está localizada ao sul do estado, no município de Presidente Kennedy (21°14'35.35"S e 40°56'48.68"W). Esta restinga é contornada pelo Rio Itabapoana ao sul, onde faz divisa com o Rio de Janeiro, e ao norte é limitada pela formação Barreiras. A área tem aproximadamente 12,7km de extensão e 67 km² (4.800ha) sendo margeados por brejos, manguezais em associação com os Rios Itabapoana e Marobá (BRAZ *et al.*, 2013). Nesta localidade ocorrem linhas de deposição sedimentar nítidas, as quais muitas vezes são marcadas pelo afloramento do lençol freático. Estas formações podem eventualmente formar brejos próximos a formações florestais e porções inundáveis em locais mais afastados do curso d'água. Apresenta também um gradiente fitofisionômico em direção ao continente, aonde a vegetação próxima à praia vai se

adensando assumindo porte arbustivo e posteriormente, arbóreo, podendo ocorrer moitas e encraves de vegetação mista (BRAZ *et al.*, 2013).



FIGURA 4 - Aspecto geral da formação arbustiva aberta do Parque Estadual de Itaúnas (PEI), região da trilha da borboleta. Foto: C. A. V Fraga-Junior



FIGURA 5 – Aspecto geral da vegetação da restinga de Regência. Foto: C. A. V Fraga-Junior



FIGURA 6 - Aspecto geral da formação aberta de *Ericaceae*, do Parque Estadual Paulo Cesar Vinha. Foto: C. A. V Fraga-Junior



FIGURA 7 - Aspecto geral da formação arbustiva aberta de Itaóca, região do areial do Rui Barbosa. Foto: C. A. V Fraga-Junior

2.2 Coletas e herborização

Os exemplares foram coletados em 12 excursões de coleta durante os meses de janeiro, fevereiro e julho de 2015. Sendo uma no PEI, uma na APACB, uma em Regência, uma no PNMJ, três no PEPCV, duas na APAS, uma em Itaóca e duas em Praia das Neves.

As coletas foram realizadas por deslocamento ao acaso, procurando amostrar todos os tipos vegetacionais das restingas locais. Os exemplares foram coletados e herborizados de acordo com a metodologia descrita por Brodo *et al.* (2001), que consiste em remover o talo de seu substrato utilizando uma faca ou espátula, acondicionar o talo em sacos de papel pardo e, posteriormente, secar as amostras ao ar por aproximadamente dois dias e acondicioná-las em freezer por dez dias para remover eventuais artrópodes ou parasitas. Todas as coletas tiveram seu registro georreferenciado por GPS e foi anotado, como recomendado por Gumboski (2011): o substrato, se crescem diretamente sobre o solo arenoso, diretamente sobre a rocha, ou sobre musgos, restos e fragmentos vegetais, árvores vivas ou lenho; distância do mar, e como os talos de várias espécies se desenvolvem entremeados formando extensos tapetes, tal fato foi também anotado quando observado. Todos os espécimes foram depositados no herbário da Universidade Federal do Paraná (UPCB) e isótipos no Herbário da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ICN).

2.3 Análises de espécimes e empréstimo de herbário

Foram analisados espécimes de *Cladonia* depositados no herbário UPCB. Também foram realizados empréstimos de espécimes presentes no Instituto de Botânica de São Paulo (SP).

2.4 Análises morfológicas e anatômicas

As análises morfológicas foram realizadas sob microscópio estereoscópico (20–40×) dotado de ocular com retículo graduado. Para as análises anatômicas, utilizou-se cortes feitos à mão, com lâminas. Os cortes então foram montados em lâminas com água e analisados sob microscópio fotônico (400–1000×), também dotado de ocular com retículo graduado para aferição de estruturas microscópicas.

Foram observadas as seguintes estruturas (modificado de MARCELLI 2006):

TALO PRIMÁRIO: se persistente, evanescente ou ausente, tamanho, forma das esquâmulas ou grânulos, presença ou ausência de sorédios, aspecto da margem, presença ou ausência de pruína, aspecto da superfície inferior, cor da medula; espessura do córtex, espessura da medula, picnídios, presença ou ausência, distribuição, forma, cor, cor da mucilagem, conídios, forma, comprimento e largura.

TALO SECUNDÁRIO: altura, espessura, cor, padrão de ramificação, modo de afilamento, presença ou ausência de cifas, forma, diâmetro, modo de proliferação (quando presente), cor das partes basais (necróticas ou não), presença ou ausência de perfurações, localização; superfície corticada ou não, aspecto, presença ou ausência de sorédios, altura do recobrimento, presença ou ausência de grânulos, altura do recobrimento; presença ou ausência de esquâmulas, forma e altura do recobrimento; presença ou ausência de córtex, espessura, presença ou ausência de medula, espessura; presença ou ausência de estereoma, espessura, cor; aspecto da superfície do canal central, diâmetro; presença ou ausência de discos himeniais, distribuição, cor, presença ou ausência de ascósporos, forma, comprimento e largura; presença ou ausência de picnídios, distribuição, forma, cor, cor da mucilagem, presença ou ausência de conídios, forma, comprimento e largura.

2.5 Análises químicas

Para a identificação de metabólitos secundários de importância taxonômica foram utilizados testes de coloração de córtex e medula seguindo a metodologia de Orange, James e White (2001). Foram utilizados os testes de coloração utilizando os reagentes K (Solução de hidróxido de potássio a 10%) e C (Solução de Hipoclorito de Sódio a 10%), ambos realizados diretamente no talo líquênico aplicando-se uma pequena gota com um capilar, sob lupa, para verificar se há mudança de coloração. A ocorrência de reação é representada pelo sinal “+” seguido pelo nome da cor apresentada, e quando não houver alteração, será indicado pelo sinal “-”. Quando a reação apresentar inicialmente uma cor e depois outra, este fato será indicado pelo sinal “→” entre o nome das duas colorações (ORANGE; JAMES; WHITE 2001).

Todos os exemplares foram expostos à lâmpada ultravioleta (UV) para detecção de substâncias fluorescentes. Nos casos de emissão de fluorescência,

esta é representada pelo sinal “+” seguido pelo nome da cor (ORANGE; JAMES; WHITE 2001).

Foram realizadas cromatografias em camada delgada (CCD) de acordo com Culberson e Ammann (1979). Foram preparados extratos acetônicos dos talos (incluindo os ascomas) e dos controles, e em seguida estes foram aplicados com microcapilares em placas de sílica gel 60 F₂₅₄ da Merck e as cromatografias foram desenvolvidas com o sistema de solventes C (tolueno – 170 ml: ácido acético – 30 ml). Após a corrida, as placas foram secas com secador de cabelo e analisadas em luz visível e sob luz UV, e foram marcados a lápis os pigmentos e substâncias fluorescentes ocorrentes. Para a revelação, foi utilizado ácido sulfúrico a 10% e aquecimento a 110°C por 10 minutos ou até o aparecimento das manchas. Após a revelação, as placas foram novamente analisadas sob luz visível e sob lâmpada UV e as manchas marcadas. Para a identificação das substâncias liquênicas foram utilizado dados de Elix (2014).

2.6 Identificação dos espécimes e distribuição geográfica

A identificação dos espécimes foi realizada utilizando chaves e descrições encontradas em Ahti (2000), Ahti e Marcelli (1995), Ahti e Stenroos (1995), Ahti, Stenroos e Xavier Filho (1993), Gumboski e Eliasaro (2010, 2012a, 2012b), Sipman e Ahti (2013), Stenroos *et al.* (2002a). Estas mesmas bibliografias foram utilizadas para a distribuição geográfica das espécies encontradas.

A distribuição geográfica segue a seguinte ordem: Oceania (Austrália, Nova Zelândia e grupo de ilhas no Oceano Pacífico), Ásia, Europa, África, América do Norte, América Central, América do Sul e Brasil. Os Estados brasileiros serão referidos pela sigla oficial e em ordem alfabética.

2.7 Descrições e ilustrações

Exemplares selecionados de cada espécie foram ilustrados em seu aspecto geral através de fotos, obtidas com câmera fotográfica Canon modelo EOS REBEL T5, quando necessário, também foram fotografados detalhes de estruturas em microscópio óptico. As descrições e ilustrações são apresentadas de acordo com as normas estabelecidas pelas revistas em que foram publicados os resultados.

3. RESULTADOS E APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

No total foram coletados 554 exemplares, os quais foram adequadamente herborizados e organizados de acordo com o supergrupo a que pertencem.

As espécies mais frequentes foram: *C. polyscypha*, *C. subradiata*, *C. subsquamosa*, *C. clathrata*, *C. corallifera*, *C. didyma*, *C. crispatula* e *C. furfuracea*. As mais raras foram: *C. crustacea*, *C. dendroides*, *C. rangiferina*, *C. substellata* e *C. tuberosa* (TABELA 1).

Tabela 1 - Relação e distribuição das espécies de *Cladonia* analisadas. PEI = Parque Estadual de Itaúnas; APACB = Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra; REG = Regência; PNMJ = Parque Natural Municipal de Jacarenema; PEPCV = Parque Estadual Paulo Cesar Vinha; APAS = Área de Proteção Ambiental de Setiba; ITA = Itaóca; P.K = Presidente Kennedy. (*) Novas citações para o estado. (**) Espécie nova para a ciência.

	PEI	APACB	REG	PNMJ	PEPCV	APAS	ITA	P.K
Supergrupo Cladonia								
<i>Cladonia cartilaginea</i>	X			X				X
<i>Cladonia clathrata</i>	X	X		X	X	X	X	
<i>Cladonia furfuracea</i>	X	X		X	X	X	X	X
<i>Cladonia pityrophylla</i> *				X	X	X		
<i>Cladonia polyscypha</i> *	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cladonia subradiata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cladonia subsquamosa</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cladonia tuberosa</i> **	X							
<i>Cladonia verticillaris</i>				X	X	X	X	X
Supergrupo Cocciferae								
<i>Cladonia corallifera</i> *	X	X		X	X	X	X	X
<i>Cladonia crustacea</i> *				X				
<i>Cladonia didyma</i>	X		X	X	X	X	X	X
<i>Cladonia macilenta</i>							X	
<i>Cladonia secundana</i>	X				X			
<i>Cladonia subminiata</i> *	X	X			X	X		
Supergrupo Perviae								
<i>Cladonia capixaba</i> **							X	
<i>Cladonia crispatula</i>	X	X		X	X	X	X	X
<i>Cladonia polystomata</i>	X	X						
<i>Cladonia salzmännii</i> *		X		X				X
<i>Cladonia sphacelata</i> *	X			X	X		X	
<i>Cladonia turgidior</i>	X			X	X	X	X	
Supergrupo Crustacea								
<i>Cladonia confusa</i>				X			X	
<i>Cladonia consimilis</i> *	X	X						

<i>Cladonia dendroides*</i>	X			X
<i>Cladonia rangiferina</i>			X	
<i>Cladonia sprucei</i>		X		X
<i>Cladonia substellata</i>				X

A dissertação está dividida em dois capítulos:

Capítulo 1 – *Cladonia* P. Browne (Lichenized Ascomycota) from the restinga vegetation of Espírito Santo, Brazil: Supergroups *Cladonia* and *Cocciferae*. Submetido à Brazilian Journal of Botany. Normas disponíveis no ANEXO.

Capítulo 2 – *Cladonia* P. Browne (Lichenized Ascomycota) from the restinga vegetation of Espírito Santo, Brazil: Supergroups *Crustaceae* and *Perviae*. Artigo a ser submetido à Brazilian Journal of Botany. Normas disponíveis no ANEXO.

REFERÊNCIAS

- AHTI, T. Taxonomic studies on reindeer lichens *Cladonia* subg. *Cladina*. **Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae, "Vanamo"** v. 32, p.1-60, 1961.
- AHTI, T. *Cladoniaceae*. Flora Neotropica 78. **Organization for Flora Neotropica and New York Botanical Garden**. Bronx, 362 p, 2000.
- AHTI, T.; DEPRIEST, P, T. New combinations of *Cladina* epithets in *Cladonia* (Ascomycotina: *Cladoniaceae*). **Mycotaxon**, v. 78, p.499-502, 2001.
- AHTI, T.; MARCELLI, M, P. Taxonomy of the *Cladonia verticillaris* complex in South America. In: Farkas, E.E., Lücking, R., Wirth, V. **Scripta Lichenologica** – Berlin, Stuttgart. Lichenological Papers dedicated to Antonín Vezda. **Bibliotheca Lichenologica**. J. Cramer, p.5-26, 1995.
- AHTI, T.; SIPMAN, H, J, M. Ten new species of *Cladonia* (*Cladoniaceae*, Lichenized Fungi) from the Guianas and Venezuela, South America. **Phytotaxa**, v. 93, n. 1, p. 25-39, 2013.
- AHTI, T.; STENROOS, S. A revision of *Cladonia* sect. *Cocciferae* in the Venezuelan Andes. **Annales Botanici Fennici**, v. 23, p. 229-238, 1986.
- AHTI, T.; STENROOS, S. New species of *Cladonia* from Brazil. In: KNOPH, J, G, Schrüfer, K & Sipman, H, J, M. Studies on lichenology with Emphasis on chemotaxonomy, Geography and Phytochemistry. Festschrift Christian leuckert, Stuttgart. **Bibliotheca Lichenologica**. J. Cramer. Berlin, p. 9-18, 1995.
- AHTI, T.; STENROOS, S.; XAVIER FILHO, L. The lichen Family *Cladoniaceae* in Paraíba, Pernambuco and Sergipe, northeast Brazil. **Tropical Bryology**, v. 7, p. 55-70, 1993.
- AHTI, T.; PINO-BODAS, R.; STENROOS, S. *Cladonia corymbescens* consists of two species. **Mycotaxon**, v. 130, p. 91-103, 2015.
- AINSWORTH, G, C.; BISBY, G, R.; KIRK, P, M. **Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi. 10th ed.** Wallingford, Oxon, UK: CABI. 2008.
- ARAUJO, D, S, D. Vegetation types of sandy coastal plains of tropical Brazil: a first approximation. In SEELIGER, U. (ed.), Coastal plant communities of Latin America. **Academic Press**. San Diego, p. 337-347, 1992.
- AVIDEPA (Associação Vila-Velhense de Proteção Ambiental), Zoneamento Ambiental Reserva Ecológica de Jacarenema Vila Velha – ES. **Diagnostico Ambiental, Flora**. Vila Velha, Espírito Santo, 40 p, 2002.
- BRAKO, L. *Phyllopsora* (*Bacidiaceae*). - Flora Neotropica, 55, New York Botanical Garden, **Organization for Flora Neotropica**, Bronx, NY. 66 pp, 1991.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 13 de maio de 2002. Dispõe dos parâmetros, definições e

limites de Área de Preservação Permanente. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**. p. 68-70, 2002.

BRAZ, D, M.; JACQUES, E, L.; SOMNER, G, V.; SYLVESTRE, L, S.; ROSA, M, M, T.; PEREIRA-MOURA, M, V, L.; GERMANO FILHO, P.; COUTO, A, V, S.; AMORIM, T, A. Restinga de Praia das Neves, ES, Brasil: caracterização fitofisionômica, florística e conservação. Rio de Janeiro. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, p. 315-351, 2013.

BRODO, I, M.; DURAN SHARNOFF, S.; SHARNOFF, S. 2001. **Lichens of North America**. Yale University Press, New Haven & London.

BROWNE, P. **The civil and the natural history of Jamaica**. 1756. Disponível em: <<http://www.biodiversitylibrary.org/item/42074#page/3/mode/1up>>. Acesso em: 12/07/2015.

BÜDEL, B.; WEBER, H-M.; POREMBSKI, S.; BERTHLOTT, W.; Cyanobacteria of inselbergs in the Atlantic rainforest zone of eastern Brazil. **Phycologia**, v. 41, n. 5, p. 498-506, 2002.

CHARNEI, A, M. **Cladoniaceae (Ascomycota liquenizados) em ambientes de altitude da serra do mar no sul do brasil**. Dissertação de (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

COLODETE, M, F. **Influência da estrutura vegetal sobre a diversidade de espécies em cinco restingas de formação arbustiva aberta do Espírito Santo**. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Museu Nacional do Rio de Janeiro, 315 p, 2014.

CULBERSON, C, F.; AMMANN, K. Standard method zur Dünnschichtchromatographie von Flechtensubstanzen. **Herzogia**, v. 5, p 1-24, 1979.

DAL FORNO, M.; ELIASARO, S. Two new species of *Acanthothecis* (lichenized Ascomycota) from Brazil. **Mycotaxon**, v. 119, p. 43-47, 2009.

DAL FORNO, M.; ELIASARO, S. Four new species of *Graphis* (*Ostropales: Graphidaceae*) from Brazil. **The Lichenologist**, v. 42, n. 1, p. 77–81, 2010a.

DAL FORNO, M.; ELIASARO, S. Two new species of *Graphidaceae* (Lichenized Ascomycota) from Brazil. **Mycotaxon**, v. 112, p. 15-20, 2010b.

DES ABBAYES, H. Revision monographique des *Cladonia* du sous-genre *Cladina* (Lichens). **Bulletin de la Societe scientifique Bretagne**, v. 16, n. 2, p. 1-154, 1939.

DILLENIIUS, J, J. **Historia Muscorum**. 1742. Disponível em: <<http://bibdigital.rjb.csic.es/ing/Libro.php?Libro=1432>>. Acesso em : 14/01/2016.

ELIX, J, A. **A catalogue of standardized chromatographic data and biosynthetic relationships for lichen substances**. Third Edition. Published by the author, Canberra, 362 p, 2014.

