

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



CYANOBACTÉRIAS CORTICÍCOLAS EM ÁREA URBANA DO RECIFE, PE, BRASIL

JONATAS MOTA PAULINO

RECIFE

2022

JONATAS MOTA PAULINO

CYANOBACTERIAS CORTICÍCOLAS EM ÁREA URBANA DO RECIFE, PE, BRASIL

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas/UFRPE como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof^o Dr^o Watson Arantes Gama Jr.

RECIFE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P328c Paulino, Jonatas Mota
CIANOBACTÉRIAS CORTICÍCOLAS EM ÁREA URBANA DO RECIFE, PE, BRASIL / Jonatas Mota Paulino. -
2022.
42 f. : il.

Orientador: Watson Arantes Gama Junior.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em
Ciências Biológicas, Recife, 2022.

1. Áreas urbanas. 2. Cyanobacteria. 3. Casca de árvore. 4. Taxonomia. 5. Nordeste brasileiro. I. Junior, Watson
Arantes Gama, orient. II. Título

CDD 574

JONATAS MOTA PAULINO

CIANOBACTÉRIAS CORTICÍCOLAS EM ÁREA URBANA DO RECIFE, PE, BRASIL

Comissão Avaliadora:

Prof^o Dr^o Watson Arantes Gama Jr.– Universidade Federal Rural de Pernambuco – Orientador

Prof^a Dr^a Sarah Maria Athiê de Souza – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Titular

Prof^a Dr^a Ana Livia Negrão Leite Ribeiro – Titular

Prof^a Dr^a Camila Francieli Silva Malone – Universidade Anhembi Morumbi– Suplente

RECIFE

2022

AGRADECIMENTOS

Ao longo do meu processo formativo na graduação muitas foram as mãos que me ampararam e me auxiliaram a alcançar meus objetivos. Existe um provérbio africano que diz “A ciência é como o tronco de um baobá, que uma única pessoa não pode abraçar”. Por isso agradeço aqui:

À Deus e aos Orixás que sempre estiveram do meu lado me guiando e abrindo meus caminhos de forma gratificante e prazerosa, em todos os momentos.

Ao meu Orientador, o Prof^o. Dr^o. Watson Arantes Gama Junior, que me deu um gigantesco voto de confiança, abriu meus olhos para o universo das cianobactérias e construiu em mim o desejo de continuar trilhando o caminho da ciência, possibilitando que ao longo dessa jornada eu desenvolvesse competências e habilidades significativas para meu desenvolvimento dentro e fora da academia, sempre com muita dedicação, apoio, paciência e amizade, tudo isso banhado em muita assertividade e cuidado.

À Prof^a Dr^a Ariadne do Nascimento Moura, uma referência pessoal e profissional que sempre muito profissional, categórica e generosa, confiou no meu trabalho e em meio a boas conversas e conselhos, me abriu portas e me cedeu espaços que foram de suma importância no meu crescimento e fortalecimento acadêmico.

À Prof^a Dr^a Flavia Carolina Lins, uma joia dentro da UFRPE que sempre se propôs a me ouvir, ajudar e construir comigo, toda e qualquer empreitada. Sempre com muita dedicação, carinho e respeito.

À Me. Judimar Teixeira, minha professora de biologia no Ensino Básico, que foi a primeira a despertar em mim o desejo e curiosidade pela vida, e sempre esteve pronta a contribuir com minha formação.

Aos Mestres Jhullyrson Brito e Paulo Vieira, os alagoanos que sempre me apoiaram nessa caminhada e entre milhões de xícaras de café, horas e horas de conversa e muito amor e carinho, deixaram tudo mais leve e fácil de lidar, mesmo quando muita coisa parecia não funcionar.

À Me. Raylane Anunciação que sempre foi generosa com o seu conhecimento.

Agradeço aos meus e minhas companheiras(os) de laboratório CyA e do LabFic: Luana Cláudia, Rafael Falcão e Fátima Silva que sempre estiveram próximos e tornaram os dias de trabalho prazerosos.

Aos Drs. Anamaria Diniz, Silvano Lima e Cihelio Amorim, que sempre solícitos e pacientes contribuíram imensamente para minha formação.

As pessoas extremamente especiais dentro da universidade, que sempre se colocaram do meu lado e nunca me permitiram desviar do caminho: Kawany Porpilho, Victor Barbosa, Julio Lima, Bruno Bispo, Mar Domingos, Paula Gabriela, Jesse Elias, José Arthur.

Agradeço especialmente a Paolla Oliveira, minha amiga, parceira e cúmplice, que com seu coração gigante e repleto de carinho e companheirismo, caminhou lado a lado comigo e sempre esteve de corpo e alma presente e disposta a contribuir com meu crescimento.

As pessoas extremamente especiais fora da universidade, que continuamente estiveram do meu lado, construindo memórias e afetos inexplicáveis que facilitaram todo o processo e me permitiram chegar e alcançar meus objetivos: Anthonys Nascimento, Erlen Joana, M^a Eduarda Oliveira, Igor Travassos, Juliana Ferreira, Jan Carlos e Kevin José.

Por fim, mas não menos importante, quero agradecer a minha Família, minha mãe Gildete e meu pai Eudes, que sempre me apoiaram e escancararam portas para que eu pudesse alcançar os espaços que ocupo e que virei a ocupar. À minha tia Etiene, que sempre investiu e insistiu na minha educação, sempre acreditou e confiou em mim e com muito afeto caminhou comigo. E por fim às minhas duas avós, Gilda e Severina, minhas segundas, terceiras, infinitas mães, que sempre me emanaram carinho e fizeram de tudo para que eu pudesse ser quem eu sou hoje. Amo vocês.

E com toda certeza e serenidade eu ME agradeço, por todo trabalho desenvolvido por mim com muita vontade e suor.

*“Arte de criar o saber
Arte, descoberta, invenção
Teoria em grego quer dizer o ser em contemplação
[...]
Sei que a arte é irmã da ciência
Ambas filhas de um Deus fugaz
Que faz num momento e no mesmo momento desfaz”*

(Quanta - Gilberto Gil)

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
	2.1. CIANOBACTÉRIAS.....	12
2.1.1.	ASPECTOS GERAIS	12
	2.2. BIOFILMES FOTOSSINTETIZANTES.....	13
2.2.1.	O QUE SÃO E COMO SE ESTRUTURAM	13
2.3.	TAXONOMIA DE CIANOBACTÉRIAS	14
2.4.	DIVERSIDADE DE CIANOBACTÉRIAS CORTICÍCOLAS.....	15
3.	OBJETIVOS	16
3.1.	OBJETIVO GERAL	16
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4.	REFERÊNCIAS.....	17
	CAPITULO ÚNICO	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização dos pontos de coleta (Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil - Campus da UFRPE). Paulino (2021).	24
Figura 2. <i>Pseudocapsa</i> sp.: A-B) Colônias maduras com células nitidamente heterogêneas; C) Colônia madura com células homogêneas; D) Colônia madura com células dispostas radialmente em seu interior; E) Colônias jovens agregadas; F) Células isoladas, crescendo fora da colônia. Escala: 10 µm.	25
Figura 3. <i>Gloeocapsa kuetzingiana</i> : A) Massa fotossintetizante apresentando diferente pigmentação ao longo do biofilme (setas); B) Células esféricas com divisão em dois planos (seta); C) Colônias maduras, com bainhas visíveis (setas). Escala: 10 µm.	26
Figura 4. <i>Gloeocapsa violacea</i> : A) Colônia madura; B) Seta: Células de resistência; C) Colônia madura com bainha conspicua e firme; D) Colônia madura com bainha inconspicua e difluente; E) Seta: Envelope mucilaginoso individual; F) Colônias jovens. Escala: 10 µm.....	27
Figura 5. <i>Gloeocapsa compacta</i> : A) Colônia madura; B) Seta: Colônia jovem; C) Seta: Envelope mucilaginoso individual. Escala: 10 µm	27
Figura 6. <i>Gloeocapsa stegophila</i> : A-B) Colônias maduras com bainha fortemente pigmentadas; C) colônias jovens com bainhas não pigmentadas. Fonte: Escala: 10 µm	28
Figura 7. <i>Gloeocapsopsis</i> sp.: A-C) Colônias maduras. Escala: 10 µm. Paulino & Gama Jr. (2022).	28
Figura 8. <i>Chroococcus subviolaceus</i> .: A) Células em processo de divisão; B-C) Células altamente granuladas. Escala: 10 µm. Paulino & Gama Jr. (2022).	29
Figura 9. <i>Chloroglea</i> aff. <i>novacekii</i> : A-C) Colônias maduras, com células densamente agrupadas e envelopes mucilaginosos pigmentados. Escala: 10 µm. Paulino & Gama Jr. (2022).	30
Figura 10. <i>Aphanothece densa</i> : A) Colônia madura com pigmentação amarelada na bainha; <i>Aphanothece excentrica</i> : B-C) Colônias maduras. Escala: 10 µm. Paulino & Gama Jr. (2022).	30
Figura 11. <i>Aphanocapsa</i> sp.: A-B) Colônias adultas; C) Colônia adulta com bainha difluente. Escala: 10 µm. Paulino & Gama Jr. (2022)	31
Figura 12. <i>Schizothrix</i> sp.: A) Filamento maduro com dois tricomas; B) Seta: bainha espessa e hialina; C) Seta: célula apical aumunado-cônico. Escala: 10 µm. Paulino & Gama Jr. (2022).	31
Figura 13. <i>Leiblenia porphyrosiphoni</i> .: A) Filamentos maduros; B) Filamento maduro em processo de fragmentação/reprodução, seta: bainha hialina fina; C) Célula apical. Escala 10 µm. Paulino & Gama Jr. (2022).	32
Figura 14. <i>Porphyrosipon notarisii</i> : A) Filamentos emaranhados; B) Bainha fortemente vermelho enferrujada; C) Filamento fechado no ápice; D) Seta: Lamelas da bainha; E) Seta: hormogônios. Escala: 10 µm. Paulino & Gama Jr. (2022).	33
Figura 15. <i>Lyngbya</i> cf. <i>truncicola</i> : A) Células vegetativas; B) Feixes com dois filamentos agregados, com bainha fortemente pigmentada; C) Hormogônio fragmentado dentro do filamento. Escala: 10 µm. Paulino & Gama Jr. (2022).	33
Figura 16. <i>Microcoleus</i> cf. <i>vulgaris</i> : A) Filamentos maduros emaranhados em folíolo de briófitas, seta: vesículas no interior das células vegetativas ao longo do tricoma; B) Célula apical com caliptra; C) hormogônio. Escala: 10 µm.	34
Figura 17. <i>Nostoc interbryum</i> : A-C) Colônias maduras; D) Seta: Colônia com bainha difluente; E) Seta: Filamentos envelopados e pigmentados dentro da colônia; F) Hormogônio Escala: 10 µm ...	35
Figura 18. <i>Scytonema javanicum</i> : A) Filamentos ramificados; B) Heterócitos; C) Células vegetativas. 10 µm.	35