- FERRARO, L. I.; AHTI, T. Contribucion al conocimiento del genero *Cladonia* (*Cladoniaceae*-Liquenes) de Argentina y regiones limitrofes. **Bonplandia**, v. 6, p. 57-69, 1987.
- FEUERSTEIN, S, C.; CUNHA-DIAS, I, P, R.; APTROOT, A.; ELIASARO, E.; CÁRCERES, M, E, S. Three new *Diorygma* (*Graphidaceae*) species from Brazil, with a revised world key. **The Lichenologist**, v. 46, n. 6, p. 753–761, 2014.
- FLEIG, M.; AHTI, T.; STENROOS, S. A família *Cladoniaceae* (líquens) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Napaea**, v. 11, p. 1-29, 1995.
- FRISCH, A. Contributions towards a new systematics of the lichen family *Thelotrema*aceae I. The lichen family *Thelotrema*aceae in Africa. **Bibliotheca Lichenologica**, v. 92, p. 3-370, 2006.
- FRISCH, A.; KALB, K.: Contributions towards a new systematics of the lichen family *Thelotrema*aceae II. A monograph of *Thelotrema*aceae with a complex structure of the columella. **Bibliotheca Lichenologica**, v. 92, p. 371-516, 2006.
- GALLOWAY, D, J. Austral lichenology: 1690–2008. **New Zealand Journal of Botany**, v. 46, p. 433–521, 2008.
- GERARD, J. **The herball or General Historie of Plantes**. 1597. Disponível em: <<http://www.biodiversitylibrary.org/item/178339#page/11/mode/1up>>. Acesso em 14/01/2016
- GUMBOSKI, E, L. ***Cladonia* (*Cladoniaceae*, ascomycota liquenizados) em ambientes de restingas e costões rochosos no Paraná e Santa Catarina** - Dissertação (Mestrado em Botânica). Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- GUMBOSKI, E, L.; ELIASARO, S. Espécies de *Cladonia* P. Browne (*Cladoniaceae*, Ascomycota) do Supergrupo *Cladonia* em restingas e costões rochosos dos estados do Paraná e de Santa Catarina, Brasil. **Hoehnea**, v. 39, n. 2, p. 315-337, 2012a.
- GUMBOSKI, E, L.; ELIASARO, S. Espécies de *Cladonia* P. Browne (*Cladoniaceae*, Ascomycota) dos Supergrupos *Cocciferae*, *Crustaceae* e *Perviae* em restingas e costões rochosos dos estados do Paraná e de Santa Catarina, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 3, p.619-631, 2012b.
- GUO, S.; KASHIWADANI, H. Recent study on the phylogeny of the genus *Cladonia* (s. lat.) with the emphasis on the integrative biology. -In: Akiyama, S; Miyawaki, R. Kubodera, T. Higuchi, M (eds.): **Proceedings** of the 5th and 6th Symposia on Collection Building and Natural History Studies in Asia and the Pacific Rim. National Science Museum, Tokyo, pp. 207-225. 2004.
- HALE, M, E. JR.; CULBERSON, W, L. A fourth checklist of the lichens of the Continental United States and Canada. **The Bryologist**, v. 73, n. 3, p. 499-543, 1970.
- HAMMER, S. Development in *Cladonia ochrochlora*. **Mycologia**, v. 85, n. 1, p. 74-92, 1993.

- HAMMER, S. Variation and variability in *Cladonia* section *Perviae*. **Mycologia**, v. 88, n. 1, p. 71-79, 1996a.
- HAMMER, S. Prothallus structure in *Cladonia*. **Bryologist**, v. 99, p. 212-217, 1996b.
- HAMMER, S. Meristem growth dynamics and branching patterns in the *Cladoniaceae*. **American Journal of Botany**, v. 87, n. 1, p. 33-47, 2000.
- HAMMER, S. Lateral growth patterns in the *Cladoniaceae*. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 5, p. 788-796, 2001.
- HAMMER, S. Additions to the lichen Family *Cladoniaceae* in Australia. **The Bryologist**, v. 104, p. 560-575, 2013.
- HENRIQUES, R. P. B.; ARAUJO, D. S. D.; HAY, J. D. Descrição e classificação dos tipos de vegetação da restinga de Carapebus, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, n. 2, p. 173-189, 1986.
- HUOVINEN, K.; AHTI, T.; STENROOS, S. The composition and contents of aromatic lichen substances in *Cladonia*, section *Cocciferae*. **Annales Botanici Fennici**, v. 26, p. 133-148, 1989.
- IPEMA (Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica). Conservação da Mata Atlântica no Espírito Santo: cobertura florestal e unidades de conservação.: IPEMA, **Conservação Internacional**. Vitória. 142p, 2005.
- IEMA (Instituto Estadual do Meio Ambiente). **Plano de Manejo da APA de Conceição da Barra**. Resumo executivo, IEMA. v. 1, p. 1-48, 2014a.
- IEMA (Instituto Estadual do Meio Ambiente). **Plano de Manejo da APA de Conceição da Barra**. Flora, IEMA. v. 2, p. 463-1008, 2014b.
- INCT - **Herbário Virtual da Flora e dos Fungos**. Disponível em: <http://inct.splink.org.br>. Acesso em: 14/09/2015.
- KALB, K.; STAIGER, B.; ELIX, J. A. A monograph of a lichen genus *Diorygma* - a first attempt. Acta Univ. Ups. **Symb. Bot. Ups**, Uppsala, v. 34, n. 1, p. 133-181, 2004.
- KIRK, P. M.; CANNON, P. F.; MINTER, D. W.; STALPERS, J. A.; **Dictionary of fungi**. 10th edition. Wallingford: CAB International. 771 pp. 2008.
- KREMPELHUBER, A. **von. Geschichte und Litteratur der Lichenologie von den ältesten Zeiten bis zum Schlusse des Jahres 1865**. Selbstverlag - München. I- XI, 616 p. 1867.
- KREMPELHUBER, A. **von. Geschichte und Litteratur der Lichenologie von den ältesten Zeiten bis zum Schlusse des Jahres 1865**. Selbstverlag - München. I- VI, 776 p. 1869.
- LACERDA, L. D.; Araujo, D, S, D.; Maciel, N. C. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. In: Van der Maarel, E. (ed.) Dry Coastal Ecosystems: Africa, America, Asia and Oceania. Amsterdam, Elsevier. **Ecosystems of the World**. p. 477 - 493. 1993.

- LANI, J.L.; RESENDE, M.; REZENDE, S.B.; FEITOZA, L.R. **Atlas de ecossistemas do Espírito Santo**. GSA, SEMA, Viçosa. 504 p, 2008.
- LAUNDON, J. R. Proposal to emend *Cladonia* Hill ex Browne, 1756, nom. cons., and delete *Cladonia* Adans., 1763, nom. rej. (Ascomycetes: Lecanorales). **Taxon**, v. 33, p. 109-112. 1984.
- LEIGHTON, W, A. **The lichen-flora of Great Britain, Ireland and the Channel Islands**. 1879. Disponível em: <http://biodiversitylibrary.org/item/116439#page/7/mode/1up>. Acesso em: 12/07/2015.
- LEIGHTON, W. A. Notulae Lichenologicae. **The annals and magazine of natural history, zoology, botany and geology**, v. 18, n. 3, p.23. 1886. Disponível em: <http://biodiversitylibrary.org/page/22193238#page/423/mode/1up>. Acesso em: 12/07/2015.
- LINDSAY, W, L. **Popular history of british lichens**. London, Lovell Reeve. Londres. 1856. Disponível em: <http://www.biodiversitylibrary.org/item/155985#page/9/mode/1up>. Acesso em: 12/07/2015.
- LÜCKING, R. Foliicolous Lichenized Fungi. -. Organization for Flora Neotropica and The New York Botanical Garden Press, Bronx, New York. **Flora Neotropica Monograph**, v. 103. pp 866. 2008.
- LÜCKING, R.; KALB, K. Foliicolous lichens from Brazil (mainly Amazonia), including a checklist and notes on *Coenogonium* and *Dimerella* (*Gyalectaceae*). **Botanische Jahrbücher für Systematik**, v. 122. n. 1, p. 1-61, 2000.
- LUMBSCH, H. T.; HUHDORF, S, M. Outline of Ascomycota. **Myconet**, v. 13, p. 1-58, 2007.
- MARCELLI, M, P. Liquens das restingas e manguezais da ilha do Cardoso. **II simpósio de ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira: estrutura, função e manejo**. p. 382-392. 1990.
- MARCELLI, M, P. Aspects of foliose lichen flora of the southern central coast of São Paulo state, Brazil. **The systematic association**, v. 43, 1991.
- MARCELLI, M. P. Hystory and current knowledge of brazilian lichenology. In: MARCELLI, M. P. & SEAWARD, M. R. D. (eds.). Lichenolgy in Latin America: Hystory, current knowledge and applications, p. 25-45. **CETESB**, São Paulo. 1998.
- MARCELLI, M, P. Fungos liquenizados. *In*: Biologia de Liquens. Edited by. L. Xavier Filho, M, E. Legaz, C, V. Cordoba and E. C. Pereira. Rio de Janeiro. **Âmbito Cultural Edições Ltda**. p. 205-520. 2006.
- MARTIN, W. Chemical aids to species recognition in the lichen genus *Cladonia*. **Tuatara**, v. 19, n. 1, 1971.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J, M, L.; FLEXOR, J, M. Geologia do quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Belo Horizonte. **CPRM/FAPESP**. 112 p, 1997.

- MENEZES, L, F, T.; ARAUJO, D, S, D. Formações vegetais da Restinga da Marambaia. In: Menezes, L.F.T.; Peixoto; A.L. & Araujo, D.S.D. (orgs.). História natural da Marambaia. Seropédica, **Ed. da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**. p. 67-120. 2005.
- MOREIRA, A, A, N.; CAMELIER, C. Relevô. Geografia do Brasil, Região Sudeste, Rio de Janeiro. **IBGE**. v. 3, p. 10, 1977.
- MÜLLER, A, J. **Lichenologische Beiträge**. Flora. v. 64, p. 81-88, 1881.
- MYCOBANK. Mycobank, fungal databases, nomenclature & species banks. Disponível em: <<http://www.mycobank.org/>>, Acesso em: 25/08/2015.
- ORANGE, A.; JAMES, P, W.; WHITE, F. J. Microchemical Methods for the Identification of Lichens. **British Lichen Society**. p.101, 2001.
- OSORIO, H, S.; FLEIG, M. Contribution to the lichen flora of Brazil. XXI. Lichens from Morro Santana, Rio Grande do Sul State. **Comunicaciones Botánicas del Museo de Historia Natural de Montevideo**, v. 5, p. 1-3, 1988.
- OTT, S.; MECHMANN, A.; JHANS, H M. Rhizine strands in *Cladonia sulphurina* (Minchx.) Fr. **Symbiosis**, v. 15, p. 151-164, 1993.
- OSY CZKA, P.; ROLA, K. Phenotypic plasticity of primary thallus in selected *Cladonia* species (lichenized Ascomycota: *Cladoniaceae*). **Versita**, Institute of Botany, Slovak Academy of Sciences, v. 68, n. 3, p. 365-372, 2013.
- PARKINSON, J. Paradise in Sole, Paradisus Terrestris. 1629. London, Methuen & co. Disponível em: <<http://www.biodiversitylibrary.org/item/65822#page/7/mode/1up>>. Acesso em: 12/07/2015.
- PARNMEN, S.; LUMBSCH, H, T. New combinations in the genus *Cladia*. Short communication. **The Lichenologist**, v. 44, n. 2, p. 297-298, 2012.
- PARNMEN, S.; RANGSURUJI, A.; MONGKOLSUK, P.; AHTI, T. Phylogenetics in the genus *Cladonia* (*Cladoniaceae*) in northern and northeastern Thailand. **Sauteria**, 15: p. 385-402, 2008.
- PARNMEN, S.; RANGSURUJI, A.; MONGKOLSUK, P.; BOONPRAGOB, K.; ELIX, J, A.; LUMBSCH, H, T. Morphological disparity in Cladoniaceae: The foliose genus *Heterodea* evolved from fruticose *Cladia* species (Lecanorales, lichenized Ascomycota). **Taxon**, v. 59, n. 3, p. 841-849, 2010.
- PEREIRA, O, J. Caracterização fisionômica da restinga de Setiba, Guarapari, ES. Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul-Sudeste Brasileira, Águas de Lindóia, SP. **Anais Academia Ciências do estado de São Paulo**. p. 207-219, 1990.
- PEREIRA, O, J.; ARAÚJO, D, S, D. Estrutura da vegetação de entre moitas da formação aberta de *Ericaceae*, no Parque Estadual de Setiba - Espírito Santo. **Oecologia Brasiliensis**, p. 245-257, 1995.
- PINO-BODAS, R.; BURGAZ, A, R.; MARTÍN, M, P.; LUMBSCH, H, T. Phenotypical plasticity and homoplasmy complicate species delimitation in the *Cladonia gracilis* group (*Cladoniaceae*, Ascomycota). **Org Divers Evol**, v.11, p. 343-355, 2011.

PINO-BODAS, R.; BURGAZ, A, R.; MARTÍN, M, P.; LUMBSCH, H, T. Species delimitations in the *Cladonia cariosa* group (*Cladoniaceae*, Ascomycota). **The lichenologist**, v. 44, n. 1. p. 121–135, 2012.

PINO-BODAS, R.; AHTI, T.; STENROOS, S.; MARTÍN, M, P.; BURGAZ, A, R. Multilocus approach to species recognition in the *Cladonia humilis* complex (*Cladoniaceae*, ascomycota). **American Journal of Botany**, v.100, n. 4, p. 000-000, 2013.

REDINGER, K. Neue und wenig bekannte Flechten aus Brasilien. **Hedwigia**, .v. 73, p. 54-67, 1933.

RUOSS, E.; AHTI, T. Systematics of some reindeer lichens (*Cladonia* subg. *Cladina*) in the southern hemisphere. **Lichenologist**, v. 21, n. 1, p. 29-44, 1989.

SANTESSON, R. The South American Cladinae. **Arkiv för Botanik 30^a**, v.10, p. 1-27, 1942.

SCHULTZ, M.; APTROOT A. Notes on poorly known, small cyanobacterial lichens from predominantly wet tropical to subtropical regions. Notizen über kaum bekannte, kleine cyanobakterielle Flechten überwiegend aus den feuchten Tropen und Subtropen. **Sauteria**, v.15, p. 433-458, 2008.

SCHULTZ, M.; BÜDEL, B.; POREMBSKI, S. *Thyrea porphyrella*, a new species of the Lichinaceae from inselbergs in tropical South America. **Lichenologist**, v. 33, n. 3, p, 211-214, 2001.

SILVA, J.G.; SOMNNER, G.V. A. vegetação de restinga na Barra de Maricá. In Restingas: Origem, Estrutura, Processos. , Niterói. **CEUFF**, p. 217-225, 1984.

SIPMAN, H.; AHTI, T. Provisional illustrated key to the lichen genus *Cladonia* (incl. *Carassea*) in SW Brazil. 2013. Disponível em: <<http://www.bgbm.fuberlin.de/sipman/Zschackia/Brazil/Cladonia.htm>>. Acesso em: 13/07/2015.

SIPMAN, H, J, M.; APTROOT, A. Results of a botanical expedition to Mount Roraima, Guyana. II. Lichens. **Tropical Bryology**, v. 5, p. 79-108, 1992.

SMITH, A, L. **Lichens**. University Press. 1921. Disponível em: <<http://www.biodiversitylibrary.org/item/57246#page/7/mode/1up>>. Acesso em: 12/07/2015.

STAIGER, B: *Die Flechtenfamilie Graphidaceae. Studien in Richtung einer natürlicheren Gliederung*. **Bibliotheca Lichenologica**, 85, J. Cramer, Berlin, Stuttgart. 526 p, 2002.

STENROOS, S.; AHTI, T.; HYVÖNEN, J. Phylogenetic analysis of the genera *Cladonia* and *Cladina* (*Cladoniaceae*, lichenized Ascomycota). **Plant Systematics and Evolution**, v. 207, p. 43–58, 1997.

STENROOS, S.; HYVONEN, J.; MYLLYS, L.; THELL, A.; AHTI, T. Phylogeny of the Genus *Cladonia* s.lat. (*Cladoniaceae*, Ascomycetes) Inferred from Molecular, Morphological, and Chemical Data. **Cladistics**, v. 18, p. 237–278, 2002a.

STENROOS, S.; MYLLYS, L.; THELL, A.; HYVÖNEN, J. Phylogenetic hypotheses: *Cladoniaceae*, *Stereocaulaceae*, *Baeomycetaceae*, and *Icmadophilaceae* revisited. **Mycological Progress**, v. 1, n. 3, p. 267–282, 2002b.

SUGUIO, K.; TESSLER, M.G. Planícies de cordões litorâneos Quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R. & TURC, B. (orgs.). Restingas: origem, estrutura e processos. **CEUFF**. Niterói, p. 15-25, 1984.

TAYLOR, C, J. **The lichens of Ohio. Part I. Foliose Lichens.** The Ohio Biological Survey, The Ohio State University Press, Columbia, 1967.

TAYLOR, C, J. **The lichens of Ohio. Part II. The Fruticose and dimorphic Lichens.** The Ohio Biological Survey, The Ohio State University Press, Columbia, 1968.

VAINIO, E. A. **Monographia Cladoniarum universalis. II.** Acta Societatis Pro Flora Et Fauna Fennica, v. 10, 498 pp., 1894.

CAPÍTULO 1

Submetido à *Brazilian Journal of Botany*

Cladonia P. Browne (Lichenized Ascomycota) from the restinga vegetation of Espírito Santo, Brazil: Supergroups *Cladonia* and *Cocciferae*

CARLOS AUGUSTO VIDIGAL FRAGA-JUNIOR^{1*}, EMERSON LUIZ GUMBOSKI² & SIONARA ELIASARO¹

Running title: Supergroups *Cladonia* and *Cocciferae* in Espírito Santo

¹Universidade Federal do Paraná, Departamento de Botânica, Curitiba, CEP 81531-980, PR,
²Universidade da Região de Joinville, Departamento de Ciências Biológicas, Joinville, CEP

89219-710, SC, BRAZIL.

* Corresponding author's email: carlos.vidigal@hotmail.com

Abstract

(*Cladonia* P. Browne (Lichenized Ascomycota) from restinga vegetation of Espírito Santo state, Brazil: Supergroups *Cocciferae* and *Cladonia*). This paper deals with 15 species of the genus *Cladonia*, from the restinga vegetation of Espírito Santo, six belonging to the Supergroup *Cocciferae* and nine to the Supergroup *Cladonia*. *Cladonia tuberosa* Fraga-Junior, Gumboski & Eliasaro is described as new to science. *Cladonia corallifera* (Kunze) Nyl, *C. crustacea* Ahti, *C. subminiata* S. Stenroos, *C. pityrophylla* Nyl., and *C. polyscypha* Ahti & L. Xavier are new records for the state. Identification key, comments and illustrations are provided.

Keywords: Atlantic rainforest, Cladoniaceae, lichenized fungi, taxonomy, white sand vegetation

Introduction

The Brazilian restingas exhibits an abundant and diverse lichenobiota, being *Cladonia* P. Browne among its most representative components (Marcelli 1998). Data about this genus in coastal environments can be found in Ahti et al. (1993), Ahti & Marcelli (1995), Ahti (2000), Gumboski & Eliasaro (2011), Gumboski & Eliasaro (2012a, b) and Gumboski et al. (2013). However, there are few records from Espírito Santo state, which up to date, only 23 *Cladonia* species were reported to the entire state, while about 118 species are reported to Brazil (Ahti 2000, Gumboski & Eliasaro 2011, Ahti & Sipman 2013, Gumboski et al. 2013, Charnei 2013). For the restinga vegetation, only six species of Supergroup *Cladonia* and three of *Cocciferae* are known (Ahti et al. 1993, Ahti 2000).

The Supergroup *Cladonia* have quite diverse thallus morphology, with podetia ranging from simple to much branched, however, always with closed axils and brown hymenial discs. The production of depsides and depsidones such as atranorin and fumarprotocetraric acids are diagnostic for this group (Ahti 2000, Stenroos et al. 2002). The Supergroup *Cocciferae* is characterized by the red hymenial discs, and occasionally by the yellowed medulla, also by the production of dibenzofurans and β -orcinol depsides (Huovinen et al. 1989, Stenroos et al. 2002).

So far, we aimed to investigate the diversity of species of *Cladonia* present in the Espírito Santo state coast, characterizing their morphology, chemistry and some ecological features.

Material and methods

The survey was conducted in restinga vegetation on the coast of Espírito Santo state, with the northern boundary established in the coordinates 18°28'S, and 21°15'S (Fig. 1). The climate, according to Köppen's classification is tropical hot and humid (Aw), with hot and rainy summers and dry and not rigorous winters (Pereira & Araujo 1995). The collections were held

in eight locations (Fig. 1), which from north to south are: Conceição da Barra: Itaúnas State Park (PEI) (18° 20' S and 39° 42' W), and Environmental Protection Area of Conceição da Barra (APACB) (18° 39' 28.5" S and 39° 47' 04.9" W); Linhares, Regência municipality (19° 39' 38.1" S and 39° 52' 24.2" W); Vila Velha: Municipal Natural Park of Jacarenema (PNMJ) (20° 26' 25" S and 40° 18' 45"W), Guarapari, Setiba municipality: Paulo Cesar Vinha State Park (PEPCV) (20° 33'S and 40° 23' W), and Environmental Protection Area of Setiba (APAS) (20° 34' 42.6"S and 40° 25' 27.1" W); Itaóca: areial Rui Barbosa (20° 56' 06" S and 40°49' 03" W); Presidente Kennedy: praia das neves (21° 14' 35 .35" S and 40° 56' 48.68" W). Specimens were collected at random displacement and herborized following the usual methodology in lichenology (Brodo et al. 2001), and were deposited at the Herbarium of the Federal University of Paraná (UPCB) and Federal University of Rio Grande do Sul (ICN). Herbarium specimens loans were from Herbarium of Botanical Intitute of São Paulo (IBT). The morphological and anatomical analyzes were performed under dissecting and light microscopes using standard microscopic techniques. For the identification of lichen substances, spot tests (K, C, and KC), thin layer chromatography (TLC) with the solvent system C, as well as observation under UV light were conducted (Orange et al. 2001, Elix 2014).

Results and discussion

Six species belonging to the Supergroup *Cocciferae* were indentified: *Cladonia corallifera* (Kunze) Nyl., *C. crustacea* Ahti, *C. subminiata* S. Stenroos, that are new records for the state, and *C. didyma* (Fée) Vain, *C. macilenta* Hoffm., and *C. secundana* Nyl. For the Supergroup *Cladonia*, nine species were recognized, one of them, *C. tuberosa* Fraga-Junior, Gumboski & Eliasaro is described as new to science. Two species are new records for the state: *C. pityrophylla* Nyl. and *C. polyscypha* Ahti & L. Xavier. The others had been cited by Ahti

(2000) to the state: *C. cartilaginea* Müll. Arg., *C. clathrata* Ahti & L. Xavier, *C. furfuracea* Vain., *C. subradiata* (Vain.) Sandst., *C. subsquamosa* Kremp. and *C. verticillaris* (Raddi) Fr.

We extended from six to nine and three to six the number of known species of the Supergroups *Cladonia* and *Cocciferae* respectively, for the Espírito Santo state restinga. Thus, we do not confirm the local occurrence of *C. coccifera* (L.) Willd..

Artificial key to *Cladonia* species of Supergroups *Cladonia* and *Cocciferae* from restinga vegetation of Espírito Santo state.

1. Hymenial disc and pycnidia red, hypothallus yellow (Supergroup *Cocciferae*)
 2. Primary thallus persistent, predominant, podetia short and often scarce
 3. Primary squamules sorediate at margins 6.*C. crustacea*
 - 3'. Primary squamules esorediate
 4. Podetia yellowish green, phyllopodial 13.*C. subminiata*
 - 4'. Podetia browned, laminal to marginal on primary squamules 12.*C. secundana*
 - 2'. Primary thallus somewhat evanescent, podetia fairly long and abundant
 5. Subulate podetia
 6. Podetia more equally cylindrical, with farinose soredia little squamulose
..... 9.*C. macilenta*
 - 6'. Podetia more thickened around the base, with granulose soredia, granules and usually with many microsquamules 7.*C. didyma*
 - 5'. Scyphose podetia 5.*C. corallifera*
- 1'. Hymenial discs and pycnidia brown, hypothallus brown (Supergroup *Cladonia*)
 7. Primary thallus persistent, larger than podetia 10.*C. pityrophylla*
 - 7'. Primary thallus somewhat evanescent, smaller than podetia
 8. Podetia with verticillate scyphi (proliferating from the center)
 9. Podetia short (up to 3 cm), scyphi clathrate, margins dentate 3.*C. clathrata*

- 9'. Podetia tall (> 3 cm), scyphi not clathrate, margins lacerate 16.*C. verticillaris*
- 8'. Podetia not proliferating from the center.
10. Regularly scyphose podetia
11. Soredial layer forming conspicuous tuberculate protuberances
..... 1.*C. tuberosa*
- 11'. Soredial layer not forming protuberances
12. Podetia shortish (up to 1.5 cm), fairly wide scyphi (up to 8 mm wide)
..... 15.*C. subsquamosa*
- 12'. Podetia elongated (1.0–2.5 cm), narrow scyphi (up to 2.5 mm wide)
..... 11.*C. polyscypha*
- 10'. Podetia ascyphose to narrowly scyphose
13. Podetia esorediate, rather with reflexed to isidioid squamules throughout, usually scyphoid to scyphose apex 8.*C. furfuracea*
- 13'. Podetia sorediate, ascyphose to narrowly scyphose when developed
14. Podetia sorediate, usually with microsquamules around the base, with an arachnoid white medulla, subulate or scyphoid apex when developed
..... 14.*C. subradiata*
- 14'. Podetia granulose sorediate, phyllidiate, whitout medulla, never scyphose
..... 2.*C. cartilaginea*

The species

1.*Cladonia tuberosa* Fraga-Junior, Gumboski & Eliasaro *sp. nov.*

Fig. 2.A; B; C.

Mycobank No: XXXxxx

Diagnosis: Podetia completely ecorticate, with a thick farinose to granulose soredial layer forming conspicuous protuberances throughout, bent scyphi when proliferating, with botryose hymenial discs. Contains fumarprotocetratic acid only.

Etymology: The epithet refers to the tuberculate protuberances formed by soredia.

Type: Brazil. Espírito Santo: Conceição da Barra, PEI: *Fraga Jr 576* (UPCB–holotype; ICN–isotype).

Description: Primary thallus evanescent, squamules lacinate, often imbricate and ascendant, 1.5 (–3.5) × 0.5 (–2) mm; upper surface greenish gray, smooth, slightly glossy, usually maculate; margins smooth to little incised, without propagules; lower surface white, somewhat veined, with brown streaks near the base, slightly arachnoid. *Anatomy:* cortex 25–50 µm; medulla 45–80 µm. Secondary thallus frequent, 0.9–2.0 cm tall, 0.5–1.5 mm thick, podetia scyphose (1–2.5 mm wide), scyphi often laterally bends and almost disappear when proliferating, occasionally little dentate; podetia usually simple, occasionally dichotomic branched; surface greenish grey, ecorticate, usually covered by thick layer of farinose to granulose soredia, about 2 mm thick, forming distinct hemispherical and compact tuberculae of soredia along the podetia, 1–3 mm wide, squamules present near the base or hymenial discs; base of podetia not clearly melanotic; pycnidia uncommon, marginally on scyphi, cylindrical to subglobose, brown to black, immature, slime not seen, presumably hyaline; hymenial discs common, brown, apical, botryose, stipitate; ascospores fusiform, 10 × 3 µm. *Anatomy:* cortex absent, medulla (25) 50–70 µm, stereome hyaline to browned, 100–130 µm, inner surface grooved.

Chemistry: K–; C–; KC–; UV–; TLC: fumarprotocetratic acid.

This species is characterized by the simple, rarely little branched and completely ecorticate podetia, often covered by a thick layer of soredia which forms distinct hemispherical tuberculate protuberances throughout, apices with stipitate and botryose hymenial discs,

besides the production of fumarprotocetraric acid. The presence of these soredial turbeculae turns this species remarkable, feature absent in all other species occurring in the Brazilian restinga.

Cladonia tuberosa was firstly confused with *C. dactylota* Tuck. by the presence of tuberculate soralia, but *C. dactylota* exhibits cortex, and usually produces psoromic and 2-O-dimethylpsoromic acids (Ahti 2000), both absent in *C. tuberosa*. This species in some aspects resembles *C. polyscypha*, by the narrow scyphose, ecorticate and sorediate podetia, besides the presence of fumarprotocetraric acid, however, *C. polyscypha* have a corticate base of podetia and a smaller secondary thallus.

It was found only in Northern Espírito Santo, colonizing litter or sand, among mosses and around a base of a shrub in a fairly shaded area. Due its morphological and chemical features, this species should be treated under the Supergroup *Cladonia*.

2. *Cladonia cartilaginea* Müll. Arg., Flora 63 (17): 260 (1880)

Fig. 3 A

Description: Vainio (1894), Ahti (2000).

Chemistry: K+ yellow; C-; KC-; UV-.

Cladonia cartilaginea is defined by the subulate, ecorticate podetia, with a hard stereome, covered mainly by granulose soredia and phyllidia (Vainio 1894, Ahti 2000). In this study, we found specimens with fumarprotocetraric (*C. A. V. Fraga Jr 433a*) or homosekikaic acid (*C. A. V. Fraga Jr 412*). The fumarprotocetraric acid is quite common in this species, however the occurrence of homosekikaic acid is rare, having been detected only by Ahti (2000) in a Brazilian sample, and associated with related compounds of fumarprotocetraric acid. We did not detect any significative morphological differences between the specimens, though we consider this case as intraspecific variation.

This species is similar to *C. subradiata*, which also occurs in the coast of the state, however this one occasionally exhibits a narrow schyphi (1–2 mm wide) when developed, also a white medulla and conspicuous microsquamules around the base of the podetia (Ahti & Kashiwadani 1984). It is also similar to *C. corymbites* (Nyl.) and *C. corniculata* Ahti & Kashiw., differing from the first by its crenulated microsquamules (Ahti 2000) and from the second one by its larger (2–6 cm) and farinosely soresiate podetia (Ahti & Hammer 2002). The analyzed specimens occurred in sandy soil intermingled or not by mosses in shaded areas on the edges of shrubs.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Vila Velha, PNMJ, 24-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 412, 433a (UPCB). Presidente Kennedy, praia das neves, 15-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 271 (UPCB).

3. *Cladonia clathrata* Ahti & L. Xavier, Trop. Bryol. 7: 58 (1993)

Fig. 3 B

Description: Ahti & Marcelli (1995), Ahti (2000).

Chemistry: K⁺ yellow; C⁻; KC⁻; UV⁻.

Cladonia clathrata belongs to the *C. verticillaris* complex, and is recognizable by their small size (up to 3 cm), the distinct clathrate scyphi (i.e. perforated) and by the felty surface of podetia (Ahti et al. 1993, Ahti 2000). It is similar to *C. rappii* A. Evans, which differs by not having the perforated scyphi, and also has a strong melanotic base (Ahti & Marcelli 1995).

Ahti & Marcelli (1995) and Charnei & Eliasaro (2013) have detailed discussions and descriptions for the species of the *C. verticillaris* complex.

Besides the shape and size of spores in *Cladonia* be fairly constant, here we describe it, wich is 8–10 x 3 µm. We also observed a distinc crenulate cortex in the primary squamules, characteristic not reported so far.

It is present in almost all coast of the state, mainly on sand in exposed areas or edges of brushwood, also growing mixed with mosses of Dicranaceae family.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. *Fraga Jr 512* (UPCB); APACB, 28-I-2015, C. A. V. *Fraga Jr 594* (UPCB). Vila Velha, PNMJ, 24-II-2015, C. A. V. *Fraga Jr 456* (UPCB); Guarapari, PEPCV, 10-II-2015, C. A. V. *Fraga Jr 347, 360* (UPCB). Itaóca, areial Rui Barbosa, 16-I-2015, C. A. V. *Fraga Jr 728* (UPCB).

5. *Cladonia corallifera* (Kunze) Nyl., Flora 57: 70 (1874)

Fig. 3 C

Description: Stenroos (1989c), Ahti (2000).

Chemistry: K⁺ yellow; C⁻; KC⁻; UV⁻.

Cladonia corallifera is characterized by exhibiting a yellowish short podetia (up to 1.5 cm), regularly scyphose and granulose sorediate and often squamulose, having a diverse secondary chemistry (thamnolic, decarboxythamnolic, didymic and usnic acids), occurring mainly in sandy environments of fluvial origin of northern Brazil (Stenroos 1989c, Ahti 2000). In the specimens from the study area we also found three unidentified compounds with R_fc approximately 34, 38 and 56, also 3 α -hydroxybarbatic and squamatic acids.

Cladonia mollis Ahti & Sipman and *C. prancei* Ahti can be confused with *C. corallifera* by occurring in similar environments and by having an ecorticate, scyphose podetia, farinosely to granulose sorediate. However, both have usually larger podetia (1.0–3.0 cm), with narrower scyphi (1–4 mm) (Ahti 2000; Ahti & Sipman 2013).

Cladonia corallifera is morphologically very similar to *C. coccifera*, differing primarily in the secondary metabolites. *Cladonia coccifera* produces porphyritic acid and zeorin, which is absent in *C. corallifera* (Stenroos 1989 b, c; Ahti 2000).

Ahti (2000) recorded *C. coccifera* from restinga vegetation of Espírito Santo, although in his same work, most of the other specimens are mentioned from highlands, except the collections from Espírito Santo and Bahia states. We did not find *C. coccifera* in the fieldwork and, unfortunately, we did not have access to the material mentioned in Ahti (2000) for comparison. Thus, we could not confirm its occurrence to the restinga vegetation of Espírito Santo.

Ahti (2000) considered *C. coccifera* complex a group with complicated taxonomy, presenting morphological variations difficult to interpret. The majority of the analyzed samples correspond to the chemotype II (usnic and thamnolic acids), and only one to chemotype I (usnic, thamnolic and didymic acids) mentioned by Ahti (2000). However, in both cases in our samples, the 3 α -hidroxybarbatic and decarboxythamnolic acids are often present, compounds not yet reported. Despite showing a wide variety in the composition of its secondary metabolites, weren't noticed any significant morphological correlation.

In the field, *C. corallifera* was found mainly on white sand or on dry wood, in well-lit environments such as in open shrub formations, forming yellow colonies, growing alone or with *C. polystomata* Ahti & Sipman, *C. subradiata* (Vain.) Sandst., *C. didyma* (Fée) Vain. and *C. polyscypha* Ahti & L. Xavier. It is mainly reported for northern Brazil (Ahti 2000), being a new record for Espírito Santo State.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 509, 575 (UPCB); APACB, 28-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 598 (UPCB). Vila Velha, PNMJ, 24-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 430 (UPCB). Guarapari, PEPCV, 10-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 297, 346 (UPCB); APAS, 02-III-2015, C. A. V. Fraga Jr 672, 661, 669 (UPCB). Itaóca, areial Rui Barbosa, 16-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 725, 730 (UPCB). Presidente Kennedy, praia das neves, 14-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 221 (UPCB).

6. *Cladonia crustacea* Ahti, Flora 78: 191 (2000)

Fig. 3 D

Description: Ahti (2000).

Chemistry: K⁺ yellow; C⁻; KC⁻; UV⁻.

Cladonia crustacea is defined by the abundantly sorediate margins of squamules, forming a subcrustose coverage, hardly bearing an inconspicuous podetia (up to 5 mm tall), producing thamnolic and decarboxythamnolic acids (Ahti 2000). In the collected material, it also produces an unidentified compound with R_fc approximately 47.

It is similar to *C. ahtii* S. Stenroos and *C. miniata* G. Meyer by having the margin of squamules sorediate, but differs from *C. ahtii* by exhibiting corticate podetia and from *C. miniata* by the colour of medulla, which is orange. Also, both occur in higher altitude environments (Stenroos 1989a, Ahti 2000). It is also morphologically similar to *C.*

hypoxantha Tuck., however, in this case, the squamules are more lacinate and not abundantly sorediate (Ahti 2000).

It is an inconspicuous species and essentially corticolous/lignicolous, forming powdery crusts easily overlooked. It was found above 50 cm from the ground in an arboretum in open shrub formation. This is the first record for the Espírito Santo state.

Selected specimens examined: BRAZIL. Espírito Santo: Vila Velha, PNMJ, 24-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 440a, 439a, 451b (UPCB).

7. *Cladonia didyma* (Fée) Vain., Acta Soc. Fauna Fl. Fenn. 4: 137 (1887)

Fig. 3 E

Description: Vainio (1887), Ahti (2000).

Chemistry: K⁺ yellow or - ; C⁻; KC⁻; UV⁻.