Figura 19. <i>Brasilonema roberti-lamyi</i> : A) Feixes eretos; B) Seta: ramificações falsas do tipo citonematoide, raras; C) Seta: Heterócito; D) filamentos levemente curvados; E) Hormogônio Escala: 10 µm	36
Figura 20. <i>Brasilonema bromeliae</i> : A) Filamentos eretos fixos a parte do substrato; B) Heterócito; C) Células vegetativas altamente granuladas. Escala: 10 µm	37
Figura 21. <i>Stigonema corticola</i> : A) Filamentos emaranhados; B-C) Disposição dos filamentos; D) Heterócito na lateral do filamento; E-F) filamento multiseriado. Escala: 10 µm.	37

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Localização de cada árvore de <i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard. – Fabaceae, utilizada como réplica para a coleta do material.	24
Tabela 2. Taxa encontrados em cada uma das réplicas (árvores 1, 2 e 3) e respectivas alturas (baixa, média e alta) – Período seco.. Fonte: Paulino <i>et al.</i> (2022).....	38
Tabela 3. Taxa encontrados em cada uma das réplicas (árvores 1, 2 e 3) e respectivas alturas (baixa, média e alta) – Período Seco.. Fonte: Paulino <i>et al.</i> (2022).	39

RESUMO

Biofilmes fotossintetizantes corticícolas são conglomerados de microorganismos que se dispõem sobre troncos lenhosos. Esses conglomerados são formados por uma gama de micro e macro organismos clorofilados, onde des-se as microalgas verdes e cianobactérias. As cianobactérias, por sua vez, além de contribuírem diretamente na produção primária e biossíntese oxigênica, são fundamentais na manutenção desses biofilmes, uma vez que ao longo de seu processo evolutivo elas desenvolveram diversas habilidades que contribuem não só para autopreservação e automanutenção biológica, como para a manutenção do meio em que elas estão inseridas, a partir da produção de substâncias poliméricas extracelulares (*EPS*) e de substâncias fotoprotetoras. Embora apresentem um papel ecológico importante, pouco se sabe sobre essas comunidades, principalmente em regiões tropicais, onde a diversidade desses organismos é significativa. No Brasil, são escassos os trabalhos que objetivam entender esse grupo, e os poucos trabalhos existentes focam em comunidades da região sudeste e centro-oeste do país. Com isso, o objetivo do nosso trabalho foi realizar um levantamento taxonômico de cianobactérias corticícolas em uma área urbana de Dois Irmãos, PE, Brasil. Para isso, foram realizadas duas coletas, no período seco e chuvoso, em três árvores semelhantes, ambas pertencentes a espécie *Clitoria fairchildiana* R.A.Howard, ao longo de um gradiente de altura (região baixa, média e alta da árvore) e espacial (lados leste e oeste). O material foi raspado com o uso de espátulas de metal em regiões de 25cm² e armazenados em sacos de papel branco, no escuro. As análises taxonômicas foram realizadas em microscopia óptica com a produção de 5-7 lâminas por amostra. Tais análises resultaram na identificação de 21 táxons, sendo quatro identificados em nível de gênero, um em *affinis*, três em *conferatur* e 13 espécies. Dessas, duas tratam-se de novas citações para o Brasil (*Gloeocapsa violacea* e *Leibleina porphyrosiphonis*) e onze novas citações para o nordeste brasileiro. O número expressivo de novas citações para o Brasil e para o nordeste, considerando o esforço amostral do presente trabalho, indica que o território brasileiro apresenta uma diversidade cianobacteriana corticícola ainda subexplorada. Logo, trabalhos adicionais, que investiguem a composição dessas comunidades, são necessários para uma compreensão ampla sobre os cianoprocaríotos na região nordeste do território brasileiro.

Palavras-chave: Áreas urbanas, Cyanobacteria, Casca de árvore, Taxonomia, Nordeste brasileiro.

1. INTRODUÇÃO

As cianobactérias são organismos procariontes que realizam fotossíntese oxigênica, que podem se apresentar em colônias recobertas por mucilagem ou unicelulares isolados e filamentos. Contém clorofila *a*, podendo apresentar também clorofila *b*, *d* ou *f*, variando de acordo com seu habitat. Como pigmentos acessórios, apresentam as ficobiliproteínas, sendo elas a ficocianina, aloficocianina e a ficoeritrina (GAMA *et al.*, 2014; LEE, 2008; MUÑOZ-MARTÍN *et al.*, 2019; SANT'ANNA; AZEVEDO; *et al.*, 2011; SANT'ANNA; BRANCO; *et al.*, 2011; SANT'ANNA *et al.*, 1991). Encontrados no planeta há cerca de 3,5 bilhões de anos, esses organismos passaram por um longo processo evolutivo que viabilizou que as cianobactérias ocupassem uma grande variedade de habitats em diversos ambientes, principalmente devido à gama de pigmentos que esses organismos podem apresentar, dando suporte a sua ocorrência em ambientes com diferentes disponibilidades luminosas (STAL, 2007). Em todos esses habitats, as cianobactérias podem apresentar variações significativas quanto ao ciclo de vida, estrutura celular e molecular, gerando uma enorme diversidade taxonômica refletida no número de famílias, gêneros e espécies descritas.

As cianobactérias são abundantemente estudadas nos ambientes aquáticos por apresentarem alta capacidade de crescimento em superfícies aquáticas quando há aumento dos nutrientes (eutrofização). Essa proliferação é conhecida como floração ou “*bloom*” (HAB - *Harmful Algal Bloom*) (MOURA *et al.*, 2006). Porém, elas se fazem importantíssimas nos ambientes terrestres, formando os biofilmes, nos quais são consideradas organismos pioneiros e figuram entre os mais abundantes, principalmente em ambientes altamente expostos à luz, com ciclos diários de oscilações drásticas na temperatura e disponibilidade hídrica. Elas diferem dos outros microrganismos presentes nos biofilmes fotossintetizantes devido à resistência as variações climáticas do micro-habitat e sua capacidade de sobreviver aos altos níveis de radiação ultravioleta (CRISPIM *et al.*, 2003).

Contudo, o número de informações sobre a biodiversidade de cianobactérias terrestres é reduzido, quando comparado ao número de trabalhos direcionados a cianobactérias aquáticas. Quando analisado geograficamente, esses dados são ainda mais restritos, uma vez que a maioria das pesquisas direcionadas a esse grupo aglutinam-se nas regiões da zona temperada do globo, em especial regiões europeias, com um número menor de trabalhos relacionados a diversidade de espécies cianobacterianas terrestres nas regiões tropicais (SANT'ANNA; BRANCO; *et al.*, 2011). Por sua vez, no Brasil, as pesquisas ainda são concentradas nas regiões sul e sudoeste do país (e.g. GAMA *et al.*, 2014; MUÑOZ-MARTÍN *et al.*, 2019; SANT'ANNA; AZEVEDO; *et al.*, 2011; SANT'ANNA; BRANCO; *et al.*, 2011; SANT'ANNA *et al.*, 1991), com nenhum trabalho relacionado às cianobactérias terrestres para o nordeste e principalmente para o estado de Pernambuco. Essa problemática se potencializa quando falamos de comunidades mais específicas, como as de cianobactérias corticícolas, que são os cianoprocariontes que epífitam troncos lenhosos, e que tem até o momento, apenas 3 trabalhos publicados relacionados a diversidade do grupo (LEMES-DA-SILVA *et al.*, 2010; LEMES-DA-SILVA *et al.*, 2012; NOGUEIRA *et al.*, 2013), o que é nitidamente um problema, uma vez que em regiões tropicais, essas comunidades podem apresentar uma diversidade de organismos significativa (NEUSTUPA; ŠKALOUD, 2008).

No Brasil, estudos de biodiversidade florística ainda são exploratórios, e 18% de áreas prioritárias de conservação ainda são classificadas como portadoras de “conhecimentos insuficientes” quanto à diversidade biótica. Por isso, é necessário a realização de inventários e estudos biológicos para consolidar essas informações que podem promover ações voltadas à conservação do patrimônio

biológico brasileiro (GIULIETTI *et al.*, 2005). Esse montante de ‘conhecimento insuficiente’ é ainda maior para grupos microbiológicos, como é o caso das cianobactérias corticícolas. Assim, é indispensável o desenvolvimento de pesquisas voltadas a esse grupo, levando em consideração a diversidade e a extrema importância dessa microbiota para o ecossistema, uma vez que esses são fundamentais nos ciclos biogeoquímicos e manutenção do ecossistema (LEE, 2008; WHITTON; POTTS, 2012).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CIANOBACTÉRIAS

2.1.1. ASPECTOS GERAIS

O filo Cyanobacteria é composto por cerca de 5.302 espécies (GUIRY; GUIRY, 2022) e engloba procariotos que apresentam uma alta complexidade morfo-fisio-ecológicas. As cianobactérias surgiram no pré-cambriano, há cerca de 3,5 bilhões de anos, e são os únicos procariotos capazes de realizar fotossíntese oxigênica (STAL, 2007). Todas apresentam clorofila *a* e podem também apresentar clorofila *b*, *d* ou *f*, além de vários pigmentos acessórios, cujas concentrações variam de acordo com as condições ambientais (LEE, 2008). Por serem fundamentais no processo de produção primária, as cianobactérias foram extremamente importantes no protagonismo durante a oxigenação da atmosfera da Terra, processo que viabilizou o surgimento de outras formas de vida mais complexas, como plantas e animais (FERREIRA *et al.*, 2008) moldando assim o que seriam os primórdios da vida terrena como a conhecemos hoje.