Cladonia didyma is defined by its ecorticate and subulate podetia, ascyphose, with a granulose to squamulose covering, without soredia (Vainio 1887, Fleig et al. 1995) and also, by the production of barbatic and didymic acids (Ahti 2000). We also found related compounds such as: condidymic, subdidymic, thamnolic and decarboxythamnolic acids. Two unidentified compounds with Rf approximately 30 and 34 were detected in the studied specimens.

According to Gumboski & Eliasaro (2012b), *C. didyma* may comprise a complex of species due to some morphological differences in the populations that they studied. The specimens included here as *C. didyma* also exhibit some morphological variations, such a melanotic stereome in some specimens, and farinose soredia with granules and squamules. In addition, the specimen *C. A. V. Fraga Jr 557*, in section of podetia, was observed a clearly pellucid central canal with yellow hyphae. Thus, phylogenetic analysis using molecular data are required to elucidate if the different populations of *C. didyma* comprises or not a complex of different species, and also to delimit the values of the taxonomic characters.

Cladonia didyma is a very similar species to *C. macilenta* by the subulate, ecorticate podetia, and by production of the same secondary metabolites (Ahti 2000). However, *C. didyma* differs from *C. macilenta* by having more granulose/squamulose podetia, leaving an exposed stereome. It was observed that the podetia of *C. didyma* are somewhat more robust than *C. macilenta*, and usually have a squamule ring around the hymenial discs.

When the hymenial discs and pycnidia are absent, *C. didyma* can be confused with *C. cartilaginea* or even with young specimens of *C. furfuracea*, by presenting an ecorticate surface and subulate podetia. However, both species produces related compounds with fumarprotocetraric acid, and *C. furfuracea* is usually scyphose (Ahti 2000, Gumboski & Eliasaro 2012a, b).

This is one of the most common *Cladonia* species along the Espírito Santo restingas, occurring throughout the coast, colonizing sand, termite hills, litter and dead branches. It occurs in open areas or edges of bushes, seldom or together with *C. subradiata*, *C. subsquamosa*, and *C. furfuracea*.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 557 (UPCB). Vila Velha, PNMJ, 24-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 431, (UPCB). Guarapari, PEPCV, 13-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 315a (UPCB); APAS, 23-VII-2015, C. A. V. Fraga Jr 904 (UPCB). Itaóca, areial do Rui Barbosa, 16-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 701 (UPCB). Presidente Kennedy, praia das neves, 14-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 203, 220, 248 (UPCB).

8. *Cladonia furfuracea* Vain. Acta Soc. pro Fauna Fl. Fenn. 10: 375 (1894)

Fig. 3 F

Description: Vainio (1894), Ahti (2000).

Chemistry: K⁺ yellow or -; C⁻; KC⁻; UV⁻.

This species can be distinguished by the ecorticate, esorediate and usually scyphose podetia, 3–6 (8) cm tall, often with a bare stereome, covered by some corticated verruculae (Vainio 1894, Fleig et al. 1995), and reflexed isidioid squamules, producing fumarprotocetraric acid (Fleig et al. 1995, Ahti 2000, Stenroos et al. 2002).

Cladonia furfuraceoides Ahti & Sipman is very similar but is smaller (1-3 cm tall) than *C. furfuracea*, and exhibits strongly melanotic base of podetia and elongated podetial squamules (Stenroos et al. 2002). In this study, some specimens also exhibited melanotic base (ca. 15%), mainly in buried parts. The podetial squamules, ranged from isidioid to clearly flattened, elongated and reflexed, and the secondary thallus hardly reached 3 cm tall. Such characteristics approach to the description of *C. furfuraceoides*. However, we believe that

these variations can be led by environmental conditions, since the thalus size of *C. furfuracea* seems to increase with altitude (Charnei & Eliasaro 2014), whereas is smaller in coastal environments. These variations deserve further investigations with support of molecular data to evaluate the range of its phenotypic plasticity and of its taxonomical characters.

Cladonia polystomata Ahti & Sipmann is a similar species and have an ecorticate, esorediate podetia with squamules and, in field, both can occur together. However, *C. polystomata* usually have funnels and open axils, producing thamnolic acid and related compounds (Ahti 2000).

It is a common species along the coast, growing on sand at edge of shrubs, eventually growing together with *C. clathrata* and *C. subradiata*.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 578 (UPCB); APACB, 28-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 638 (UPCB). Vila Velha, PNMJ, 24-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 421, 435 (UPCB). Guarapari, PEPCV, 10-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 316, 352, 369 (UPCB). APAS, 02-III-2015, C. A. V. Fraga Jr 660, 664 (UPCB). Itaóca, areial Rui Barbosa, 16-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 685a (UPCB). Presidente Kennedy, praia das neves, 14-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 253b (UPCB).

9. *Cladonia macilenta* Hoffm., Deutschl. Fl. 2: 126 (1796)

Fig. 3 G

Description: Vainio (1887), Ahti (2000).

Chemistry: K+ yellow; C-; KC-; UV-.

The diagnostic characters of *C. macilenta* are the cylindrical, ecorticate and always ascyphose podetia, covered by a farinose soledia (Vainio 1887), and producing of barbatic, didymic and thamnolic acids (Ahti 2000). In the analyzed specimens also were found the related compounds: condidymic and subdidymic acids.

It is morphologically and chemically close to *C. didyma*, being difficult to interpret their morphological characters (see under *C. didyma*). The analyzed specimens displayed a more slender podetia and usually proportionally cylindrical. Also, the whorl of squamules below of the hymenial discs is absent. It was noticed a tendency for the hymenial discs to be simple, flattened, and often with a central perforation (not funnel), rather than agglomerate, like in *C. didyma*. It was also observed the presence of granular soredia and few granules, but in a lesser extent to farinose soredia. *Cladonia macilentoides* Ahti & Fleig is also very similar to *C. macilenta*, but, it presents a more robust morphology, exhibiting larger podetia (3–5 cm), with acuminate apex, with more branched tendency (Fleig et al. 1995). Although, *C. macilentoides* does not produce both barbatic and didymic acids, which are present in *C. macilenta* (Ahti 2000). When sterile, it may be confused with *C. subradiata*, by its slender, ecorticate and subulate podetia, differing by their secondary metabolites, and the later schyphoid apex in *C. subradiata*. *Cladonia macilenta* produces thamnolic and didymic acids, which is absent in *C. subradiata* (Fleig et al. 1995).

It is an inconspicuous species that occurs on litter and dead wood, rarely on sand, in fairly shaded areas. It was found mostly alone or intermixed with *C. didyma*.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Itaóca, Aerial Rui Barbosa, 16-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 690, 704b, 713 (UPCB).

10. *Cladonia pityrophylla* Nyl., Flora 57: 70 (1874)

Fig. 3 H

Description: Vainio (1894), Ahti (2000).

Chemistry: K⁺ yellow → reddish; C⁻; KC⁻; UV⁻.

Cladonia pityrophylla is characterized by the well-developed primary thallus without rhizines in the margins, laminal growing podetia, ecorticate, usually subulate, covered by

bulate to globose squamules, and by the production of fumarprotocetraric acid (Vainio 1894, Fleig et al.1995, Ahti 2000).

Cladonia ceratohpylla (Swartz) Sprengel, is a similar species, however, the podetia does not exhibit globose or bulate squamules, and also can produce atranorin (Ahti 2000). In the specimens *C. A. V. Fraga Jr 444* and *457*, we hardly found black rhizines on the margins of squamules, which we consider as a morphological variation, since other morphological and chemical characters fits the description present in Ahti (2000). *Cladonia latiloba* Ahti & Marcelli and *C. subcariosa* Nyl. are also similar because of the conspicuous squamules (Ahti 2000), but are distinguished by podetia, which in *C. latiloba* are clavate and ecorticate, and in *C. subcariosa* are corticate. Moreover, both does not have bulate squamules and generally produces atranorin, compound not found in *C. pityrophylla*.

It is a rare species in the study area, essentially arenicolous, found mostly solitary in shady places, colonizing bare sand around shrubs or even buried. This is the first record of this species for Espírito Santo.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Vila Velha, PNMJ, 24-II-2015, *C. A. V. Fraga Jr 386b, 433b, 444a, 452, 457a* (UPCB). Guarapari, PEPCV, 10-II-2015, *C. A. V. Fraga Jr 314* (UPCB).

11. *Cladonia polyscypha* Ahti & L. Xavier, Trop. Bryol. 7: 61 (1993)

Fig. 3 I

Description: Ahti et al. (1993), Ahti (2000).

Chemistry: K⁺ yellow; C⁻; KC⁻; UV⁻.

Cladonia polyscypha is characterized by the slender and ecorticate podetia, usually with a compact corticate ring around the base (Ahti 2000), often melanotic, and with a narrow scyphi, producing fumarprotocetraric acid (Ahti et al. 1993).

It is very similar to *C. subradiata*, differing by the absence of melanotic base of podetia and by the more subulate/ascyphose apex (Ahti et al. 1993). *Cladonia ramulosa* (With.) J. R. Laundon and *C. ochracea* L. Scriba are also similar, but *C. ramulosa* have more granular soredia and *C. ochracea* granules, and in both cases the base of podetia is not melanotic nor corticate (Ahti 2000, Gumboski & Eliasaro 2012a).

It was mainly found on sand, also occurring in termite hills, organic and clay soil in open areas or edges of brushwood. Found together with *C. didyma*, *C. furfuracea* and *C. subradiata*. This is the first record of this species for the Espírito Santo state.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 487 (UPCB); APACB, 28-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 588, 616 (UPCB). Linhares, Praia de Regência, 26-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 468c (UPCB). Vila Velha, PNMJ, 24-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 424c (UPCB). Guarapari, PEPCV, 10-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 299 (UPCB); APAS, 02-III-2015, C. A. V. Fraga Jr 645 (UPCB). Itaóca, areial Rui Barbosa, 16-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 704a (UPCB). Presidente Kennedy, praia das neves, 14-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 213c (UPCB).

12. *Cladonia secundana* Nyl., Flora (Regensburg) 57: 71 (1874)

Fig. 3 J

Description: Stenroos (1989a), Ahti (2000).

Chemistry: K⁺ yellow; C⁻; KC⁻; UV⁻.

Cladonia secundana is characterized by the long and deeply lacinate squamules, olive brown in color, with podetia arising laminarly or marginally (Stenroos 1989a), and by the highly variable chemistry, with about 30 reported compounds (Ahti 2000).

It is close related with *C. subminiata*, another species of the *C. miniata* complex. Both have a similar geographical distribution and gross morphology. However, in *C. subminiata* the

thallus is more yellowish due the presence of usnic acid, and the podetia are clearly phyllopodial (Ahti et al. 1993, Stenroos 1989a). The specimen *C. A. V. Fraga Jr 549* presented usnic acid, in addition to didymic, condidymic and subdidymic acids, compounds reported to *C. subminiata*. Despite this, the specimen showed a laminal to marginal podetia, with more brownish coloration, characteristics that distinguish morphologically from *C. subminiata*. We accept the aforementioned specimen as *C. secundana* based in a similar case reported by Stenroos (1989a), which also considers a specimen with a similar morphology as *C. secundana*, arguing about its highly variable chemistry.

According Ahti (2000), this species has long been confused with *C. miniata* G. Mey., but is differentiated by the color of the medula, which is red in *C. miniata*.

It is an essentially arenicolous species, found mainly buried in the white sand, leaving few parts exposed. It was recorded alone, forming inconspicuous patches on the soil, occurring in open and well lit areas.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, *C. A. V. Fraga Jr 549* (UPCB); Guarapari, PEPCV, 10-I-2015, *C. A. V. Fraga Jr 301a* (UPCB).

13. *Cladonia subminiata* S. Stenroos, Ann. Bot. Fenn. 26 (3): 256 (1989)

Fig. 3 K

Description: Stenroos (1989a), Ahti (2000).

Chemistry: K+ yellow; C-; KC-; UV-.

Cladonia subminiata is defined by the conspicuous, ascending and yellowish primary squamules, with constantly phyllopodial podetia, and by the production of usnic and didymic acids (Stenroos 1989a).

Cladonia subminiata is also included in *C. miniata* complex, and is very close to *C. secundana* (see comments under the later species).

This species forms extensive colonies on bare white sand, being highlighted by the red hymenial disc through the white sand. It was found mainly isolated, but was also registered with *C. clathrata*. This is the first record of this species for the Espírito Santo state.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 504, 518, 519, 535 (UPCB); APACB, 28-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 591(UPCB). Guarapari, PEPCV, 10-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 302, 334, 339, 365 (UPCB); APAS, 02-III-2015, C. A. V. Fraga Jr 891 (UPCB).

14. *Cladonia subradiata* (Vain.) Sandst., Abh. Naturwiss. Vereine Bremen 25 (2): 230 (1922)

Fig. 3 L

Description: Ahti (2000).

Chemistry: K⁺ yellow; C⁻; KC⁻; UV⁻.

This species is characterized by the simple to little branched, subulate and ecorticate podetia, often with squamules around the base, ascyphose to and narrowly scyphose when mature, and by the production of fumarprotocetraric acid (Ahti 2000).

This species is inconspicuous and easily confused with *C. cartilaginea* or *C. polyscypha* (see discussion on these taxa). *Cladonia subradiata* is also very similar to *C. didyma* when both do not have hymenial discs, due its ecorticate and subulate podetia, but *C. didyma* has a yellow hypothallus, and produces barbatic, didymic and thamnolic acids (Fleig et al 1995, Ahti 2000). In some cases, the later species can have a darker to melanotic podetia, which not occur in *C. subradiata*. *Cladonia corniculata* Ahti & Kashiw. is also morphologically similar but never produces scyphi and is reported mainly to highlands (Ahti 2000).

This is one of the most common species of *Cladonia* along the coast, occurring in a wide variety of substrates, like on sand, wood and termite hills, in open or shaded areas. Usually occurs together with *C. subsquamosa*, *C. didyma* and *C. polyscypha*.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. *Fraga Jr* 507, 552 (UPCB); APACB, 28-I-2015, C. A. V. *Fraga Jr* 611, 612a (UPCB). Linhares, Praia de Regência, 27-I-2015, C. A. V. *Fraga Jr* 458 (UPCB). Vila Velha, PNMJ, 24-II-2015, C. A. V. *Fraga Jr* 399 (UPCB). Guarapari, PEPCV, 10-II-2015, C. A. V. *Fraga Jr* 293 (UPCB); APAS, 23-VII-2015, C. A. V. *Fraga Jr* 882 (UPCB). Itaóca, areial Rui Barbosa, 16-I-2015, C. A. V. *Fraga Jr* 698 (UPCB). Presidente Kennedy, praia das neves, 15-I-2015, C. A. V. *Fraga Jr* 239b, 253a (UPCB).

15. *Cladonia subsquamosa* Kremp., Vidensk. Meddel. Dansk Naturhist. Foren. Kjöbenhavn 5: 336 (1873)

Fig. 4 A

Description: Ahti (2000).

Chemistry: K+ yellow or -; C-; KC-; UV-.

This species is characterized by an ecorticate and scyphose podetia, with a deciduous sorediate layer throughout, that in most cases leaves a bare stereome, and by the production of fumarprotocetraric and convirensic acid (Ahti & Kashiwadani 1984; Ahti 2000).

Cladonia chlorophaea (Sommerf.) Spreng. is morphologically similar by having an ecorticate and scyphose podetia, however, is covered mainly by granules, rather than soredia and is almost constantly corticated in the basal region (Burgaz & Ahti 2009). Ahti (2000) argues that *C. fimbriata* (L.) Fr. is also morphologically and chemically similar to *C. subsquamosa*, but differs by having a more persistent farinose soredia and medulla. Ahti (2000) reports the constant presence of convirensic acid in *C. subsquamosa*, but all analyzed specimens only

produced fumarprotocetraric acid as a secondary metabolite. The same was noticed by Gumboski & Elisaro (2012) and Charnei & Eliasaro (2014).

It is a widely distributed and common species, being one of the most common species in Espírito Santo restingas. It occurs on sand, wood and termite hills, seldom or with *C. subradiata*, *C. furfuracea* and *C. polyscypha*.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 483 (UPCB); APACB, 28-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 633 (UPCB). Linhares, Praia de Regência, C. A. V. Fraga Jr 467a, 468b (UPCB). Vila Velha, PNMJ, 24-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 401, 454a (UPCB). Guarapari, PEPCV, 10-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 357, 374 (UPCB); APAS, 02-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 635 (UPCB), Idem, 23-VI-2015, C. A. V. Fraga Jr 885 (UPCB). Itaóca, areial Rui Barbosa, 16-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 721 (UPCB). Presidente Kennedy, praia das neves, 15-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 235 (UPCB).

16. *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr., Lichenogr. Eur. Reform. 465 (1831)

Fig. 4 B

Description: Ahti & Marcelli (1995), Ahti (2000).

Chemistry: K+ yellow → brownish; C-; KC-; UV-.

Cladonia verticillaris is characterized by the brownish green podetia, with yellowed to brown melanotic bases (Ahti & Marcelli 1995), bearing a broad and verticillate scyphi, with lacerate margins that are often squamulose, producing fumarprotocetraric acid (Ahti 2000).

Besides *C. verticillaris*, only *C. clathrata* have verticillate scyphi in Espírito Santo restinga vegetation. These species are quite distinct, *C. verticillaris* exhibits taller podetia (3–15 cm), with lacerate scyphi, instead of dentate. For additional information about species of *C. verticillaris* complex in Brazil see Ahti & Marcelli (1995) and Charnei & Eliasaro (2013).

This is a common species in the Southeast and Northeast Brazilian coast, found growing on bare sand and litter, both in open areas and in borders of brushwood. Usually grows alone, but was found also growing with *C. crispatula* (Nyl.) Ahti.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Vila Velha, PNMJ, 24-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 428, 442 (UPCB). Guarapari, PEPCV, 10-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 287, 322 (UPCB). Itaóca, areial Rui Barbosa, 16-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 724, 731 (UPCB).

Presidente Kennedy, praia das neves, 15-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 230 (UPCB).

Acknowledgements

We are thankful to the geologist Daniel Goetze for the great help in field excursion, to the Drs. Luciana Canês, Fernando Bittencout and Vagner Cortez. To Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA) and Secretaria de Desenvolvimento Sustentável de Vila Velha (SEMDESU) for the collection licenses. To CAPES (Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal do Ensino Superior) for the financial support.

References

- Ahti T. 2000. Cladoniaceae. Flora Neotropica 78. Organization for Flora Neotropica and New York Botanical Garden. Bronx, 362 pp.
- Ahti T, Hammer S. 2002. *Cladonia* In: Nash III TH, Ryan BD, Gries C, Bungartz F. Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region.v. 1. Arizona State University, p. 131–158.
- Ahti T, Kashiwadani H. 1984. The lichen genera *Cladia*, *Cladina* and *Cladonia* in Southern Chile. In: H. Inoue (ed.). Studies on cryptogams in Southern Chile. Tokyo, Kenseisha Ltd., p. 125–151.
- Ahti T, Marcelli MP. 1995. Taxonomy of the *Cladonia verticillaris* complex in South America. In: Farkas EE, Lücking R., Wirth V. Scripta Lichenologica – Berlin, Stuttgart.

Lichenological Papers dedicated to Antonín Vězda. *Bibliotheca Lichenologica* J.Cramer, p.5–26.

Ahti T, Sipman JM. 2013. Ten new species of *Cladonia* (Cladoniaceae, lichenized Fungi) from Guianas and Venezuela, South America. *Phytotaxa* 93(1): 25–39.

Ahti T, Stenroos S, Xavier Filho L. 1993. The lichen Family Cladoniaceae in Paraíba, Pernambuco and Sergipe, northeast Brazil. *Tropical Bryology* 7: 55–70.

Brodo IM, Duran Sharnoff S, Sharnoff S. 2001. *Lichens of North America*. Yale University Press, New Haven & London.

Burgaz AR, Ahti T. 2009. Cladoniaceae. *Flora Liquenológica Ibérica*. Volume 4. Sociedad Española de Liquenología (SEL), Madrid.

Charnei AM. 2013. Cladoniaceae (Ascomycota liquenizados) em ambientes de altitude da serra do mar no sul do brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

Charnei AM, Eliasaro S. 2013. Verticillate *Cladonia* species (Lichenized Ascomycota) from high altitude environments of Serra do Mar in Southern Brazil. *Hoehnea* 40 (1): 87–97.

Charnei AM, Eliasaro S. 2014. Espécies de *Cladonia* com cifas não verticiladas do Supergrupo *Cladonia* em ambientes de altitude da Serra do Mar no Sul do Brasil. *Hoehnea* 41 (3): 453–468.

Elix JA. 2014. A catalogue of standardized chromatographic data and biosynthetic relationships for lichen substances. Third Edition. Published by the author, Canberra, p. 362.

Fleig M, Ahti T, Stenroos S. 1995. A família Cladoniaceae (líquens) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Napaea* 11: 1–29.

Gumboski EL, Eliasaro S. 2011. *Cladonia litoralis* (Cladoniaceae), a new species from southern Brazil. *The Bryologist* 114 (4): 665–667.

- Gumboski EL, Eliasaro S. 2012a. Espécies de *Cladonia* P. Browne (Cladoniaceae, Ascomycota) do Supergrupo *Cladonia* em restingas e costões rochosos dos estados do Paraná e de Santa Catarina, Brasil. *Hoehnea* 39: 315–337.
- Gumboski, EL, Eliasaro S. 2012b. Espécies de *Cladonia* P. Browne (Cladoniaceae, Ascomycota) dos Supergrupos *Cocciferae*, *Crustaceae* e *Perviae* em restingas e costões rochosos dos estados do Paraná e de Santa Catarina, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 26 (3): 619–631.
- Gumboski EL, Beilke F, Eliasaro E. 2013. *Cladonia dunensis* sp. nov. from southern Brazil, with notes on the genus in beach dune environments. *Mycotaxon* 124: 333–340.
- Huovinen K, Ahti T, Stenroos S. 1989. The composition and contents of aromatic lichen substances in *Cladonia*, section *Cocciferae*. *Annales Botanici Fennici* 26: 133–148.
- Marcelli MP. 1998. History and current knowledge of Brazilian lichenology. In: Marcelli MP & Seaward MRW. *Lichenology in Latin America: history, current knowledge and applications*. CETESB. São Paulo
- Orange A, James PW, White FJ. 2001. *Microchemical Methods for the Identification of Lichens*. British Lichen Society, p.101.
- Pereira OJ, Araújo DSD. 1995. Estrutura da vegetação de entre moitas da formação aberta de Ericaceae, no Parque Estadual de Setiba – Espírito Santo. *Oecologia Brasiliensis* 245–257.
- Stenroos S. 1989 a. Taxonomic revision of the *Cladonia miniata* group. *Annales Botanici Fennici* (26) 237–267.
- Stenroos S. 1989 b. Taxonomy of *Cladonia coccifera* group. 1. *Annales Botanici Fennici*. (26) 157–168.
- Stenroos S. 1989 c. Taxonomy of *Cladonia coccifera* group. 2. *Annales Botanici Fennici*. (26) 3: 307–317.

Stenroos S, Hyvonen J, Myllys L, Thell A, Ahti T. 2002. Phylogeny of the Genus *Cladonia* s.lat. (Cladoniaceae, Ascomycetes) inferred from molecular, morphological and Chemical data. *Cladistics* 18: 237–278.

Vainio EA. 1887. *Monographia Cladoniarum Universalis*. I. *Acta Societatis Pro Flora Et Fauna Fennica* 4: 1–509.

Vainio EA. 1894. *Monographia Cladoniarum Universalis*. II. *Acta Societatis Pro Flora Et Fauna Fennica* 10: 1–498.

Captions

Figure 1: Espírito Santo state map with the collection sites highlighted. 1. PEI; 2. APACB; 3. Regência beach; 4. PNMJ; 5. PEPCV; 6. APAS; 7. Itaóca ; 8. Praia das Neves.

Figure 2: A. *Cladonia tuberosa* general aspect, C. A. V. Fraga Jr 576, scale bar = 1 cm; B. detail of tuberculate soresial protuberance 40×, scale bar = 0.5 cm; C. magnified general aspect 10×, scale: 0.5 cm.

Figure 3: A. *Cladonia cartilaginea*, C. A. V. Fraga Jr 412 ;B. *C. clathrata*, C. A. V. Fraga Jr 594;C. *C. corallifera*, C. A. V. Fraga Jr 597; D. *C. crustacea*, C. A. V. Fraga Jr 451; E. *C. didyma*, C. A. V. Fraga Jr 698b; F. *C. furfuracea*, C. A. V. Fraga Jr 316; G. *C. macilenta*, C. A. V. Fraga Jr 704b; H. *C. pityrophylla*, C. A. V. Fraga Jr 335b; I. *C. polyscypha*, C. A. V. Fraga Jr 500; J. *C. secundana*, C. A. V. Fraga Jr 549; K. *C. subminiata*, C. A. V. Fraga Jr 891; L. *C. subradiata*, C. A. V. Fraga Jr 253a. Scale bars = 1 cm.

Figure 4: A. *Cladonia subsquamosa*, C. A. V. Fraga Jr 483; B. *C. verticillaris*, C. A. V. Fraga Jr 428. Scale bars = 1 cm.

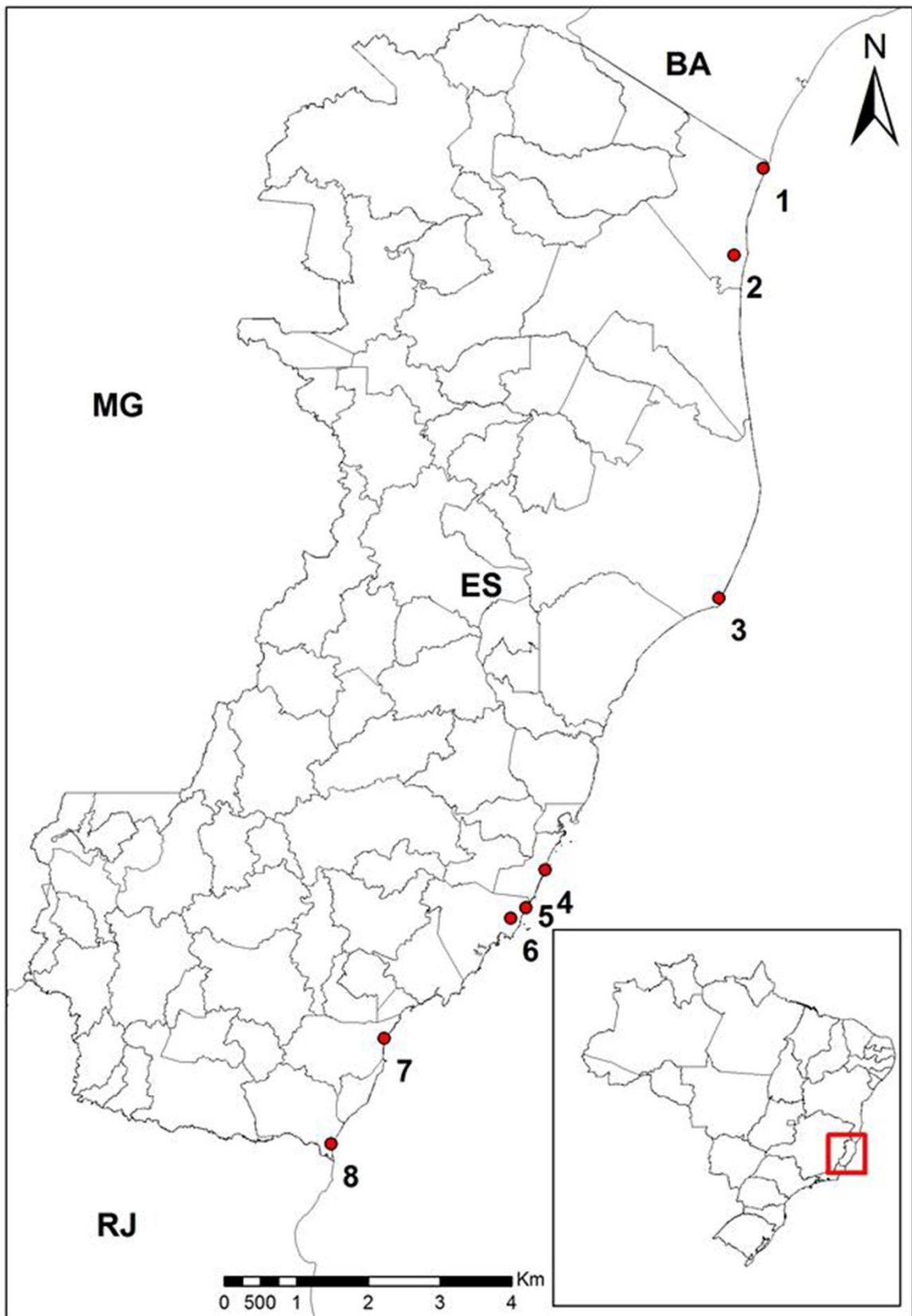


Figure 1 - Espírito Santo state map with the collection sites highlighted. 1. PEI; 2. APACB; 3. Regência beach; 4. PNMJ; 5. PEPCV; 6. APAS; 7. Itaóca ; 8. Praia das Neves.

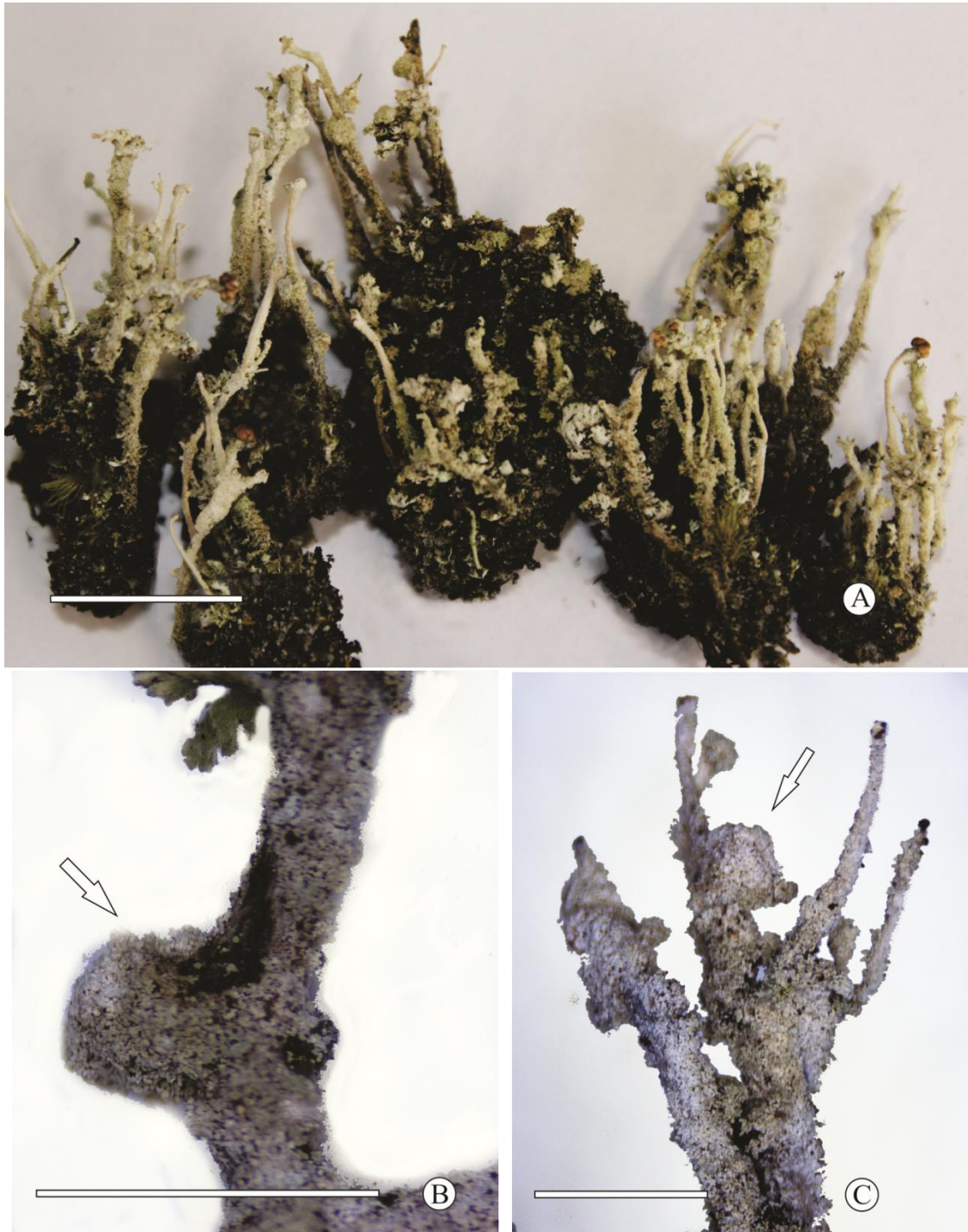


Figure -2 - A. *Cladonia tuberosa* general aspect, C. A. V. Fraga Jr 576, scale bar = 1 cm; B. Arrow = detail of tuberculate soredial protuberance 40 \times , scale bar = 0.5 cm; C. magnified general aspect 10 \times , arrow = detail of tuberculate soredial protuberance, scale: 0.5 cm.

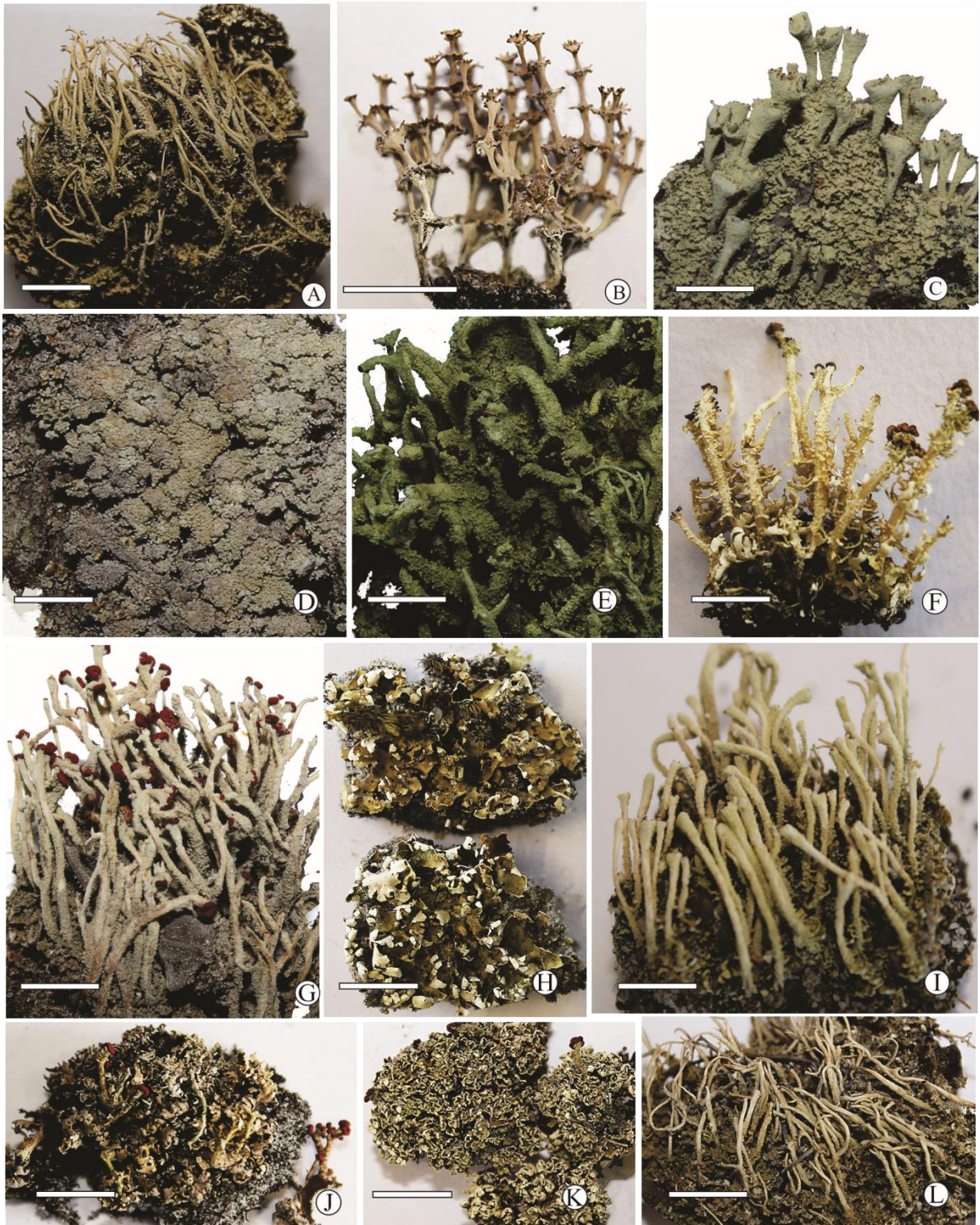


Figure -3 - A. *Cladonia cartilaginea*, C. A. V. Fraga Jr 412 ;B. *C. clathrata*, C. A. V. Fraga Jr 594;C. *C. corallifera*, C. A. V. Fraga Jr 597; D. *C. crustacea*, C. A. V. Fraga Jr 451; E. *C. didyma*, C. A. V. Fraga Jr 698b; F. *C. furfuracea*, C. A. V. Fraga Jr 316; G. *C. macilenta*, C. A. V. Fraga Jr 704b; H. *C. pityrophylla*, C. A. V. Fraga Jr 335b; I. *C. polyscypha*, C. A. V. Fraga Jr 500; J. *C. secundana*, C. A. V. Fraga Jr 549; K. *C. subminiata*, C. A. V. Fraga Jr 891; L. *C. subradiata*, C. A. V. Fraga Jr 253a. Scale bars = 1 cm.