Morfologicamente, as cianobactérias podem apresentar formas unicelulares e coloniais (cocoides) ou filamentosas homocitadas e filamentosas heterocitadas (BICUDO; MENEZES, 2006). Segundo STAL (2007), as cianobactérias podem ser subdivididas em cinco sessões: (I) Unicelulares que realizam apenas fissão binária; (II) Unicelulares que podem realizar fissão binária e/ou múltipla (formando baeócitos ou nanócitos); (III) Filamentosas homocitadas caracterizadas por apresentarem um único tipo de célula ao longo dos filamentos; e as filamentosas heterocitadas, que se destacam por apresentarem células especializadas e dividirem-se em duas seções: (IV) Filamentos que apresentam ramificações falsas ou ausentes e (V) Filamentos que apresentam ramificações verdadeiras.

Sistematicamente, esses organismos podem ser encontrados distribuídos em quatro grandes ordens: A) Chroococcales: compreende organismos das seções I e II e embora as cianobactérias desse grupo sejam chamadas genericamente de cocoides, elas apresentam uma diversidade de formas e podem apresentar complexos ciclos de vida, podendo ocorrer inter-relação de estágios entre organismos de taxa distintos e destacam-se por não formarem filamentos verdadeiros (GAMA *et al.*, 2014); B) Oscillatoriales: engloba os organismos da seção III, que sempre vão apresentar filamentos uniseriados e por não apresentarem uma variedade de células ao longo dos filamentos, algumas características são fundamentais no processo de identificação dos grupos, como a presença ou ausência de bainha ou células apicais. (KOMÁREK, 2005); C) Nostocales: corresponde às cianobactérias caracterizadas na seção IV e se destacam por apresentarem células especializadas ao longo de seus filamentos, como os acinetos (células de resistência) e heterócitos, estas células tem a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, o que é fundamenta para o desenvolvimento do organismo (KOMÁREK, 2013); D) Stigonematales: corresponde as cianobactérias da seção V e diferem das Nostocales apenas devido à presença das ramificações verdadeiras, que são características de diversas linhagens evolutivas de cianobactérias heterocitadas (KOMÁREK, 2013).

Vale salientar que filogeneticamente, as cianobactérias homocitadas e cocoides não formam grupos monofiléticos e as cianobactérias heterocitadas com ramificação verdadeira, por se organizarem em diferentes grupos de acordo com o padrão de ramificação, formam clados polifiléticos junto aquelas com ramificação falsa (KOMÁREK *et al.*, 2014).

Ao longo do processo evolutivo, além da expressiva variedade morfológica, as cianobactérias adquiriram várias modificações fisiológicas que resultaram em grande sucesso evolutivo (GAMA *et al.*, 2014). Essa versatilidade metabólica está diretamente conectada com sua capacidade adaptativa e ampla distribuição, isso é expresso pela capacidade desses indivíduos de ocupar um conjunto de ambientes sob diversas condições ambientais, inclusive ambientes caracterizados como extremos, desde aquáticos a terrestres (GAYSINA *et al.*, 2019; KOMÁREK, 1998). No ambiente aquático, as cianobactérias ganham destaque devido ao potencial de produção de florações e cianotoxinas, fenômeno principalmente atribuído às atividades antrópicas que resultam na eutrofização dos corpos hídricos (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Devido à essa problemática, as cianobactérias aquáticas são mais estudadas, comparadas às cianobactérias de outros ambientes (GIULIETTI *et al.*, 2005). Todavia, nos ambientes terrestres as cianobactérias estão intimamente ligadas ao meio em que estão inseridas e podem desempenhar diversos serviços ecossistêmicos de suporte e regulação, como estruturação dos solos, regulação da temperatura dos biofilmes e proteção contra dessecação. Além de apresentarem uma diversidade significativa, principalmente em regiões tropicais, colonizando diversos substratos naturais e artificiais, em conglomerados chamados de biofilmes fotossintetizantes (DVOŘÁK *et al.*, 2021; KOMÁREK, 1999; SANT'ANNA *et al.*, 2007).

2.2. BIOFILMES FOTOSSINTETIZANTES

2.2.1. O QUE SÃO E COMO SE ESTRUTURAM

Os biofilmes fotossintetizantes caracterizam-se como um agregado de microrganismos que se fixam sobre um substrato a partir da produção de substâncias extracelulares, podendo esses serem sésseis (OLIVEIRA *et al.*, 2006) ou dispostos em flocos (RIGO *et al.*, 2002). São consideradas comunidades altamente complexas e totalmente funcionais que contem organismos de diferentes grupos, como cianobactérias, algas, fungos e bactérias heterotróficas. Dentre a biodiversidade encontrada em biofilmes, as cianobactérias são os organismos dominantes na maioria dos casos e são considerados os pioneiros no processo de formação do biofilme devido à sua significativa variabilidade metabólica e alta capacidade adaptativa (CRISPIM *et al.*, 2003).

Os microrganismos presentes nos biofilmes terrestres são muito suscetíveis às variações ambientais, o que os levam a buscar mecanismos para se adaptarem a essas mudanças que podem, dependendo do habitat, serem bruscas, como a variabilidade na disponibilidade hídrica, a flutuação de temperatura e a alta incidência de radiação UV (SECKBACH, 2007). As cianobactérias, por sua vez, desenvolvem diversos meios para se manterem no substrato, como a produção de substâncias poliméricas extracelulares – EPS (MACEDO *et al.*, 2009), produção de apêndices, como pili ou proteínas adesina (OLIVEIRA *et al.*, 2010) e produção de substâncias fotoprotetoras, para a proteção contra radiação solar intensa (RASTOGI *et al.*, 2015). Além de autoproteção, essas substâncias produzidas pelas cianobactérias podem adquirir, dentro dos biofilmes, um papel coletivo e beneficiar outros organismos que não apresentam essas habilidades (FLEMMING; WINGENDER, 2010; MUÑOZ-MARTÍN *et al.*, 2019).

Como citado anteriormente, os biofilmes fotossintetizantes no ambiente terrestre podem colonizar uma gama de substratos. De acordo com o tipo de substrato, podem ser classificados como edáficas (solos), litófitas (rochas), epizóicas (animais) e epífitas (algas ou plantas). Estas últimas, por sua vez, são aquelas que ocupam a superfície de plantas e podem ser de dois tipos, epifíticas (dispostas sobre folhas) e epifloeicas ou corticícolas (dispostas sobre os troncos) (HOFFMANN, 1989). Esse grupo, embora pouco explorado, destaca-se por apresentar uma elevada diversidade, principalmente em regiões tropicais (BHAKTA *et al.*, 2014) e a falta de trabalhos direcionado a ele subestima o número e particularidade de espécies dessas comunidades.

2.3. TAXONOMIA DE CIANOBACTÉRIAS

Segundo AGANETTE *et al.* (2010), o termo taxonomia tem origem do grego *taxis* (ordem) e *nomos* (lei) e no campo das ciências biológicas refere-se a identificação e denominação de grupos biológicos. A princípio, até o século XVI, não existia um método para descrição de seres vivos o que tornava a organização biológica subjetiva e heterogênea. A classificação dos seres vivos foi exponenciada a partir dos esforços de Jhon Ray, no início do século XVII, com a postulação da necessidade de formular grandes categorias taxonômicas para inclusão de plantas e animais. Um sistema universal para identificação e classificação dos seres vivos não existia. Isso mudou no ano de 1735 com a publicação do livro *Systema Naturae*, escrito pelo botânico *Carl von Linné* (Lineu). Com a publicação desse livro e de outros voltados à classificação de organismos biológicos, Lineu estabeleceu um método científico que engatava a padronização do sistema de classificação a partir do sistema binominal (TENÓRIO, 1977). Nesse momento da história, a taxonomia se preocupava muito com a construção de um sistema de nomenclatura efetivo e a classificação (sistemática) dos organismos, tendo um viés voltado principalmente à sistemática comparada e organografia (MASON, 1950). Além disso, os cientistas desse período empregavam uma sistemática com base em sistemas naturais que não consideravam os processos oriundos da evolução para a caracterização dos organismos. Atualmente, a taxonomia é tratada como método que visa reconhecer e registrar os organismos, levando em consideração suas características morfológicas, evolutivas (genéticas), ecológicas e variações fenotípicas, sendo esses quatro pilares fundamentais no embasamento descritivo de organismos (KOMÁREK, 2010).

Em relação à taxonomia cianobacteriana, os processos também foram dinâmicos e complexos, apresentando problemas que se estenderam até os dias atuais, refletindo diretamente nos dados levantados atualmente, percorrendo desde questões de nomenclatura aos métodos de análise. *A priori*, as cianobactérias eram nomeadas e descritas unicamente com base no Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Fungos e Plantas (ICBN), baseando-se majoritariamente em seus caracteres morfológicos. Atualmente, a prática taxonômica sobre esses organismos foi incrementada com parâmetros tradicionalmente utilizados na bacteriologia. Essa junção se justifica pelo fato de que, embora realizem fotossíntese oxigênica, as cianobactérias são bactérias e fatores fisiológicos, bioquímicos e ecológicos são essenciais no processo de identificação desse grupo de organismos. Logo, incrementar a taxonomia das cianobactérias com parâmetros da biologia molecular e outros é extremamente relevante (KOMÁREK, 2005; SUDA *et al.*, 2002).

No entanto, mesmo que avanços no entendimento da taxonomia desse grupo tenham sido alcançadas, algumas problemáticas tornam o processo taxonômico dificultoso. Segundo KOMÁREK (2002), três pontos são fundamentais na compreensão dessas dificuldades: (I) Os conhecimentos utilizados na maioria das descrições ainda estão restritos aos caracteres morfológicos; (II) os dados

referentes aos genótipos e variações fenotípicas ainda são fragmentados e não são associados aos parâmetros morfológicos; e (III) a persistência na ideia de que todos os organismos podem estar presentes em todos os lugares, o que pode ocasionar identificações arbitrárias para populações distintas. Isso pode resultar na negação de espécies crípticas, designação de um mesmo nome para morfotipos diferentes ou nomes diferentes para mesma espécie.

De acordo com BICUDO (2004), a taxonomia de cianobactérias sempre esteve em constante evolução. Após a difusão do entendimento de que as análises moleculares eram importantes no processo taxonômico, um *boom* de trabalhos surgiu com essa perspectiva, devido ao suporte que essas análises dão ao trabalho apresentado (SHALYGIN *et al.*, 2017). No entanto, a taxonomia clássica, que é baseada em caracteres morfológicos, deve ser o método inicial para conhecer a diversidade desses organismos e se faz tão importante quanto a taxonomia/sistemática filogenética. Embora a análise molecular seja importante, ela não é parte única do processo descritivo de organismos biológicos, uma vez que a taxonomia filogenética deve concordar com os caracteres morfológicos e ecológicos, para que uma compreensão mais ampla dos grupos seja alcançada (KOMÁREK, 2002). Conhecer morfologicamente esses grupos é importante para a promoção do conhecimento, não apenas acerca da biologia do organismo, mas também em seus aspectos ecológicos e biotecnológicos.