Figure -4 - A. *Cladonia subsquamosa*, C. A. V. Fraga Jr 483; B. *C. verticillaris*, C. A. V. Fraga Jr 428. Scale bars = 1 cm.

CAPÍTULO 2

Artigo a ser submetido à *Brazilian Journal of Botany*

Cladonia P. Browne (Lichenized Ascomycota) from the restinga vegetation of Espírito Santo, Brazil: Supergroups *Crustaceae* and *Perviae*

CARLOS AUGUSTO VIDIGAL FRAGA-JUNIOR^{3*}, EMERSON LUIZ GUMBOSKI⁴ & SIONARA ELIASARO¹

Running title: Supergroups *Crustaceae* and *Perviae* in Espírito Santo state

³Universidade Federal do Paraná, Departamento de Botânica, Curitiba, CEP 81531–980, PR, BRAZIL. Caixa Postal 19031.

⁴Universidade da Região de Joinville, Departamento de Ciências Biológicas, Joinville, CEP 89219-710, SC, BRAZIL.

* Corresponding author's email: carlos.vidigal@hotmail.com

Abstract

(*Cladonia* P. Browne (Lichenized Ascomycota) from restinga vegetation of Espírito Santo state, Brazil: Supergroups *Crustaceae* and *Perviae*). In this paper we recognize 12 species of *Cladonia* from the restinga vegetation in Espírito Santo, Brazil, six to each Supergroup. *Cladonia capixaba* Fraga-Junior, Gumboski & Eliasaro is described as new to science. We confirm the occurrence of *C. sprucei* Ahti and *C. rangiferina* (L.) F. H. Wigg. to Espírito Santo state restinga. Four species are new records to the state: *C. consimilis* Vain., *C. dendroides* (Abbayes) Ahti, *C. salzmännii* Nyl., and *C. sphacelata* Vain. Identification keys, comments, and illustrations are provided.

Keywords: Atlantic rainforest, Cladoniaceae, lichenized fungi, taxonomy, white sand vegetation

Introduction

In continuation to an investigation of the genus *Cladonia* P. Browne in restinga vegetation from Espírito Santo state, southeast Brazil (Fraga-Junior et al. 2017), in this paper we deal the *Cladonia* species of Supergroups *Crustaceae* and *Perviae* which were informally proposed by Stenroos et al. (2002).

The Supergroup *Crustaceae* comprises the species previously considered under the genus *Cladina* (Nyl.) Nyl., in addition to some species of section *Unciales*, both *sensu* Ahti (2000) (Stenroos et al. 2002). Members of Supergroup *Crustaceae* are characterized by the evanescent primary thallus, non-squamulose, esorediate and usually much branched podetia, besides the production of fatty acids, depsides, depsidones and dibenzofurans (Ahti 2000, Stenroos et al. 2002, Burgaz & Ahti 2009). The Supergroup *Perviae* includes species that have an evanescent to persistent primary thallus, podetia often with dilated openings in the apex (funnels), open axils (Hammer 1996), brown hymenial discs as well as the production of β -orcinol depsides (Stenroos et al. 2002, Burgaz & Ahti 2009).

So far, only six species of *Cladonia* belonging to Supergroups *Crustaceae* (Marcelli 1998, Ahti 2000) and three of *Perviae* have been reported to Espírito Santo state restinga (Ahti 2000).

Material and methods

The studied area, including geographical and climatic data is described in Fraga-Junior et al. (2017). The abbreviations of the sampled sites correspond to: Itaúnas State Park (PEI), Environmental Protection Area of Conceição da Barra (APACB), Municipal Natural Park of Jacarenema (PNMJ), State Park Paulo Cesar Vinha (PEPCV), Environmental Protection Area of Setiba (APAS). The collection and herborization followed the usual methodology in Lichenology (Brodo et al. 2001). The specimens were deposited at the Herbarium of the

Federal University of Paraná (UPCB) with isotypes in the Herbarium of Federal University of Rio Grande do Sul (ICN). The morphological and anatomical analyses were performed, respectively, under dissecting (20–40×) and compound microscope (40–1000×). For chemical analysis, spot tests (K, C, and KC), thin layer chromatography (TLC) with the solvent system C, and observation under UV light were performed (Orange et al. 2001, Elix 2014).

Results and discussion

Six species belonging to the Supergroup *Perviae* were found: *Cladonia capixaba* Fraga-Junior, Gumboski & Eliasaro, which is here described as new to science, *C. crispatula* (Nyl.) Ahti, *C. polystomata* Ahti & Sipman, *C. salzmannii* Nyl. *C. sphacelata* Vain. and *C. turgidior* (Nyl.) Ahti. *Cladonia salzmannii* and *C. sphacelata* are new records to Espírito Santo state, and *C. polystomata* is firstly registered for the local restinga vegetation. The Supergroup *Crustaceae* is represented by six species. We confirm the occurrence of *C. sprucei* Ahti and *C. rangiferina* subsp. *abbayesii* (Ahti) Ahti & DePriest to Espírito Santo state restinga, previously recorded by Marcelli (1998). *Cladonia dendroides* (Abbayes) Ahti and *C. consimilis* Vain. are new records for the state.

Although *C. bahiana* Ahti (Marcelli 1998), *C. kalbii* (Ahti) Ahti & DePriest and *C. rugicaulis* Ahti (Ahti 2000) were reported for Espírito Santo state restinga, we did not find them in the fieldwork. Here we expand the number of known species of *Cladonia* of Supergroup *Perviae* from three to six, and of Supergroup *Crustaceae* from six to eight in the restinga vegetation of Espírito Santo.

Key to *Cladonia* species of Supergroups *Crustaceae* and *Perviae* from Espírito Santo state restinga

1. Podetia ecorticate, often arachnoid to slightly compact, never squamulose (Supergroup *Crustaceae*)

2. Apices slightly to strongly incurved, thallus flattish

3. Apices conspicuously unilaterally deflexed, hyaline conidial slime

..... 7. *C. rangiferina*

3'. Apices not conspicuously unilaterally deflexed, red conidial slime 10. *C. sprucei*

2'. Apices erect or divaricate, thallus forming rounded heads

4. Thallus yellowish, without distinct main axes, with usnic and perlatolic acids (K-)

..... 2. *C. confusa*

4'. Thallus whitish, main axes somewhat distinct, with atranorin and fumarprocetraric

acid (K+ yellow/brown) 5. *C. dendroides*

1'. Podetia corticate or corticioid, at least in patches, often with squamules (Supergroup *Perviae*)

5. Podetia yellowish green (usnic acid present)

6. Podetia corticioid, central canal somewhat floccose, stictic acid and related compounds

present 11. *C. substellata*

6'. Podetia corticate, central canal grooved, fumarprotocetraric acid present

..... 1. *C. capixaba*

5'. Podetia rather greenish gray, to whitish (usnic acid absent)

7. Podetia fairly thick (1.5–4.0 mm), funnels and open axils dilated

8. Surface of podetia dull, corticioid, apices with star like branching pattern

..... 8. *C. salzmannii*

8'. Surface of podetia glossy, corticated, apices without star like branching

..... 12. *C. turgidior*

7'. Podetia usually thin (up to 1.5mm), funnels and axils closed to open, inconspicuous

9. Podetia little branched, apices subulate to scyphose
10. Surface of podetia mostly covered with a glossy cortex, axils closed, funnels absent
..... 9. *C. sphacelata*
- 10'. Surface of podetia usually ecorticate, cortex dull, axils usually open, funnels often
present 6. *C. polystomata*
- 9'. Podetia fairly to strongly branched, apices always ascyphose
11. Podetia thick (1–2 mm), greyish green to browned, densely branched
..... 4. *C. crispatula*
- 11'. Podetia thin, (up to 1 mm), whitish, scarcely branched 3. *C. consimilis*

The species

1. *Cladonia capixaba* Fraga-Junior, Gumboski & Eliasaro, *sp. nov.*

Fig. 1 A, B, C

MycoBankNo: XXXXXX

Diagnosis: broad and persistent squamulose primary thallus, occasionally pruinose, with podetia arising marginally, growing mostly horizontally, corticate, squamulose, usually pruinose, branching pattern anisotomic dichotomic, apex acuminate, never scyphose, axils closed to open, hyaline conidial slime. Contains fumarprotocetraric and usnic acids.

Etymology: the epithet is the gentilic for those born in the state of Espírito Santo.

Typus: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Itaóca, areial do Rui Barbosa, 16-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 693 (UPCB-Holotype; ICN-isotype).

Primary thallus: persistent, 2.5–3.0 × 2–3 cm, squamules lobate to laciniate, slightly crenulate; upper surface yellowish green, smooth to slightly rugulose, occasionally pruinose; margins smooth, entire to slightly incised, without propagules; lower surface white to brown near the base, slightly arachnoid, with discrete veins; pycnidia and hymenial discs absent.

Anatomy: cortex 30–50 μm thick, medulla 150–170 μm thick. Secondary thallus: common, 0.8–1.5 cm tall, 0.4–0.8 mm thick, podetia marginally on primary squamules, bent to adpressed, growing more horizontally, fairly entangled, subulate, acuminate, never scyphose; branching pattern dichotomic, anisotomic; axils closed to open, slit shape, narrow, 0.4–1.0 mm; surface yellow green, corticate, somewhat glossy, usually pruinose, smooth to verruculose, compact, with ecorticate patches where exposes the medulla or the stereome, ecorticate at the apex, soredia and granules absent, squamules throughout the podetia, lobate to laciniate, often with new podetia arising. Pycnidia uncommon, apical, brown, subglobose to piriform; slime hyaline, conidia falciform, $6 \times 1\text{--}2 \mu\text{m}$; hymenial discs absent. Anatomy: cortex up to 50 μm thick, medulla 50–100 μm thick, stereome hyaline to browned, 70–100 μm thick, central canal striate to papilulate.

Chemistry: K-; C-; KC-; UV-; TLC: fumarprotocetraric and usnic acids

Discussion: The remarkable characteristic of the new species is the very flattened, almost adpressed and yellowish secondary thallus.

We consider that this species should be treated under the Supergroup *Perviae* due to the primary thallus being persistent and for having corticate and squamulose podetia, with closed to open axils, even if the secondary chemistry is more likely to belong to Supergroup *Crustaceae*.

Cladonia capixaba is morphologically and chemically similar to *C. minarum* Ahti by the production of usnic and fumarprotocetraric acid, as well as by the short, thin, yellowish and branched podetia. However, *C. minarum* has corticioid podetia, in addition to a purple slime (Ahti 2000), whereas in *C. capixaba* the surface is clearly corticate, with numerous squamules and a hyaline slime. They also differ in the habitat, since *C. minarum* is reported to the highlands (1200–2000 m) in the states of Minas Gerais and Rio de Janeiro (Ahti 2000).

Cladonia capixaba seems to be similar to *C. stenroosiae* Ahti by the growing and branching pattern, but *C. stenroosiae* has a corticioid surface and non squamulose podetia, besides the producing stictic acid and related compounds (Stenroos et al. 2002), which is absent in *C. capixaba*.

It was found colonizing bare sand in periodically flooded area around the edge of a small shrub, occurring near *C. substellata*. It is a rare and easily overlooked species.

2. *Cladonia confusa* R. Sant., Ark. Bot. 30 A (10): 13 (1942)

Fig. 2 A

Description: Ahti (2000), Gumboski & Eliasaro (2012).

Chemistry: K-; C-; KC-; UV-.

Cladonia confusa is a fairly widely distributed species, occurring from sea level to highlands (3000 m) (Ahti 2000). It is characterized by the whole ecorticate, yellowish and much branched podetia, usually forming semiglobose heads at the top of the colonies as by the production of usnic and perlatolic acids (Ahti 2000, Gumboski & Eliasaro 2012). In the examined specimens, we found a diverse secondary chemistry: homosekikaic and 4-*O*-demethylbarbatic acids, in addition to some unidentified compounds with R_{fc} approximate to 35, 62 and 72. The collected specimens fit onto *C. confusa* f. *confusa*, due to the constant presence of usnic acid (Ahti 2000).

Cladonia evansii Abbayes and *C. signata* (Eschw.) Vain. are similar to *C. confusa* by the ecorticate and much branched podetia, without distinct main axes, but in both species the branching pattern is mostly dichotomic, and they can respectively produce atranorin and fumarprotocetraric acids, compounds absent in *C. confusa* (Vainio 1887, Ahti 2000).

This species occurs mainly in shaded places, bellow some shrubs, avoiding well lit areas, growing on sand or litter. It was found forming extensive colonies with about four meters

wide in PNMJ, growing mostly solitary or together with *C. crispatula* or *C. verticillaris* (Raddi) Fr.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Vila Velha, PNMJ, 24-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 406, 410d, 438 (UPCB). Itaóca, areial Rui Barbosa, 16-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 696a (UPCB).

3. *Cladonia consimilis* Vain., Acta Soc. Fauna Fl. Fenn. 4: 303 (1887)

Fig. 2 B

Description: Vainio (1887), Ahti (2000).

Chemistry: K+ bright yellow; C-; KC-; UV-.

Cladonia consimilis is characterized by the equally cylindrical and esorediate podetia, whitish, smooth, fairly dichotomic branched, ascyphose, with closed to open axils, red conidial slime, and by the production of thamnolic or barbatic acids (Vainio 1887; Ahti 2000).

Cladonia polytypa Vain. is very similar morphologically but exhibits a pronounced melanotic bases of podetia and the conidial slime is hyaline (Ahti 2000).

Among the *Cladonia* species analysed in this study, *C. consimilis* is easily confused with some slender morphotype of *C. crispatula* and *C. salzmannii*. However, *C. consimilis* has thinner podetia, hardly reaching up to 1 mm thick, additionally, *C. crispatula* and *C. salzmannii* usually have over than 1 mm thick, exhibiting a more scarcely branching pattern, predominantly dichotomic anisotomic, whereas in *C. consimilis* the branching pattern can be up to polytomic, with some isotomic tendency. *Cladonia consimilis* can exhibit some polytomic branching at the apices, which makes it similar to *C. salzmannii*, a species has a larger and conspicuous funnels, almost absent or very tiny in *C. consimilis*.

It was found only in the northern region of Espírito Santo, mostly colonizing bare sand or decayed wood. It is an inconspicuous species, occurring alone or mixed with *C. crispatula*, *C. polystomata* or *C. salzmannii*.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 474, 542, 544 (UPCB); APACB, 28-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 579, 600, 601 (UPCB).

4. *Cladonia crispatula* (Nyl.) Ahti, Lichenologist 9: 14 (1977)

Fig. 2 C

Description: Ahti (1977, 2000), Gumboski & Eliasaro (2012).

Chemistry: K+ yellow; C-; KC-; UV-.

This species is characterized by the fairly anisotomic dichotomic branched podetia, rarely tetrachotomic, with distinct main axes (0.8–1.5 mm thick), bluish to brownish gray, surface smooth to slightly rugulose in older parts, usually maculate, with areolate patches, with some scattered squamules, red conidial slime, and also by the production of thamnolic acid (Ahti 1977, 2000, Gumboski & Eliasaro 2012).

According to Ahti (2000), some specimens of *C. crispatula* can be confused with species of Group *Cladinae sensu* Stenroos et al. (2002) by the secondary thallus size and branching pattern. However, *C. crispatula* exhibits traces of rudimentary cortex, occasionally some squamules and produces thamnolic and decarboxythamnolic acid, which are absent in Group *Cladinae* (Ahti 2000).

Cladonia sipmanii Ahti, which is restricted, so far to Venezuela and Guyana, is another similar species to *C. crispatula*, but exhibits more slender podetia (0.5–1.0 mm thick), more browned color, with axils always closed (Ahti 2000).

Cladonia crispatula is very similar to *C. rugicaulis* in chemistry, gross morphology and branching pattern, but *C. rugicaulis* usually exhibits a thicker podetia (up to 4 mm thick), more distinctive rugulose surface (Ahti et al. 1993), without squamules (Ahti 2000), an ecorticate, fibrillose and non-maculate apex, often forming globose heads, besides the hyaline conidial slime (Ahti et al. 1993; Ahti 2000).

In the studied area, we found a few specimens that are very similar to *C. crispatula*. Some exhibited more thickened podetia (2 mm), and short side branches, that fit close to *C. rugicaulis*, however they often presented fairly numerous squamules, or even the conidial slime was clearly red. The surface, when rugulose, yet exhibited maculae and clearly areolate patches. The same occurred in some specimens that have globose apices. Two specimens presented more isotomic branching pattern, short side branches, with parallel running stems, clearly smooth surface, wide openings mainly in apex, a constantly and distinct greyish layer up to half of the podetia, forming flat topped colonies, rather than semiglobose. Some specimens yet exhibited a hyaline slime, but these, other characters like presence of squamules, more thickened medulla and a characteristic areolate and maculate surface, falling out of *C. rugicaulis* strict delimitation, and so not accepted as this species as well.

It is possible that these morphologically variable specimens could represent distinct taxa closely related to *C. crispatula*. We consider that *C. rugicaulis* and *C. crispatula* from southeast and northeast Brazil deserves a more profound study to reveal their potential phenotypic plasticity. More specific studies should be conducted, with a higher number of specimens and molecular data to evaluate the taxonomic status of these distinct populations.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 553 (UPCB); APACB, 28-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 580, 592 (UPCB). Vila Velha, PNMI, 24-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 385, 388 (UPCB). Guarapari, PEPCV, 10-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 327, 345 (UPCB); APAS, 02-III-2015, C. A. V. Fraga

Jr 643, 650 (UPCB). Itaóca, areial Rui Barbosa, 16-I-15, C. A. V. *Fraga Jr 691* (UPCB).

Presidente Kennedy, praia das neves, 15-1-15, C. A. V. *Fraga Jr 234, 278* (UPCB).

5. *Cladonia dendroides* (Abbayes) Ahti, Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. "Vanamo" 32 (1): 29 (1961)

Fig. 2 D

Description: Ahti (2000).

Chemistry: K+ yellow → reddish; C-; KC-; UV-.

This species is characterized by the ecorticate podetia, densely isotomic dichotomic branched forming rounded heads on top of colonies, also by the blackened dead basal parts and by the production of fumarprotocetraric acid and atranorin (Ahti 2000).

According to Ahti (2000), it can be confused with *C. kalbii*, by the ecorticate and much branched thallus, but *C. dendroides* has more isotomic branching pattern, forming denser heads. Moreover, *C. dendroides* has a red conidial slime instead of purple like in *C. kalbii* (Ahti 2000).

Due to the globose heads, this species can be confused with *C. confusa*, but this last one have larger podetia, forming larger domes. Additionally *C. confusa* produces usnic acid, giving a yellow tinge, whereas *C. dendroides* is ashy white, with small heads and have red slime instead hyaline.

It is a conspicuous, but very rare species being known from only one specimen from the northern part of the state, in the borders of an open scrub formation, growing isolated but near to *C. clathrata* Ahti & Xavier Filho or *C. crispatula*, on sand. It is a new record for Espírito Santo state.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, APACB, 28-I-2015, C. A. V. *Fraga Jr 624* (UPCB).

6. *Cladonia polystomata* Ahti & Sipman, Flora 78: 294 (2000)

Fig. 2 E

Description: Ahti (2000), Gumboski & Eliasaro (2012).

Chemistry: K+ weakly yellow; C-; KC-; UV-.

Cladonia polystomata is characterized by the mostly ecorticate, pale gray and shortish podetia (1–3 cm tall), little branched, esorediate, covered with reflexed squamules, with open axils, usually becoming narrow scyphoid funnels, with cylindrical conidiomata containing hyaline slime, and by the production of thamnolic acid (Ahti 2000, Gumboski & Eliasaro 2012).

This species can be confused with *C. sphacelata*, by the absence of soredia or granules, by the squamulose surface, and by the production of thamnolic acid (Ahti 2000, Gumboski & Eliasaro 2012). However, the later one exhibits a developed, smooth and cartilaginous cortex, red conidial slime, closed axils and does not bear scyphoid funnels (Ahti 2000, Gumboski & Eliasaro 2012). Besides, *C. polystomata* is usually less squamulose than *C. sphacelata*.

It also can be confused with *C. squamosa* Hoffm., by the squamulose and ecorticate podetia, however, *C. squamosa* tends to be even more ecorticate and exhibits a granulose cover, which is absent in *C. polystomata* (Vainio 1887, Ahti 2000).

Cladonia furfuracea Vain. commonly occurs together with *C. polystomata* in restinga vegetation (Ahti 2000, Gumboski & Eliasaro 2012) and is morphologically very similar by the ecorticate, esorediate and squamulose surface. However, *C. furfuracea* does not have funnels nor open axils, and produces thamnolic acid, instead of fumarprotocetraric acid (Ahti 2000, Fraga-Junior et al. 2017).

In Espírito Santo state, this species is only referred to highlands environment (Ahti 2000), thus, we expand its range of distribution to the coastal area.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 472, 550 (UPCB); APACB, 28-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 625b, 634 (UPCB).

7. *Cladonia rangiferina* (L.) Weber ex F. H. Wigg., Prim. Fl. Hols.: 90 (1780)

Fig. 2 F

Description: Ahti (1961, 2000).

Chemistry: K+ yellow; C-; KC-; UV-.

This species is defined by the ecorticate podetia, browning in some dead parts or apices, mostly with anisotomic dichotomic to tetrachotomic branching pattern, with distinct main axes and unilaterally deflexed falcate apices (“combed”), hyaline conidial slime, besides the production of fumarprotocetraric acid and atranorin. It is a widely distributed species with several subspecies (Ahti 1961; 2000).

In Brazil, geographical distribution of this species is quite enigmatic, being only *C.*

rangiferina subsp. *abbayesii* (Ahti) Ahti & DePriest cited for the country (Ahti et al 1993, Ahti 2000). Ahti et al. (1993) mentions its occurrence to the northern states of Amazonas and Roraima, and the northeast states of Bahia and Sergipe. Marcelli (1998), when describing the Brazilian restingas, mentions its occurrence to the northern coast of Espírito Santo and states above, but without any description or mention of analysed specimens. Ahti (2000), however, records this species only to northern Brazil (Roraima), and refers similar lowland specimens to *C. kalbii*, and also affirms that *C. rangiferina* is securely absent from southeast Brazil.

Besides this statement, the specimen found fits onto Ahti (1961, 2000) description. *Cladonia rangiferina* subsp. *abbayesii* is characterized by the mostly dichotomic tendency, with rather erect apices and more robust main axes (Ahti 1961, 2000), although, the found specimen has a clearly deflexed apices. It is morphologically close to *C. kalbii*, in the branching pattern, with

distinct main axes, ecorticate arachnoid surface with smoothed apices (Ahti 2000). However *C. kalbii* has a purple conidial slime, instead of hyaline, and the branching pattern in the apices is usually divaricate rather than combed (Ahti 2000). Besides *C. kalbii* being recorded for the restinga woodland in Espírito Santo State (Ahti 2000), only one specimen presented a mature conidiomata with hyaline slime instead of purple. Since both species are closely related, the presence of the unilaterally deflexed apices and the color of slime were diagnostic characters to use the name *C. rangiferina* instead of *C. kalbii*.

Cladonia argentea (Ahti) Ahti & DePriest, is also a close morphologically and chemically related species, that resembles a robust morphotype of *C. rangiferina*, but do not exhibits any browned color and the conidial slime is purple (Ahti 2000).

The specimen was found growing seldom in a well-lit area, on sand. It is locally a very rare species. Thus, we formally confirm the occurrence of this species for the Espírito Santo state. Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Guarapari, APAS, 2-III-15, C. A. V. Fraga Jr 666 (UPCB).

8. *Cladonia salzmannii* Nyl. Syn. meth. lich. 1: 214 (1860)

Fig. 2 G

Description: Ahti (2000).

Chemistry: K⁺ yellow; C⁻; KC⁻; UV⁻.

Cladonia salzmannii is characterized by the thin (0.5–2.0 mm) and fairly branched podetia, with distinct main axes, scyphoid openings at the apex in star like form, red conidial slime, and by the production of barbatic or thamnolic acids (Ahti 2000). We found specimens producing barbatic or thamnolic acids, and one specimen producing both acids (C. A. V. Fraga Jr 627) wich seems to be a new chemotype.

According to Ahti (2000), this species is closely related to *C. crispata* (Ach.) Flot. and *C. carassensis* Vain., but has narrower scyphoid funnels (2–6 mm in diam.), longer marginal proliferations (usually up to 0.5 mm) and normally produces barbatic acid.

In the field it is easily confused with *C. crispatula* by the branched thallus and by the habitat, however, the starlike apices with long proliferations and more dilated funnels were diagnostic to separate it.

The analysed specimens exhibited a somewhat areolate and rugulose apex and a corticioid surface unlike the description of Ahti (2000), which describes with smoothly corticated surface. We also observed a much developed medulla (40–125 µm thick) than previously reported by the same author (10–15 µm thick). This thicker medulla can probably be related to environmental conditions.

This species grows mostly in decayed woods, sand, litter or organic soil, in fairly shaded areas. It forms distinct colonies in the northern part of state, mainly in APACB. This is the first record of this species for Espírito Santo.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, APACB, 28-I-2015, C. A. V. Fraga Jr, 582, 602, 618, 625, 626, 627, 632b (UPCB). Vila Velha, PNMJ, 24-II-15, C. A. V. Fraga Jr 422 (UPCB). Presidente Kennedy, praia das neves, 15-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 251 (UPCB).

9. *Cladonia sphacelata* Vain., Acta Soc. Fauna Fl. Fenn. 4: 456 (1887)

Fig. 2 H

Description: Ahti (2000).

Chemistry: K⁺ yellow; C⁻; KC⁻; UV⁻.

Cladonia sphacelata has a smoothly cartilaginous corticate podetia, rarely little decorticate, moderately branched, squamulose, ascyphose without soredia or granules, and usually with

closed axils, and commonly producing thamnolic acid (chemotype I) (Ahti 2000). According to the same author, other compounds such as squamatic (chemotype II), barbatic and didymic acids and related compounds (chemotype III) are also reported. We found an uncommon chemistry, with high number of secondary metabolites, and even a combination of chemotype I and III, which is not yet reported. We observed in addition some unidentified compounds: with R_fc approximately 0 (spot UV + blue), and grey spots with R_fc approximately 35, 39, 43 and a UV+ yellow with R_fc approximately 44.

This species is often confused with *C. polystomata* (Ahti 2000). Both have an esorediate and egranulose podetia covered with squamules, but *C. sphacelata* has a more continuous cortex and the axis is usually closed (Ahti 2000, Gumboski & Eliasaro 2012). They also differ in the color of slime, which is red in *C. sphacelata* and is hyaline in *C. polystomata* (Ahti 2000, Gumboski & Eliasaro 2012). In this study, besides the little morphological differences, *C. sphacelata* presented a higher number of secondary metabolites than *C. polystomata* (see under *C. polystomata*). Its morphological pattern is somewhat similar to *C. capixaba*, however the surface is not pruinose and does not produce usnic or fumarprotocetraric acids. Besides this species being reported for the northeast to southern Brazil, mostly in the coastal region, in restinga vegetation (Ahti 2000; Gumboski & Eliasaro 2012), it was not yet recorded for Espírito Santo state, being firstly done here. It was found colonizing bare sand or organic soil, in well-lit areas, forming conspicuous and browned colonies with about one meter wide. Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 556, 574 (UPCB). Vila Velha, PNMJ, 24-II-15, C. A. V. Fraga Jr 432 (UPCB). Guarapari, PEPCV, 11-II-15, C. A. V. Fraga Jr 294 (UPCB). Itaóca, areial Rui Barbosa, 16-I-15, C. A. V. Fraga Jr 717, 722 (UPCB).

10. *Cladonia sprucei* Ahti, Ann. Bot. Soc. Zool.- Bot. Fenn. 'Vanamo' 32: 01 (1961)

Fig. 3 A

Description: Ahti (2000).

Chemistry: K+ yellow; C-; KC-; UV-.

Cladonia sprucei is characterized by dense and flat topped colonies, with anisotomic branching pattern, blackened apices or dead parts, red conidial slime and by the production of fumarprotocetraric acids and related compounds and atranorin (Ahti 2000).

According to Ahti (2000), this species is morphologically very similar to *C. rangiferina* and *C. kalbii*, differing in the color of slime, which is hyaline and purple respectively, besides the more isotomic branching tendency and more compact and acuminate apices.

The presence of red conidial slime and fairly compact apices were the diagnostic characteristics to separate *C. sprucei* from other species of the Group *Cladinae sensu* Stenroos et al. (2002), such as *C. rangiferina* and *C. dendroides*, in restinga of Espírito Santo.

It is an uncommon species, growing on sand and litter in shaded to exposed areas. This species is, so far, only officially recorded to northern Brazil, in Amazonas state (Ahti 2000).

We confirm the record made by Marcelli (1998) about the occurrence of this species in Espírito Santo state restinga.

Selected specimens examined: BRAZIL. Espírito Santo: Guarapari, PEPCV, 12-II-15, C. A. V. Fraga Jr 354b (UPCB). Itaóca, areial Rui Barbosa, 16-I-15, C. A. V. Fraga Jr 678a, 688, 733 (UPCB).

11. *Cladonia substellata* Vain., Acta Soc. Fauna Fl. Fenn. 4: 271 (1887)

Fig. 3 B

Description: Vainio (1887), Ahti (2000), Charnei (2013).

Chemistry: K+ weakly yellow or -; C-; KC-; UV-.

Cladonia substellata is characterized by the slender and branched podetia, pale yellow to greyish green, acysphose, axils closed to open, corticioid surface, without propagules, with a fibrose stereome and by the production of usnic and stictic acid and often related compounds (Vainio 1887, Ahti 2000, Charnei 2013). This species may occasionally lack the stictic acid complex, producing fumarprotocetraric instead (Ahti 2000, Stenroos et al. 2002). Besides the stictic acid, we also found one compound with Rfc approximately 14, probably related with stictic acid complex.

Cladonia uncialis (L.) F. H. Wigg. can resemble *C. substellata*, but has more corticate surface and does not produce stictic acid (Ahti 2000, Brodo et al. 2001). Moreover, *C. uncialis* does not occur in restinga vegetation (Ahti 2000).

According to Ahti (2000), *C. peltastica* (Nyl.) Müll. Arg. is quite similar to *C. substellata* in gross morphology of podetia, but exhibits a corticate surface, does not produce stictic acid and is reported so far to the Amazonin region (Ahti 2000).

We found some specimens in PEPCV that are similar to Ahti (2000) description of *C. substellata*. They are anatomic similar, in exception of central canal, which is papillulate, instead furrowed, and chemically, producing usnic and stictic acid and related compounds. However, these specimens have a strongly adpressed secondary thallus, and the podetia is never squamulose, with smooth to clearly rugulose surface. It is possible that some environmental conditions, such as sunlight exposure on white sand, salty spray winds and large dry periods led to that growing pattern. Due to its morphological distinction, like in *C. crispatula* (see comments above), specific studies should be conducted using a more comprehensive number of specimens and molecular data support to evaluate the taxonomic status of these distinct populations.

It is a rare species, not really forming extensive colonies, growing on bare sand in open and well-lit areas around some bushes.

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Itaóca, areial do Rui Barbosa, 16-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 716 (UPCB).

12. *Cladonia turgidior* (Nyl.) Ahti, The Lichenologist 9 (1): 14 (1977)

Fig. 3 C

Description: Ahti (1977, 2000).

Chemistry: K⁺ yellow; C⁻; KC⁻; UV⁻.

Cladonia turgidior is characterized by the turgid podetia, with much dilated openings, smooth and glossy surface in the upper half and rugulose to verruculose lower down, as by the production of thamnolic acid (Ahti 1977, 2000).

It is a distinct species in the field, forming fairly large clumps mainly in exposed areas. The thick podetia with large openings are characters that easily distinguish it from the other species. It grows mostly seldom, but was observed with *C. crispatula*.

Some underdeveloped specimens can resemble *C. crispatula*, but the floccose inner surface of podetia, and the glossy surface are diagnostic to separate them (Ahti 2000).

Selected specimens examined: BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Conceição da Barra, PEI, 27-I-2015, C. A. V. Fraga Jr 495, 526, 560 (UPCB). Vila Velha, PNMI, 24-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 473 (UPCB). Guarapari, PEPCV, 10-II-2015, C. A. V. Fraga Jr 285b, 26, 310, 353 (UPCB); APAS, 02-III-2015, C. A. V. Fraga Jr 640, 665, 810, 898, 905 (UPCB). Itaóca, areial Rui Barbosa, 16-II-15, C. A. V. Fraga Jr 692 (UPCB).

Acknowledgements

We are thankful to the geologist Daniel Goetze for the great help in field excursion, to the Drs. Luciana Canês, Fernando Bittencout and Vagner Cortez. To Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA) and Secretaria de Desenvolvimento Sustentável de Vila Velha

(SEMDESU) for the collection licenses. To CAPES (Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal do Ensino Superior) for the financial support.

References

- Ahti T. 1961. Taxonomic studies on reindeer lichens (*Cladonia*, subgenus *Cladina*). *Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae "Vanamo"* 32 (1): 1-160.
- Ahti T. 1977. The *Cladonia gorganina* group and *C. gigantea* in East Africa. *Lichenologist* 9: 1-15.
- Ahti T. 2000. Cladoniaceae. *Flora Neotropica* 78. Organization for Flora Neotropica and New York Botanical Garden. Bronx, 362 pp.
- Ahti T, Stenroos S, Xavier Filho L. 1993. The lichen Family Cladoniaceae in Paraíba, Pernambuco and Sergipe, northeast Brazil. *Tropical Bryology* 7: 55-70.
- Brodo IM, Duran Sharnoff S, Sharnoff S. 2001. *Lichens of North America*. Yale University Press, New Haven & London.
- Burgaz AR, Ahti T. 2009. Cladoniaceae. *Flora Liquenológica Ibérica*. Volume 4. Sociedad Española de Liquenología (SEL), Madrid.
- Charnei AM. 2013. Cladoniaceae (Ascomycota liquenizados) em ambientes de altitude da serra do mar no sul do brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- Elix JA. 2014. A catalogue of standardized chromatographic data and biosynthetic relationships for lichen substances. 3rd ed., Published by the author, Canberra, p. 362.
- Gumboski EL, Eliasaro S. 2012. Espécies de *Cladonia* P. Browne (Cladoniaceae, Ascomycota) dos Supergrupos *Cocciferae*, *Crustaceae* e *Perviae* em restingas e costões rochosos dos estados do Paraná e de Santa Catarina, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 26 (3): 619-631

- Fraga-Junior CAV, Gumboski EL, Eliasaro E. 2017. *Cladonia* P. Browne (Lichenized Ascomycota) from restinga vegetation of Espírito Santo state, Brazil: Supergroups *Cladonia* and *Cocciferae*. Brazilian Journal of Botany (submetido).
- Hammer S. 1996. Variation and variability in *Cladonia* section *Perviae*. Mycologia 88 (1) 71-79.
- Marcelli MP. 1998. History and current knowledge of Brazilian lichenology. In: Marcelli MP & Seaward MRW. Lichenology in Latin America: history, current knowledge and applications. CETESB. São Paulo
- Orange A, James PW, White FJ. 2001. Microchemical Methods for the Identification of Lichens. British Lichen Society, 101 pp.
- Stenroos S, Hyvonen J, Myllys L, Thell A, Ahti T. 2002. Phylogeny of the Genus *Cladonia* s. lat. (*Cladoniaceae*, Ascomycetes) Inferred from Molecular, Morphological, and Chemical Data. Cladistics 18: 237-278.
- Vainio EA. 1887. Monographia Cladoniarum Universalis. I. Acta Societatis Pro Flora Et Fauna Fennica 4: 1-509.