Infelizmente a taxonomia cianobacteriana se encontra com foco mais abrangente sobre as espécies de ambientes aquáticos do que as terrestres, embora a diversidade de espécies em ambientes terrestres/subaéreos seja significativa (GIULIETTI *et al.*, 2005). No Brasil as pesquisas ainda são concentradas nas regiões sul e sudeste do país (e.g. GAMA *et al.*, 2019; MALONE *et al.*, 2015; SANT'ANNA; AZEVEDO; *et al.*, 2011; SANT'ANNA; BRANCO; *et al.*, 2011) com nenhum trabalho relacionado às cianobactérias terrestres para o nordeste, principalmente os relacionados as comunidades corticícolas.

2.4. DIVERSIDADE DE CIANOBACTÉRIAS CORTICÍCOLAS

Mesmo as cianobactérias apresentando uma diversidade significativa em regiões tropicais (JAHODÁŘOVÁ *et al.*, 2017; RIGONATO *et al.*, 2017), os trabalhos para esse grupo em ambientes terrestres e tropicais são escassos, e isso se amplifica quando falamos de pesquisas direcionadas à diversidade de cianobactérias corticícolas no território brasileiro. Vale salientar que elas podem apresentar importância e potenciais eco-biotecnológicas significativas, para o campo da farmácia, medicina e cosméticos (MESHRAM; CHAUGULE, 2018), como a produção de protetores anti-UV (SINGH *et al.*, 2017) e controle de agentes antimicrobianos, com metabólitos contra organismos de importância médica e sanitária, como *Pseudomonas aeruginosa*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus epidermidis* e *Bacillus brevis* (SAHU *et al.*, 2017). Apesar desses efeitos, esse potencial está subexplorado devido ao desconhecimento desses organismos.

Em regiões europeias e tropicais (fora do Brasil), como Índia, Indonésia, Filipinas, é possível encontrar trabalhos que direcionam esforços para compreender a diversidade de algas e cianobactérias corticícolas (e.g. AMBIKA; KRISHNAMURTHY, 2019; ARGUELLES, 2021; NEUSTUPA; ŠKALOUD, 2008; 2010; NEUSTUPA; ŠTIFTEROVÁ, 2013), mas no Brasil a realidade é diferente. Há poucos trabalhos no nosso território voltados a comunidades cianobacterianas corticícolas, sendo conhecidos dois para a região Sudeste (SP) (LEMES-DA-SILVA *et al.*, 2010; LEMES-DA-SILVA *et al.*, 2012) e um para a região Nordeste (PE) (NOGUEIRA *et al.*, 2013). Ainda assim, o trabalho para o PE apresentam taxa identificados em nível de gênero e com poucas informações sobre eles.

Em contrapartida, o trabalho realizado em SP por LEMES-DA-SILVA *et al.* (2010) apresenta seis novas espécies e o realizado por LEMES-DA-SILVA *et al.* (2012) de 2012 apresenta 18 identificações, com um novo registro para o Brasil. Estes trabalhos indicam que, de fato, existe uma diversidade significativa de cianobactérias corticícolas no território brasileiro que ainda é subexplorada e requer esforços para sua compreensão.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar qualitativamente a composição da comunidade de cianobactérias corticícolas em árvores selecionadas na área urbana de Dois Irmãos, PE, Brasil.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar, descrever e ilustrar as espécies de cianobactérias encontradas;
- b) Avaliar a presença de espécies encontradas em dois períodos de amostragem (seca e chuva).

4. REFERÊNCIAS

- AGANETTE, E.; ALVARENGA, L.; SOUZA, R. R. Elementos constitutivos do conceito de taxonomia. **Informação & Sociedade**, 20, n. 3, 2010.
- AMBIKA, H.; KRISHNAMURTHY, S. Diversity of subaerial algae and cyanobacteria on tree bark in tropical mountain habitats. **Algological Studies**, p. 15-27, 2019.
- ARGUELLES, E. D. New records of corticolous microalgae and cyanobacteria for Philippine algal flora from Mt. Makiling Forest Reserve. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, 2021, p. 1-8, 2021.
- BHAKTA, S.; PATTANAIK, L.; DUTTA, P.; SAHU, E. *et al.* Diversity of corticolous algae from Similipal Biosphere reserve, Mayurbhanj, Odisha. **Personal Communication**, 2014.
- BICUDO. Taxonomia. : SciELO Brasil. 4: I-II p. 2004.
- BICUDO, C.; MENEZES, M. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. 2ª edição. **Rima, São Carlos. 502p**, 2006.
- CRISPIM, C. A.; GAYLARDE, P. M.; GAYLARDE, C. C. Algal and cyanobacterial biofilms on calcareous historic buildings. **Current microbiology**, 46, n. 2, p. 0079-0082, 2003.
- DVOŘÁK, P.; HAŠLER, P.; CASAMATTA, D. A.; POULÍČKOVÁ, A. Underestimated cyanobacterial diversity: trends and perspectives of research in tropical environments. **Fottea**, 21, n. 2, p. 110-127, 2021.
- FERREIRA, S.; ALVES, M. I. C.; SIMÕES, P. P. Ambientes e Vida na Terra—os primeiros 4.0 Ga. **Estudos do Quaternário/Quaternary Studies**, n. 5, p. 99-116, 2008.
- FLEMMING, H.-C.; WINGENDER, J. The biofilm matrix. **Nature reviews microbiology**, 8, n. 9, p. 623-633, 2010.
- GAMA, W. A.; LAUGHINGHOUSE IV, H. D.; SANT'ANNA, C. L. How diverse are coccoid cyanobacteria? A case study of terrestrial habitats from the Atlantic Rainforest (São Paulo, Brazil). **Phytotaxa**, 178, n. 2, p. 61, 2014.
- GAMA, W. A.; RIGONATO, J.; FIORE, M. F.; SANT'ANNA, C. L. New insights into *Chroococcus* (Cyanobacteria) and two related genera: *Cryptococcum* gen. nov. and *Inacoccus* gen. nov. **European Journal of Phycology**, 54, n. 3, p. 315-325, 2019.
- GARDNER, N. L.; STOUT, A.; RUSBY, H. H.; HOLLICK, A. **New Myxophyceae from Porto Rico**. New York Botanical Garden, 1927.
- GAYSINA, L. A.; SARAF, A.; SINGH, P. Cyanobacteria in diverse habitats. *In: Cyanobacteria*: Elsevier, 2019. p. 1-28.
- GIULIETTI, A. M.; QUEIROZ, L. P.; WANDERLEY, M. d. G. L.; VAN DEN BERG, C. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. 2005.
- GOMONT, M. Monographie des Oscillariées (Nostocacées homocystées), vol. ser. 7, vol. 15 of Annales des Sciences Naturelles, Botanique Series. Fortin. : Masson, Paris [38] 1892.
- GUIRY, M. D.; GUIRY, G. M. **AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway**. URL: <http://www.algaebase.org>, 2022. Acesso em: 18 May.
- HOFFMANN, L. Algae of terrestrial habitats. **The botanical review**, 55, n. 2, p. 77-105, 1989.

- JAHODÁŘOVÁ, E.; DVOŘÁK, P.; HAŠLER, P.; POULÍČKOVÁ, A. Revealing hidden diversity among tropical cyanobacteria: the new genus *Onodrimia* (Synechococcales, Cyanobacteria) described using the polyphasic approach. **Phytotaxa**, 326, n. 1, p. 28–40–28–40, 2017.
- KOMÁREK, J. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 19/1, Cyanoprokaryota, 1. Teil: *Chroococcales*, 548 pp. : Spektrum Akademischer verlag, Heidelberg-Berlin 1998.
- KOMÁREK, J. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. **Subwasserflora von Mitteleuropa**, 19, p. 1-548, 1999.
- KOMÁREK, J. Problems in cyanobacterial taxonomy: implication for most common toxin producing species. **Rapporti Istisan**, n. 9, p. 6-43, 2002.
- KOMÁREK, J. **Süßwasserflora von Mitteleuropa, bd. 19/2: Cyanoprokaryota: Oscillatoriales**. Spektrum Akademischer Verlag, 2005. 3827409195.
- KOMÁREK, J. Recent changes (2008) in cyanobacteria taxonomy based on a combination of molecular background with phenotype and ecological consequences (genus and species concept). **Hydrobiologia**, 639, n. 1, p. 245-259, 2010.
- KOMÁREK, J. **Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/3: Cyanoprokaryota: 3. Teil/3rd part: Heterocytous Genera**. Springer Spektrum, 2013. 3827409322.
- KOMÁREK, J.; KAŠTOVSKÝ, J.; MAREŠ, J.; JOHANSEN, J. R. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. **Preslia**, 86, n. 4, p. 295-335, 2014.
- LEE, R. Cyanobacteria. **Phycology, 4th edition**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 33-80, 2008.
- LEMES-DA-SILVA, N. M.; BRANCO, L. H. Z.; NECCHI-JÚNIOR, O. New aerophytic morphospecies of Cyanobacteria from tropical forest fragments in northwestern São Paulo state, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, 24, p. 916-923, 2010.
- LEMES-DA-SILVA, N. M.; BRANCO, L. H. Z.; NECCHI JÚNIOR, O. Corticolous cyanobacteria from tropical forest remnants in northwestern São Paulo State, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, 35, p. 169-179, 2012.
- MACEDO, M. F.; MILLER, A. Z.; DIONÍSIO, A.; SAIZ-JIMENEZ, C. Biodiversity of cyanobacteria and green algae on monuments in the Mediterranean Basin: an overview. **Microbiology**, 155, n. 11, p. 3476-3490, 2009.
- MALONE, C. F. S.; RIGONATO, J.; LAUGHINGHOUSE IV, H. D.; SCHMITH, E. C. *et al.* *Cephalothrix* gen. nov. (Cyanobacteria): towards an intraspecific phylogenetic evaluation by multi-locus analyses. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, 65, p. 2993-3007, 2015.
- MARTINS, M. D. Estudos polifásicos de populações de Phormidioideae (Oscillatoriales, Cyanobacteria). 2014.
- MASON, H. L. Taxonomy, systematic botany and biosystematics. **Madroño**, 10, n. 7, p. 193-208, 1950.
- MESHARAM, B. G.; CHAUGULE, B. B. An introduction to cyanobacteria: diversity and potential applications. **The role of photosynthetic microbes in agriculture and industry**, p. 1, 2018.