Captions

Figure 1: A. *Cladonia capixaba*, C. A. V. Fraga Jr 673 general aspect; B. Arrow = detail of marginal growing podetia; C. Arrow = detail of open axil. Scale bars= 1 cm.

Figure 2: A. *Cladonia confusa*, C. A. V. Fraga Jr 438; B. *C. consimilis*, C. A. V. Fraga Jr 474; C. *C. crispatula*, C. A. V. Fraga Jr 438; D. *C. dendroides*, C. A. V. Fraga Jr 624; E. *C. polystomata*, C. A. V. Fraga Jr 634; F. *C. rangiferina*, C. A. V. Fraga Jr 666; G. *C. salzmannii*, C. A. V. Fraga Jr 422; H. *C. sphacelata*, C. A. V. Fraga Jr 717. Scale bars = 1cm.

Figure 3: A. *Cladonia sprucei*, C. A. V. Fraga Jr 678; B. *C. substellata*, C. A. V. Fraga Jr 716. C. *C. turgidior*, C. A. V. Fraga Jr 561 Scale bars = 1cm.



Figure 1 - A. *Cladonia capixaba*, general aspect; B. arrow = detail of marginal growing podetia; C. arrow = detail of open axil. Scale bars= 1 cm

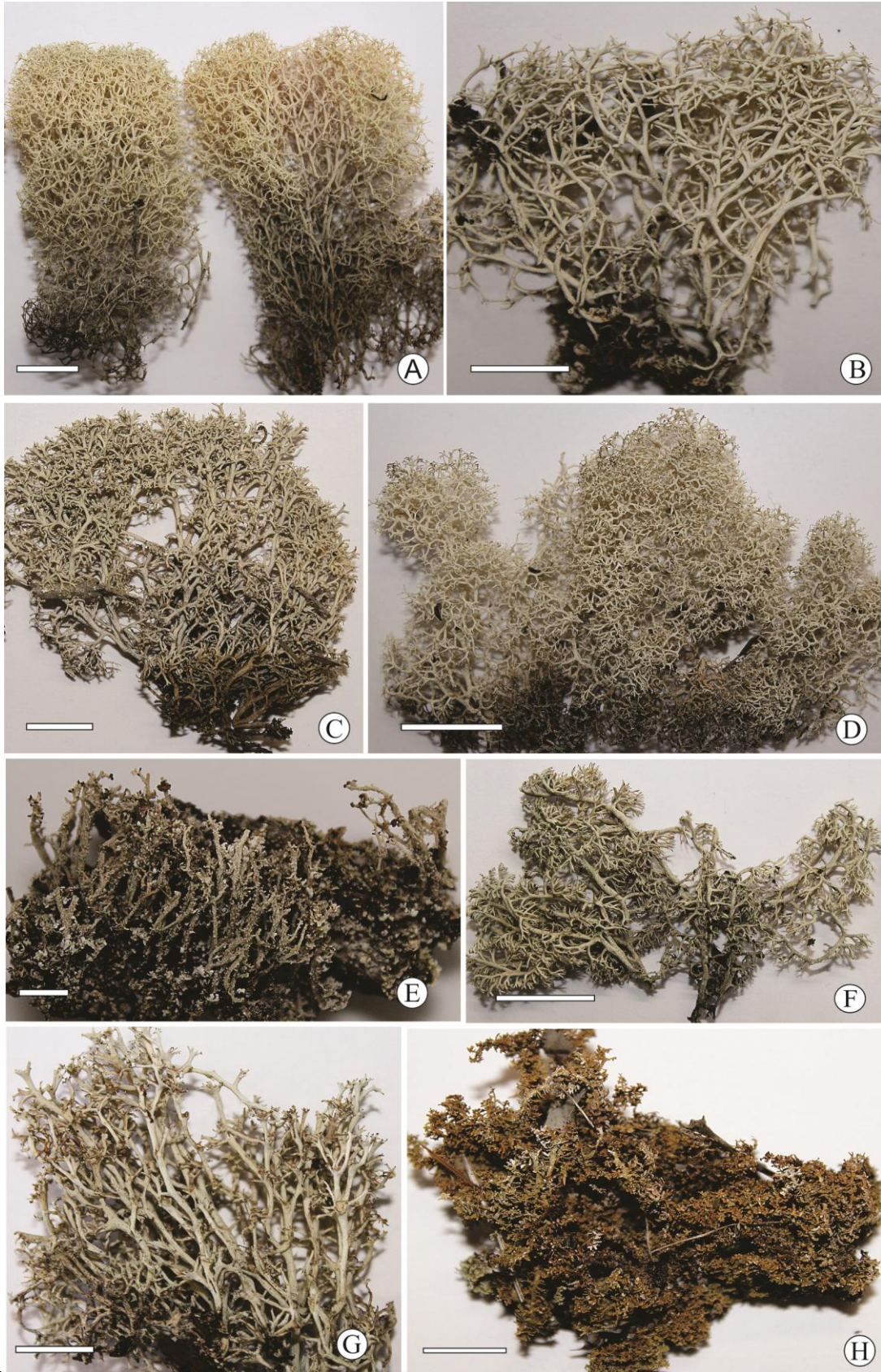


Figure 2 - A. *Cladonia confusa*, C. A. V. Fraga Jr 438; B. *C. consimilis*, C. A. V. Fraga Jr 474; C. *C. crispatula*, C. A. V. Fraga Jr 438; D. *C. dendroides*, C. A. V. Fraga Jr 624; E. *C. polystomata*, C. A. V. Fraga Jr 634; F. *C. rangiferina*, C. A. V. Fraga Jr 666; G. *C. salzmännii*, C. A. V. Fraga Jr 422; H. *C. sphacelata*, C. A. V. Fraga Jr 717. Scale bars = 1cm.

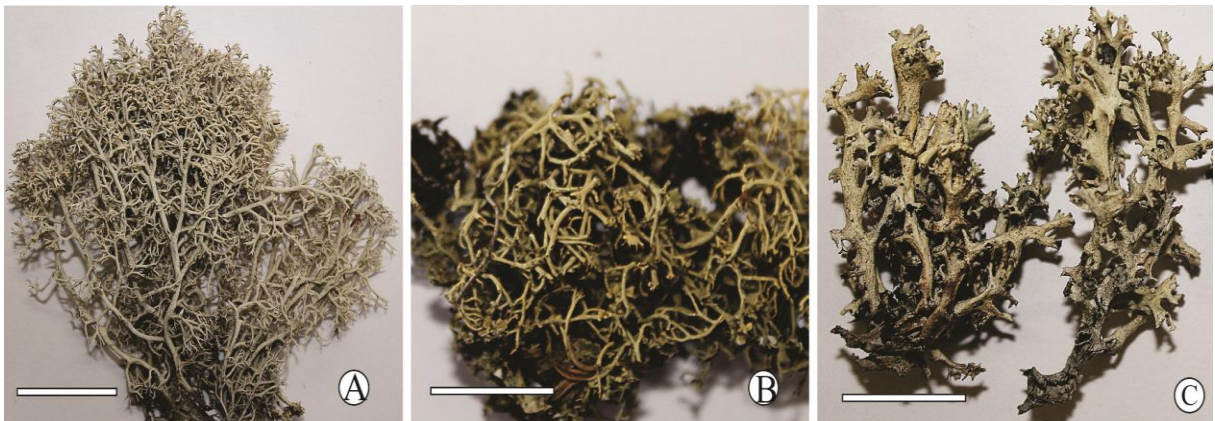


Figure 3 - A. *Cladonia sprucei*, C. A. V. Fraga Jr 678; B. *C. substellata*, C. A. V. Fraga Jr 716. C. *C. turgidior*, C. A. V. Fraga Jr 561. Scale bars = 1 cm.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a conclusão deste trabalho, o primeiro trabalho específico em termos liquenológicos para o Espírito Santo, foram identificadas 27 espécies de *Cladonia* no total, das quais, duas, *C. tuberosa* Fraga-Junior, Gumboski & Eliasaro e *C. capixaba* Fraga-Junior, Gumboski & Eliasaro descrevemos como novas para a ciência, e nove são novos registros para o estado (33%).

Eram conhecidas de literatura 26 espécies de *Cladonia* para estado do Espírito Santo, das quais 18 ocorrem em restinga. Ainda assim, destas, não confirmamos a ocorrência de: *C. bahiana*, *C. coccifera*, *C. kalbii*, *C. rugicaulis* que eram previamente citadas por Ahti (2000) e Marcelli (1998).

Todas as espécies foram encontradas em formações arbustivas abertas secas ou periodicamente inundáveis. As áreas de cobertura densa como formações arbóreas ou áreas frequentemente alagadas não apresentaram condições adequadas para o desenvolvimento de talos de *Cladonia*.

A unidade de conservação com maior riqueza de espécies de *Cladonia* foi o Parque estadual de Itaúnas, com 17 espécies, sendo uma nova para a ciência. A localidade fora de proteção ambiental com maior riqueza foi Itaóca, apresentando 16 espécies, sendo também uma nova para a ciência. É importante notar que a região amostrada de Itaóca está sobre forte pressão antrópica. A atividade de extração de areia oferece grande risco à conservação da liquenobiota local, e claro, à flora e a fauna.

A região da praia de Regência foi a localidade que demonstrou o menor número de espécies, quatro apenas (*C. didyma*, *C. polyscypha*, *C. subradiata* e *C. subsquamosa*). Observou-se que a areia local é amarelo alaranjada, com granulometria menor que as demais localidades, o que indica ser uma área de deposição mais recente e de transporte flúvico-marinho. Somado a condições adversas como altas temperaturas, pouca umidade do solo, frequentes queimadas e atividades antrópicas, supõe-se que a liquenobiota terrícola, principalmente de *Cladonia* não teve oportunidade de se desenvolver e se estabilizar.

A ocorrência de *C. corallifera* nas restingas capixabas foi inesperada, já que a mesma é registrada principalmente para região amazônica. Apesar disto, é possível que os espécimes referidos como *C. coccifera* para a região litorânea do

estado e demais localidades sejam na verdade *C. corallifera*, visto que são morfológicamente quase indistintas.

Os exemplares referidos como *C. furfuracea*, *C. crispatula* e *C. substellata* exibiram uma variabilidade morfológica considerável, necessitando de revisões filogenéticas.

5. ANEXO

Normas para publicação: **Brazilian Journal of Botany**

Scope

The **Brazilian Journal of Botany** is a periodical published by the Sociedade Botânica de São Paulo - SBSP reporting the results of original botanical research written in **English**.

Preparation of manuscripts

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication in any other journal; that its publication has been approved by all of the co-authors, if any, as well as by the responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute where the work was carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation. Authors are responsible for all the informations contained in their papers.

The complete manuscript (including figures and tables) must be sent to the Editor-in-Chief online (<http://submission.scielo.br/index.php/rbb/index>). All manuscripts are peer-reviewed, and their acceptance depends on the decision of the Editorial Board. Manuscripts should only contain information essential to understanding their content. Articles longer than 15 printed pages (approximately 30 typed pages, including figures and tables) may be published at the discretion of the Editorial Board, **although the author(s) will be charged for extra pages. The costs of color figures in the printed version**, if approved by the Editorial Board, **will also be charged to the author(s)**. Colour art is free of charge for online publications. Scientific notes should represent original contributions to scientific research. Instructions for organizing scientific notes are the same as described for complete articles; they should not exceed 10 typed pages including up to three figures or tables. Review papers can be solicited by the Editorial Board.

Instructions to the Authors

The **Brazilian Journal of Botany** (BrazJBot) is a periodical published by the Sociedade Botânica de São Paulo (SBSP) reporting the results of original botanical research as complete articles or scientific notes in English. Either British English or American English spelling and terminology may be used, but must be consistent throughout the text.

Manuscripts should be double-spaced throughout, with consecutive page numbering. Use Word for Windows 2000 (or later versions), font Times New Roman, size 12. Place only one space between words and do not hyphenate them at the end of a line. Do not use tabulation (Tab key) except at the beginning of each paragraph. Do not use bold or underline (except in subtitles). Restrict italics to scientific names, descriptions or diagnosis of new taxa, the names and numbers of collectors, and for genetic or statistical symbols.

Manuscript format

First page - Title: concise and informative (in bold); authors' full names (**in capital letters**); affiliation, complete address, corresponding author and respective e-mail, all as footnotes; running title.

Second page - **ABSTRACT** (include title), Key words (up to 5, in alphabetical order without repeating any title words).

Text - Start a new page each according to the following sequence of items: **INTRODUCTION, MATERIAL AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION, and REFERENCES**. Acknowledgements should be placed before the references.

First-level headings - capitalize the first letter, bold, not centered.

Second-level headings- italic, bold, same font as the first-level heading, followed by the text on the same line but separated by dash (-).

Do not use third-level headings.

Cite each figure and table in the text in numerical order.

Present references according to the following examples: Smith (1960) or (Smith 1960); Smith (1960, 1973); Smith (1960a, b); Smith & Gomez (1979) or (Smith & Gomez 1979); Smith et al. (1990) or (Smith et al. 1990); (Smith 1989, Liu & Barros 1993, Araujo et al. 1996, Sanches 1997).

In taxonomic papers, cite botanical material in detail in the following sequence: place and date of collection, collector's name and number, and herbarium abbreviation, according to the samples below: BRAZIL. Mato Grosso: Xavantina, s.d., *HS Irwin s.n.* (HB3689). São Paulo: Amparo, 23-XII-1942, *JR Kuhlmann & ER Menezes 290* (SP); Matão, BR 156, 8-VI-1961, *G Eiten et al. 2215* (SP, US).

All other papers should cite vouchers.

Authors of scientific names of vascular plants should be abbreviated according to IPNI (<http://www.ipni.org/ipni/plantnamesearchpage.do>). Species author(s) name(s) should be included when first mentioned in the text; in the title only when essential. Abbreviations of original works on taxonomy must follow BPH.

References to unpublished results or submitted papers should appear as follows: (SE Sanchez, unpublished data).

Provide numbers and units as follows:

- Numbers up to nine should be written in full, except if followed by units, or if indicating tables or figures (Examples: 21 L, 20.32 mg, Table 1).

- Separate units from values by placing a space (except for percentages, or geographical degrees, minutes and seconds); use abbreviations whenever possible.

- For compound units, use exponentiation, not slash (Example: mg day⁻¹ instead of mg/day, μmol min⁻¹ instead of μmol/min).

Do not insert spaces to move to the next line if the unit does not fit into the same line. **Do not insert figures into the text file.**

References

Adopt the format used in the examples as follows:

Zar JH. 1999. Biostatistical analysis. 4th ed., Prentice Hall, Upper Saddle River.

Yen AC, Olmstead RG. 2000. Phylogenetic analysis of *Carex* (Cyperaceae): generic and subgeneric relationships based on chloroplast DNA. *In* Monocots: systematics and evolution (KL Wilson, DA Morrison, eds.). CSIRO Publishing, Collingwood, p.602-609.

Bentham G. 1862. Leguminosae. Dalbergiae. *In* Flora brasiliensis (CFP Martius, AG Eichler, eds.). F. Fleischer, Lipsiae, v.15, pars 1, p.1-349.

Döbereiner J. 1998. Função da fixação de nitrogênio em plantas não leguminosas e sua importância no ecossistema brasileiro. *In* Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros (S Watanabe, coord.). Aciesp, São Paulo, v.3, p.1-6.

Farrar JF, Pollock CJ, Gallagher JA. 2000. Sucrose and the integration of metabolism in vascular plants. *Plant Science* 154:1-11.

Punt W, Blackmore S, Nilsson S, Le Thomas A. 1999. Glossary of pollen and spore terminology. <http://www.bio1.ruu.nl/~palaeo/glossary/glosint.htm> (accessed 2003 Apr 10).

Cite dissertations or theses **only in exceptional cases**, when the information provided is essential for a better understanding of the paper, and when the information has not been published as a scientific paper. In this case, use the format below:

Sano PT. 1999. Revisão de *Actinocephalus* (Koern.) Sano - Eriocaulaceae. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Do not cite meeting abstracts.

Tables

Use Word for Windows design resources and table formatting.

Avoid abbreviations (except for units).

Tables should be placed on separate pages, with their titles positioned above them, according to the example:

Table 1. Total flavonoids and total phenol production (% of dry mass) in leaves of *Pyrostegia venusta*.

Do not insert vertical lines; use horizontal lines only to stress the header and close the table.

Figures

Submit a set of high-resolution original figures. Send digital images with a minimum of 300 dpi. Send the original file (in a CorelDraw, Photoshop, or similar format) as well as a .tif file of each digital image. The space available for plates (photographs, drawings, charts, maps, or diagrams) is 23.0 × 17.5 cm at most, including when possible the space required for the legend. Any figure exceeding these dimensions will be resized. These should never be attached to MS Word or Power Point files. Charts or other figures may be reduced to fit into a single column (8.5 cm); therefore, be sure that the numbers or font sizes will remain visible even after reduction. The font type and size of both the legends and charts should be the same as used in the text. Charts and figures made using Excel spreadsheets must be accompanied by the file with the original sheet. Each plate must appear on a separate page. Type all figure legends together (numbered sequentially) on another page. Use bar scales to indicate size. Bar scales should be placed at the bottom of the page on the left hand side. The right hand side should contain the figure number. Avoid the use of letters that are used for internal legends. Failure to correctly follow these instructions concerning illustrations may result in poor quality figures in the printed version; in such cases, the Editorial Board can decide on their elimination or the rejection of manuscripts already accepted. Each figure should have a concise caption accurately describing what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.

Permission

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both printed and online formats, and to include evidence that such permission was granted when submitting their papers. Any material received without these qualifications will be assumed to be original.

Additional information

Details of manuscript organization can be found in the final pages of every journal issue. For further information, refer to the journal's latest issue. The authors will only be informed of the final acceptance of a paper after its approval by the Editorial Board, both in terms of scientific merit and graphic format. For further information please contact us: brazjbot@gmail.com