- MOURA, A. N.; PIMENTEL, R. M. d. M.; LIRA, G. A. d. S. T.; CHAGAS, M. d. G. S. *et al.* Composição e estrutura da comunidade fitoplactônica relacionadas com variáveis hidrológicas abióticas no reservatório de Botafogo. **Revista de Geografia**, 23, n. 3, p. 19-30, 2006.
- MUÑOZ-MARTÍN, M. Á.; BECERRA-ABSALÓN, I.; PERONA, E.; FERNÁNDEZ-VALBUENA, L. *et al.* Cyanobacterial bio crust diversity in Mediterranean ecosystems along a latitudinal and climatic gradient. **New Phytologist**, 221, n. 1, p. 123-141, 2019.
- NEUSTUPA, J.; ŠKALOUD, P. Diversity of subaerial algae and cyanobacteria on tree bark in tropical mountain habitats. **Biologia**, 63, n. 6, p. 806-812, 01 Dec. 2008 2008.
- NEUSTUPA, J.; ŠKALOUD, P. Diversity of subaerial algae and cyanobacteria growing on bark and wood in the lowland tropical forests of Singapore. **Plant ecology and evolution**, 143, n. 1, p. 51-62, 2010.
- NEUSTUPA, J.; ŠTIFTEROVÁ, A. Distribution patterns of subaerial corticolous microalgae in two European regions. **Plant Ecology and Evolution**, 146, n. 3, p. 279-289, 2013.
- NOGUEIRA, J. L.; MOREIRA, C. H. P.; SANTOS OLIVEIRA, E. F. A.; HENRIQUE, R. M. d. S. *et al.* Identificação de cianobactérias associadas às briófitas em caules de angiospermas. 2013.
- OLIVEIRA, C. S. P.; SILVA FONSECA, A.; DÍAZ, C. A.; SANTOS, W. P. Reflexões sobre o desafio ambiental: níveis de eutrofização e floração de cianobactérias na Baía Apodi-Mossoró. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 11, n. 5, p. 519-530, 2020.
- OLIVEIRA, L. A. T. d.; FRANCO, R. M.; CARVALHO, J. C. A. d. P.; ALMEIDA FILHO, E. S. d. *et al.* Biofilme na indústria de alimentos: revisão. **Hig. aliment**, p. 33-35, 2006.
- OLIVEIRA, M. M. M.; BRUGNERA, D. F.; PICCOLI, R. H. Biofilmes microbianos na indústria de alimentos: uma revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, 69, n. 3, p. 277-284, 2010.
- RASTOGI, R. P.; SONANI, R. R.; MADAMWAR, D. Cyanobacterial sunscreen scytonemin: role in photoprotection and biomedical research. **Applied biochemistry and biotechnology**, 176, n. 6, p. 1551-1563, 2015.
- RIGO, L.; DENARDIN, N.; SCHNEIDER, I. Produção da bactéria *Corynebacterium xerosis* para floculação de minerais. **ENTMME**, 19, p. 11-15, 2002.
- RIGONATO, J.; ALVARENGA, D. O.; FIORE, M. F. Tropical cyanobacteria and their biotechnological applications. *In: Diversity and Benefits of Microorganisms from the Tropics*: Springer, 2017. p. 139-167.
- SAHU, E.; GIRI, D.; BHAKTA, S.; PANDA, S. K. *et al.* Phytochemical screening of a corticolous cyanobacterium *hassalia byssoidea* hass. Ex born. Et flah. For antibacterial and antioxidant activity. 2017.
- SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. d. P.; BRANCO, L. H. Z.; KOMÁREK, J. New aerophytic morphospecies of *Nostoc* (cyanobacteria) from São Paulo state, Brazil. **Hoehnea**, 34, n. 1, p. 95-101, 2007.
- SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; FIORE, M. d. F.; LORENZI, A. S. *et al.* Subgeneric diversity of *Brasilonema* (cyanobacteria, Scytonemataceae). **Brazilian Journal of Botany**, 34, n. 1, p. 51-62, 2011.
- SANT'ANNA, C. L.; BRANCO, L. H. Z.; GAMA JR, W. A.; WERNER, V. R. Checklist of Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, 11, p. 455-495, 2011.
- SANT'ANNA, C. L.; SILVA, S. M. F.; BRANCO, L. H. Z. Cyanophyceae da Gruta-que-chora, município de Ubatuba, Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, 18, p. 75-97, 1991.

- SECKBACH, J. **Algae and cyanobacteria in extreme environments**. The Netherlands: Springer, 2007. 786 p. 1402061110.
- SHALYGIN, S.; SHALYGINA, R.; JOHANSEN, J. R.; PIETRASIAK, N. *et al.* *Cyanomargarita* gen. nov. (Nostocales, Cyanobacteria): convergent evolution resulting in a cryptic genus. **Journal of Phycology**, 53, n. 4, p. 762-777, 2017.
- SINGH, A.; TYAGI, M. B.; KUMAR, A. Cyanobacteria growing on tree barks possess high amount of sunscreen compound mycosporine-like amino acids (MAAs). **Plant physiology and biochemistry**, 119, p. 110-120, 2017.
- STAL, L. Cyanobacteria: diversity and versatility, clues to life in extreme environments (In: *Algae and Cyanobacteria in extreme environments*, Ed: J. Seckbach). : Springer, Dordrecht 2007.
- SUDA, S.; WATANABE, M. M.; OTSUKA, S.; MAHAKAHANT, A. *et al.* Taxonomic revision of water-bloom-forming species of oscillatoroid cyanobacteria. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, 52, n. 5, p. 1577-1595, 2002.
- TENÓRIO, E. Como estabilizou-se a Taxonomia. 1977.
- WHITTON, B. A.; POTTS, M. Introduction to the cyanobacteria. *In: Ecology of Cyanobacteria II*: Springer, 2012. p. 1-13.

CAPITULO ÚNICO

Cianobactérias corticícolas em exemplares de *Clitoria fairchildiana* R.A.Howard na área urbana do Recife (Parque Estadual Dois Irmãos), PE, Brasil

Corticulous cyanobacteria in individuals of *Clitoria fairchildiana* R.A.Howard in the urban area of Recife (Parque Estadual Dois Irmãos), PE, Brazil

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Communities of corticolous cyanobacterial present on tropical regions show significant complexity and diversity. However, few works direct efforts to understand the composition of these communities, which ends up being underexplored. In Brazil, there are few works that focus on cortical cyanoflora, with most works directed to the Southeast and Midwest regions of the country. At the same time, understanding such organisms allows us to analyze not only the structure of these communities, but also to collect data that support the understanding of both the distribution and the biological, ecological and technological potentials of this group. From there, the objective of the work was to carry out a taxonomic survey of cortical cyanobacteria in the urban area of Dois Irmãos, PE, Brazil. For this, collections were carried out during the dry and rainy season, in three similar trees (*Clitoria fairchildiana* R.A.Howard species). The samples were scrapped in an area of 25cm² using spatulas and stored in paper bags and taxonomic analyses were performed by optical microscopy with the production of 5-7 slides per sample. In this way, it was possible to identify 21 taxa, four identified at the genus level, one in *affinis*, three in *conferatur* and 13 species. Of these, two are new citations for Brazil and 12 for the Brazilian northeast. The number of taxa found and the number of new citations brought in this work show that there is a great diversity in the northeast region that is still little explored and additional work is needed to understand the biodiversity of cyanobacteria in this region.

Keywords: Urban areas, Cyanobacteria, Tree bark, Taxonomy, Brazilian Northeast.

RESUMO

As comunidades de cianobactérias corticícolas, em regiões tropicais, apresentam uma complexidade e diversidade significativa. No entanto, poucos trabalhos direcionam esforços para entender a composição dessas comunidades, que acaba sendo subexplorada. No Brasil, são escassos os trabalhos que focam na cianoflora corticícola, com a maioria deles direcionada às regiões sudeste e centro-oeste do país. Contudo, compreender

tais organismos nos possibilita analisar não só a estrutura dessas comunidades, mas levantar dados que subsidiem a compreensão tanto da distribuição quanto das potencialidades bio-eco-tecnológicas desse grupo. Com isso, o objetivo do trabalho foi realizar um levantamento taxonômico de cianobactérias corticícolas na área urbana de Dois Irmãos, PE, Brasil. Para isso, foram realizadas coletas durante o período seco e chuvoso, em três árvores semelhantes (espécie *Clitoria fairchildiana* R.A.Howard). As amostras foram raspadas numa área de 25cm² com uso de espátulas e armazenadas em sacos de papel e as análises taxonômicas foram realizadas por microscopia optica com a produção de 5-7 lâminas por amostra. Com isso, foi possível identificar 21 táxons, sendo quatro identificados em nível de gênero, um em *affinis*, três em *conferatur* e 13 espécies. Dessas, duas tratam-se de novas citações para o Brasil e 12 para o nordeste brasileiro. O número de táxons encontrados e o número de novas citações trazidas nesse trabalho evidencia que há uma grande diversidade na região nordeste que ainda é pouco explorada e trabalhos adicionais são necessários para compreender a biodiversidade de cianobactérias dessa região.

Palavras-chave: Áreas urbanas, Cyanobacteria, Casca de árvore, Taxonomia, Nordeste brasileiro.

Introdução

Os biofilmes fotossintetizantes são conglomerados de microrganismos que estão associados a uma superfície orgânica ou não (Silva, 2006). No ambiente terrestre podem crescer sobre diversos substratos, entre eles as cascas de árvore, sendo classificados como biofilmes fotossintetizantes corticícolas e apresentam uma maior diversidade em regiões tropicais (Neustupa & Škaloud, 2008). Quanto a sua composição, os principais organismos fototróficos presentes nessas associações são as microalgas verdes (Chlorophyta) (Lemes-da-Silva, 2010; Lüttge & Büdel, 2010) e Cyanobacteria (Ambika & Krishnamurthy, 2018; Lemes-da-Silva, 2012).

Devido a sua íntima interação com o ambiente e elevada plasticidade fenotípica (Stal, 2007), as cianobactérias são fundamentais no processo de estruturação do biofilme. Em ambientes subaéreos, onde estressores ambientais e a escassez de recursos são potencializadas, elas desenvolveram mecanismos que possibilitaram o estabelecimento de suas comunidades em ambientes terrestres (Zorina *et al.*, 2011; Singh, Hãder & Sinha, 2010). A exemplo disso, podemos citar a produção de substâncias poliméricas extracelulares (*EPS - extracellular polymeric*

substances), que podem reduzir a perda de água e proteger as células dos estressores ambientais, e a produção de substâncias fotoprotetoras que vão reduzir os danos ocasionados pela incidência direta da radiação UV sobre os organismos (Pereira, Mota & Tamagnini, 2013; Araújo, 2014).

Embora apresentem uma complexa relação com o ambiente, o conhecimento sobre as cianobactérias de biofilmes corticícolas ainda é escasso, principalmente em relação a sua diversidade. Estudos taxonômicos são fundamentais no processo de caracterização e entendimento de comunidades cianobacterianas. Entender a diversidade desses organismos possibilita inferir sobre como aspectos ambientais atuam sobre as cianobactérias. Infelizmente, trabalhos com essa perspectiva não existem para o nordeste brasileiro e, levando em consideração que a distribuição desses organismos é cosmopolita e que estão diretamente associados ao desenvolvimento de outras comunidades biológicas, como as plantas e animais, é extremamente importante conhecer essa distribuição e composição dessas comunidades. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi realizar um levantamento taxonômico para compreender a composição de cianobactérias da

casca de árvores da espécie *Clitoria fairchildiana* R.A.Howard, localizados em área urbana, a fim de formar uma base de registros sobre a ocorrência e distribuição de cianobactérias corticícolas.

Material e Métodos

Foram estabelecidos três pontos de coleta no interior do campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE/SEDE, localizado na área urbana do bairro de Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil (Latitude: 8°01'16"S e Longitude: 34°56'38"W) (Figura 1). Em cada ponto de coleta foi selecionada uma árvore pertencente a espécie *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard. – Fabaceae que serviram como réplicas (Tabela 1). Os três pontos de coleta estavam inseridos na mesma região, separadas por intervalos de em média 50m em média. Cada árvore teve seu tronco subdividido em três regiões/alturas: i) Baixo: 15cm acima do solo ou de onde se iniciam as raízes; ii) Meio:

1,65m acima do solo definido como a metade do valor obtido entre o ponto i e iii; e iii) Alto: região onde se iniciam as ramificações dos galhos da copa, em média 3,15m acima do solo. Para a coleta do material foram consideradas as duas faces da árvore (Leste e Oeste – sol nascente e sol poente) e as coletas foram realizadas no período seco (novembro/2020) e chuvoso (março/2021), sendo uma coleta em cada período, totalizando 36 amostras. Em cada área, o tronco foi raspado dentro de um molde com 25cm², com o uso de espátulas e água destilada, usada para umedecer o biofilme e armazenadas em sacos de papel. As amostras direcionadas ao estudo qualitativo foram armazenadas no escuro em temperatura ambiente. Para a realização das análises, cada amostra foi reidratada em água destilada por 24h. Foram montadas de 5 a 7 lâminas que foram visualizadas em microscópio óptico (Zeiss Axioplan Carl Zeiss, AxioVision, Rel. 4.8.2),

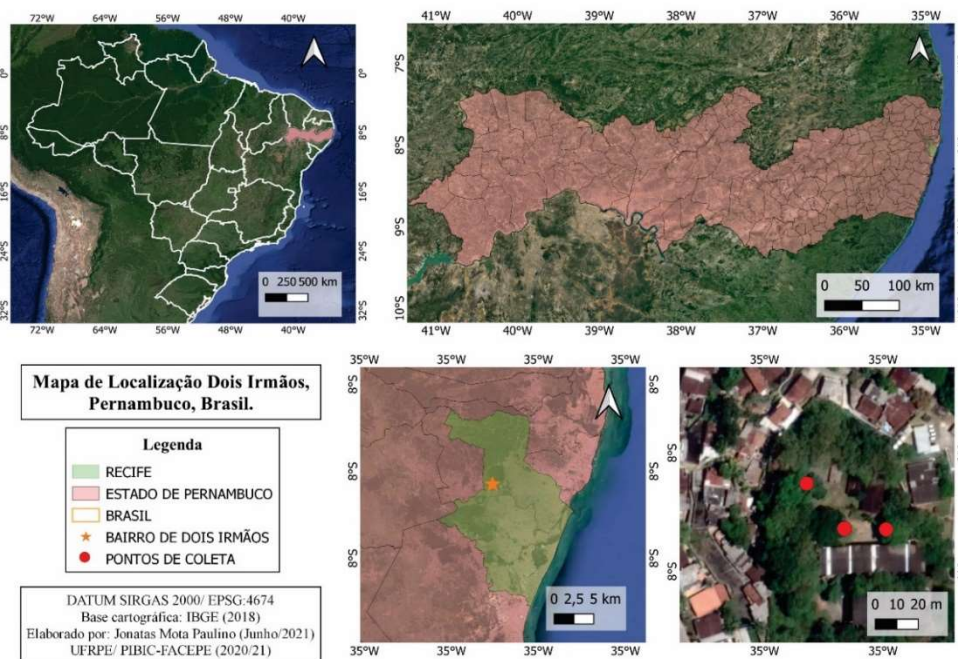


Figura 1. Mapa de localização dos pontos de coleta (Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil - Campus da UFRPE).

Tabela 1. Localização de cada árvore de *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard. – Fabaceae, utilizada como réplica para a coleta do material.

Réplica	Código da Réplica	Coordenadas
Réplica 1	T1	8°00'45"S 34°57'03"W
Replica 2	T2	8°00'46"S 34°57'04"W
Réplica 3	T3	8°00'45"S 34°57'03"W

com indivíduos fotografados com câmera acoplada (CMOS 5MP), usando o software ImageView (Versão 4.10.17118). As medidas foram obtidas a partir da análise de no mínimo 30 indivíduos de cada população encontrada, utilizando o programa AxioRel 4.8. As identificações foram realizadas com base em literatura relevante à taxonomia de cianobactérias (e.g.: Komárek, 1998; Komárek, 2005; Komárek, 2013) seguindo o sistema de

classificação de proposto por Komárek *et al.* (2014).

Resultados e Discussão

Após as análises taxonômicas foram encontrados um total de 21 taxa, considerando os períodos secos e chuvoso (Tabela 2 e 3). Desses 21 taxa, quatro foram identificados em nível de gênero, um em *affinis*, três em *conferatur* e 13 identificados em nível de espécie. Sendo elas:

Ordem *Chroococales* Schaffner, 1922

Família *Chroococcaceae* Rabenhorst, 1863

Pseudocapsa sp.

Figura: 2A-F

Colônias microscópicas esféricas, 19,01-28,40 μm de diâmetro, sem sub-colônias. Bainha firme, lisa, conspícua, fina, e hialina. Células densamente agrupadas aleatoriamente ou dispostas radialmente, esféricas ou irregulares, com grânulos

visíveis, dentro das colônias alcança 4,27-9,28 μm de diâmetro e fora das colônias alcança 3,5-12,28 μm . Conteúdo celular verde oliva ou verde acinzentado

Nota: As características datadas para essa população não foram semelhantes a nenhuma das espécies descritas para o gênero, sendo essa uma possível nova espécie para a ciência.

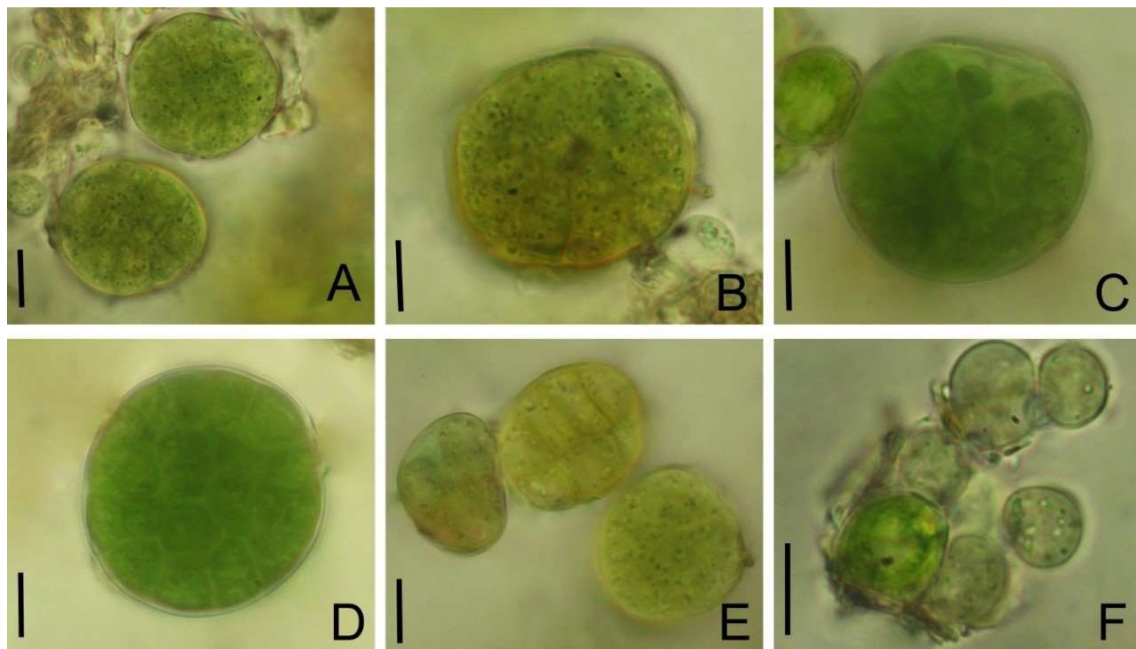


Figura 2. *Pseudocapsa* sp.: A-B) Colônias maduras com células nitidamente heterogêneas; C) Colônia madura com células homogêneas; D) Colônia madura com células dispostas radialmente em seu interior; E) Colônias jovens agregadas; F) Células isoladas, crescendo fora da colônia. Escala: 10 μm .

Gloeocapsa kuetzingiana Nägeli ex Kützing, 1849

Figura: 3A-C

Status: Nova citação para o nordeste.

Colônias macroscópicas. Bainhas difluentes, gelatinosas, hialinas, amareladas ou

amarronzadas. Células esféricas, 5,19-6,37 μm de diâmetro, agrupadas aleatoriamente dentro das colônias. Bainha individual presente, hialina ou levemente amarelo acastanhada. Conteúdo celular granuloso, verde oliva ou verde acinzentado.

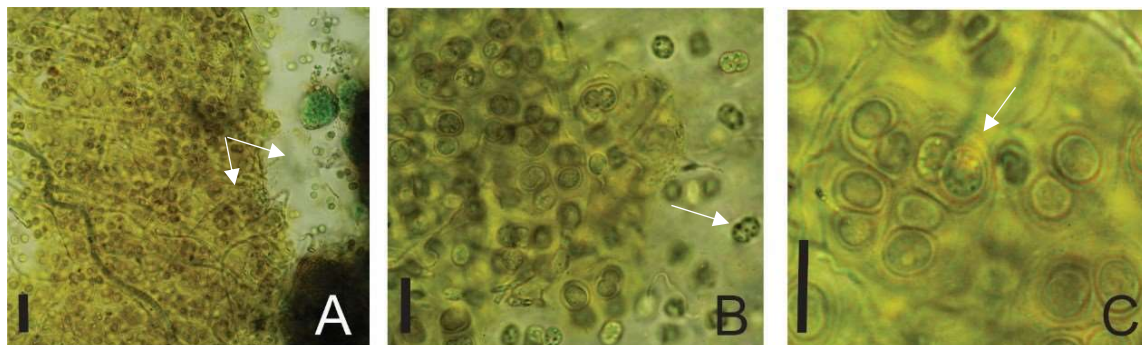


Figura 3. *Gloeocapsa kuetzingiana*: A) Massa fotossintetizante apresentando diferente pigmentação ao longo do biofilme (setas); B) Células esféricas com divisão em dois planos (seta); C) Colônias maduras, com bainhas visíveis (setas). Escala: 10 μm .

Gloeocapsa violacea Kützing 1847

Figura: 4A-F

Status: Nova citação para o Brasil.

Colônias esféricas ou irregulares, 16,10-120,30 μm de diâmetro. Bainha firme ou difluente, lisa, conspícua ou inconspícua, hialina. Células esféricas ou ovais, 7,06-10,92 μm de diâmetro. Envelope individual presente, fino, justaposto a célula, hialino a fortemente enegrecido. Conteúdo celular verde oliva. Células de resistência presentes.

Nota: As dimensões celulares dos organismos aqui analisados apresentaram semelhança morfológica com *Gloeocapsa lignicola* Rabenhorst segundo descrição apresentada por Komárek (1998), com variação apenas no diâmetro celular, que é pouco menor na população analisada (3-6 μm de diâmetro).

Contudo, *G. lignicola* é considerada uma espécie sinônima a *G. violacea*, por isso esta última foi adotada como nome. Mesmo tratadas como sinonímicas, essas espécies divergem ecologicamente quanto ao *habitat*, sendo *G. violacea* uma espécie litófica e *G. lignicola* epifítica. Levando em consideração essa característica, o material aqui encontrado é mais semelhante a *G. lignicola*. Embora essas espécies tenham sido sinonimizadas, supomos que essa sinonimização não se sustente, uma vez que espécies de com ecologia distinta, embora apresentem caracteres morfológicos semelhantes, tem demonstrado grandes divergências genéticas, sendo esse o principal critério para separação de *taxa* em cianobactérias atualmente. Estudos futuros são necessárias para confirmar essa hipótese.

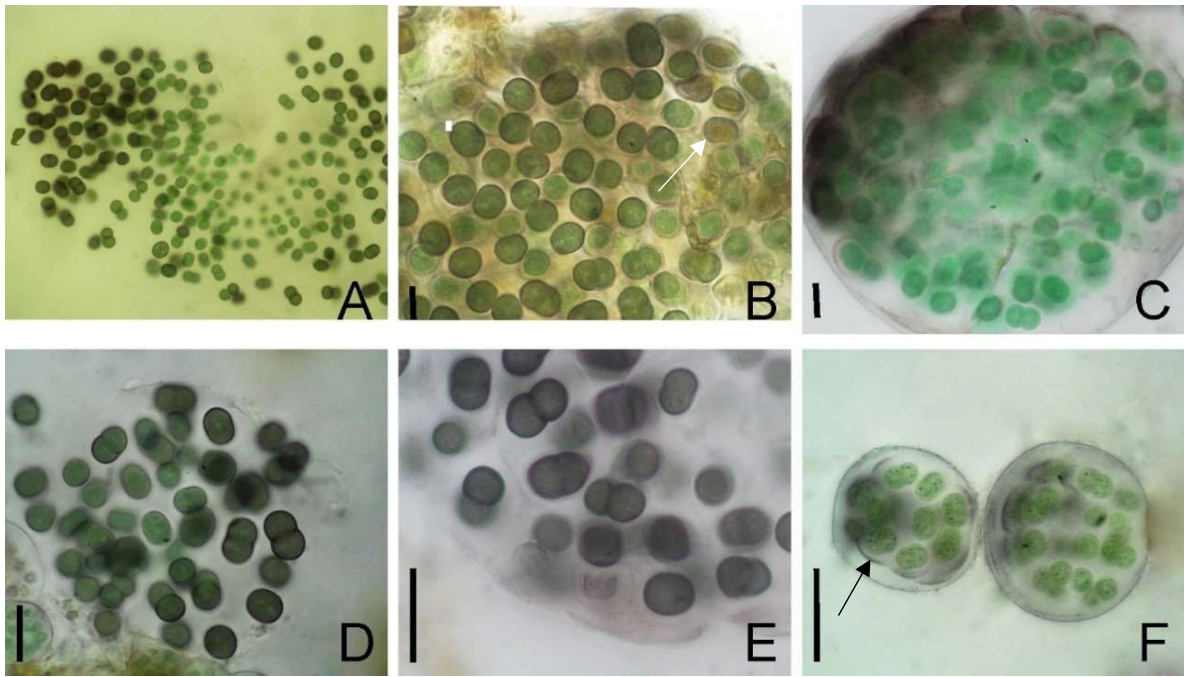


Figura 4. *Gloeocapsa violacea*: A) Colônia madura; B) Seta: Células de resistência; C) Colônia madura com bainha conspícua e firme; D) Colônia madura com bainha inconspícua e diflúente; E) Seta: Envelope mucilaginoso individual; F) Colônias jovens. Escala: 10 µm.

Gloeocapsa compacta Kützing, 1845.

Figura: 5A-C

Status: Nova citação para o nordeste.

Colônias microscópicas alongadas, esféricas ou irregulares, 10,79-25,02 µm de diâmetro, sem sub-colônias. Bainha firme, lisa,

conspícua, quando jovem hialina e quando madura fortemente enegrecida. Células densamente agrupadas, esféricas ou irregulares, 2,38-7,78 µm de diâmetro. Conteúdo celular verde oliva ou verde acinzentado.



Figura 5. *Gloeocapsa compacta*: A) Colônia madura; B) Seta: Colônia jovem; C) Seta: Envelope mucilaginoso individual. Escala: 10 µm.

Gloeocapsa stegophila (Itzigsohn) Rabenhorst, 1863

Basônimo: *Monocapsa stegophila* Itzigsohn 1853

Figura: 6A-C

Status: Nova citação para o nordeste.

Colônias de 24,94-71,71 (107,09) µm de diâmetro ou compostas por 2-8 subcolônias. Bainha conspícua, lisa ou levemente pontuada, firme, hialina até vermelha alaranjada, levemente lameladas, 18 lamelas inconspícua. Células

esféricas ou arredondadas, 2-4 células por subcolônia, 5-6,85 µm de diâmetro, com mucilagem individual. Conteúdo celular levemente granuloso, verde-azulado. Reprodução por dissociação das colônias e sub-colônias.

Nota: A espécie foi listada por Komárek (1998) como um morfotipo possivelmente idêntico a *Gloeocapsa haematodes*. Essas espécies podem ser diferenciadas pelo *habitat*, sendo rochas e solos

para *G. haematodes* e troncos de árvore para *G. stegophila*, além da pigmentação do envelope mucilaginoso das células e sub-colônias, apresentando-se vermelha enferrujada ou acastanhada em *G. haematodes* e vermelha alaranjada em *G. stegophila*.

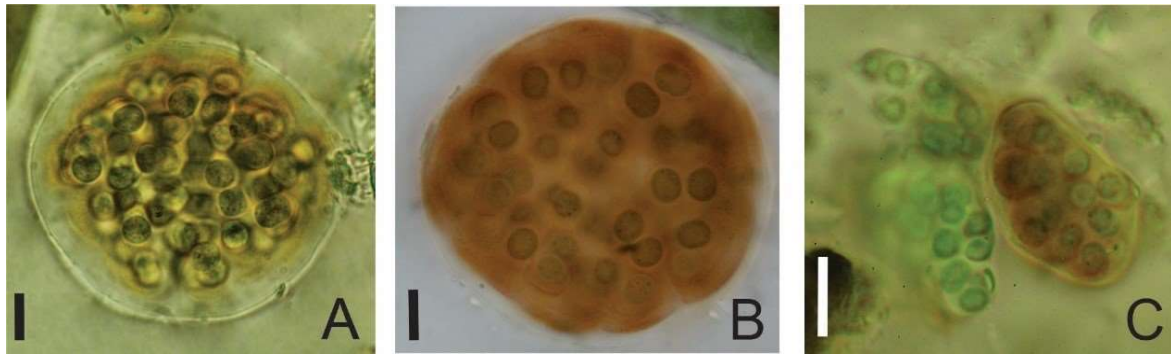


Figura 6. *Gloeocapsa stegophila*: A-B) Colônias maduras com bainha fortemente pigmentadas; C) colônias jovens com bainhas não pigmentadas. Escala: 10 µm.

Gloeocapsopsis sp

Figura: 7A-C

Colônias disformes, sem sub-colônias. Bainha difluente, lisa, conspícua, hialina ou levemente amarelada. Células esféricas ou hemisféricas, envelopadas, 3,94-8,47 µm de diâmetro. Conteúdo celular verde oliva ou verde azulado.

Nota: a população analisada corresponde às características morfométricas dadas ao gênero

Gloeocapsopsis por Komárek (1998). Contudo, o morfotipo não apresentou características semelhantes a nenhuma das espécies descritas para o gênero. Um morfotipo semelhante foi encontrado por Gama *et al.* (2014) para o estado de São Paulo. A população aqui apresentada pode se tratar de uma possível nova espécie para a ciência.

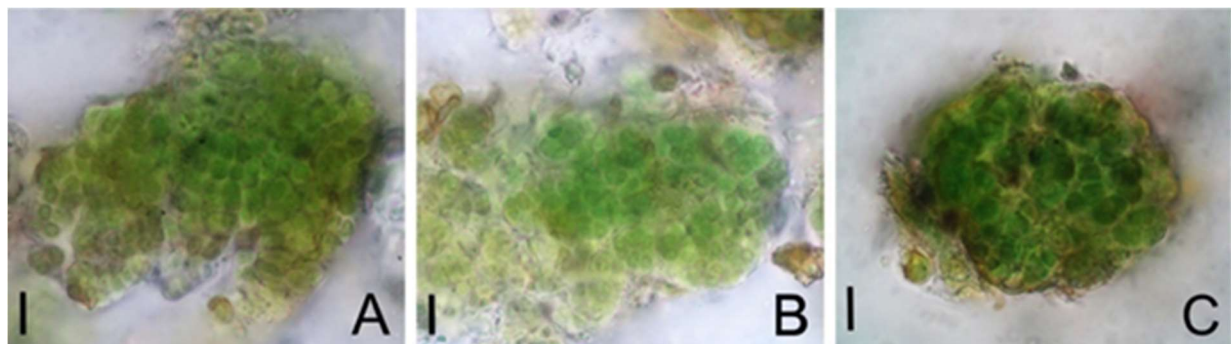


Figura 7. *Gloeocapsopsis* sp.: A-C) Colônias maduras. Escala: 10 µm.

Chroococcus cf. *subviolaceus* (Wille) Gama-Jr., Laughinghouse IV & Sant'Anna, 2014

Figura: 8A-C

Status: Nova citação para o nordeste brasileiro.

Colônias pequenas 2-4 células. Bainha firme, lisa, inconspícua, lamelada (2-3), justaposta as células, hialinas. Células hemisféricas, envelopadas, 16,26-22,25 µm de diâmetro. Conteúdo celular heterogêneo, lilás-acinzentado.

Nota: Embora a população analisada corresponda às características morfométricas dadas

para *C. subviolaceus*, apresentadas por Gama et al. (2014), a população registrada aqui difere ecologicamente em relação ao hábitat, uma vez que a espécie é descrita inicialmente como uma espécie epilítica. Por essa razão, não confirmamos a identificação específica.

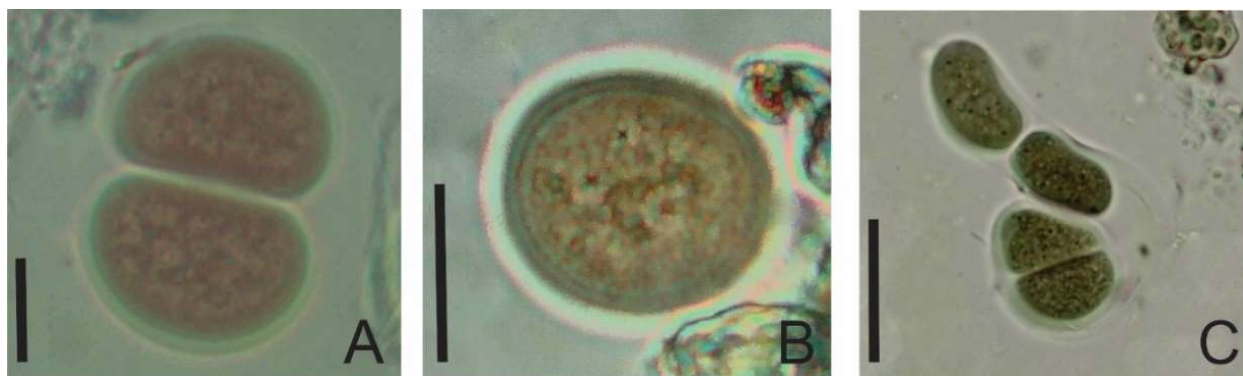


Figura 8. *Chroococcus* cf. *subviolaceus*: A) Células em processo de divisão; B-C) Células altamente granuladas. Escala: 10 µm. Paulino & Gama Jr. (2022).

Família *Entophysalidaceae* Geitler, 1925

Chlorogloea aff. *novacekii* Komárek & Montejano 1994.

Figura: 9A-C

Colônias microscópicas disformes, 20,25-42,81 µm de diâmetro, sem sub-colônias. Bainha difluente, lisa, inconspícua, fina, hialina. Células densamente agrupadas ou ligeiramente enfileiradas, esféricas ou irregulares, envelopadas, 2,19-4,13 µm de diâmetro. Envelope: firme, fino, justo a célula, castanho avermelhado. Conteúdo celular verde oliva ou verde acinzentado.

Nota: Embora a população tenha apresentado características morfométricas semelhantes às dadas na descrição original de *C. novacekii* (Komárek & Montejano, 1994), ela permaneceu identificada a na condição de *affinis* devido a sua ecologia, que difere do trabalho original (cavernas com baixa iluminação, frias com média de 20°C). Vale salientar que *C. novacekii* cresce em comunidades com presença de gêneros como *Nostoc*, *Scytonema* e espécies como *G. compacta* (Komárek & Montejano, 1994), todos presentes nessa amostra.

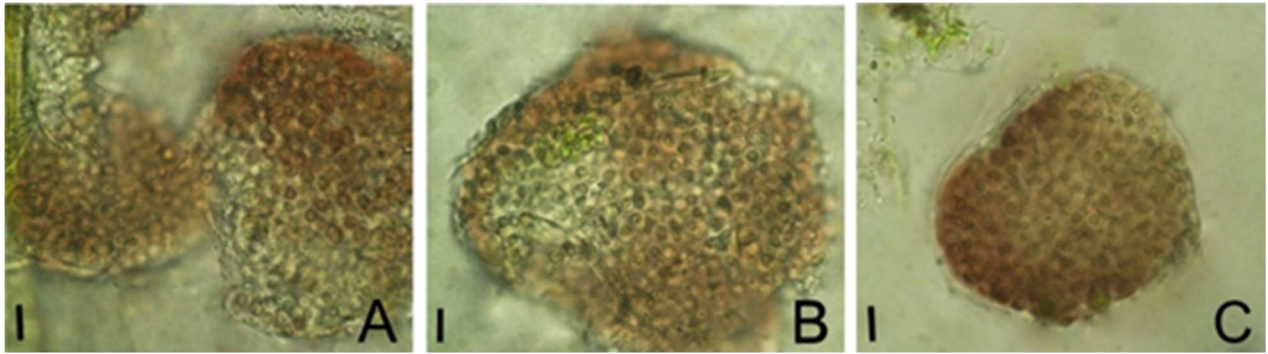


Figura 9. *Chloroglea* aff. *novacekii*: A-C) Colônias maduras, com células densamente agrupadas e envelopes mucilaginosos pigmentados. Escala: 10 µm. Paulino & Gama Jr. (2022).

Família *Aphanothecaceae* (J.Komárek & Anagnostidis) J.Komárek, J.Kastovsky, Mareš & J.R.Johansen 2014.

Status: Nova citação para o nordeste brasileiro.

Aphanothece densa N.M.Lemes da Silva, L.H.Zanini Branco & O.Necchi Jr. 2013

Figura: 10A

Colônias microscópicas disformes, sem sub colônias. Bainha difluente, lisa, inconspícua, hialina. Células dispersas, esféricas, envelopadas,

3,24 -1,68 µm de diâmetro. Conteúdo celular verde oliva ou verde azulado.

Aphanothece excentrica N.M.Lemes da Silva, L.H.Zanini Branco & O.Necchi Jr. 2013.

Figura: 10B-C

Status: Nova citação para o nordeste brasileiro

Colônias esféricas, sem sub-colônias. Bainha firme, lisa, conspícua, hialina ou levemente amarelo alaranjada. Células esféricas, 5,05-3,68 µm de diâmetro. Conteúdo celular heterogêneo, com grânulos visíveis, verde acinzentado.



Figura 10. *Aphanothece densa*: A) Colônia madura com pigmentação amarelada na bainha; *Aphanothece excentrica*: B-C) Colônias maduras. Escala: 10 µm. Paulino & Gama Jr. (2022).

Ordem *Synechococcales* Hoffmann, Komárek & Kastovsky 2005

Família *Merismopediaceae* Elenkin 1933

Aphanocapsa sp.

Figura: 11A-C

Colônias esféricas ou ovais 45-32,76 µm de diâmetro. Bainha firme ou difluente, lisa, conspícua e hialina. Células esféricas, 10,52-6 µm

de diâmetro. Conteúdo celular homogêneo, verde oliva. Células de resistência ausentes. Envelope celular individual ausentes.

Nota: A população analisada apresentou um número de indivíduos baixo, com todos na mesma fase do ciclo de vida, o que dificultou a identificação em nível específico.

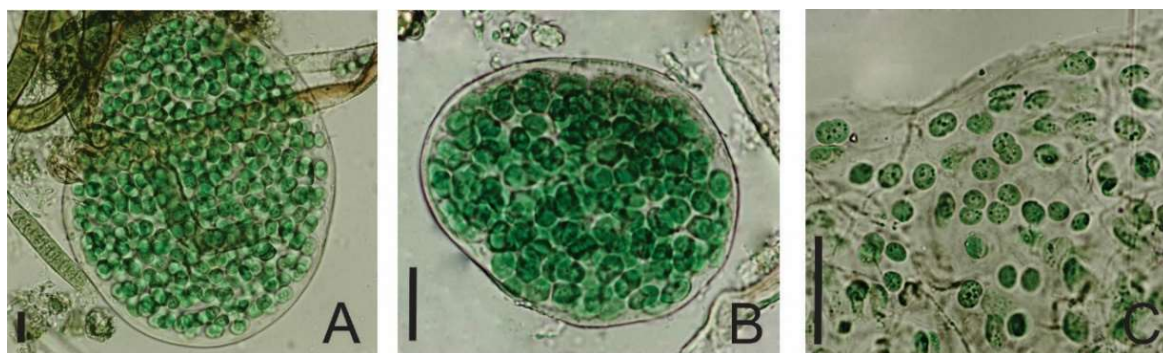


Figura 11. *Aphanocapsa* sp.: A-B) Colônias adultas; C) Colônia adulta com bainha difluyente. Escala: 10 μm . Paulino & Gama Jr. (2022).

Família *Schizotrichaceae* Elenkin, 1949.

Schizothrix sp.

Figura: 12A-C

Filamentos homocitados, solitários ou conjugados em feixes junto a outras cianobactérias filamentosas, com 1-5 tricomas em seu interior. Bainha espessa e lamelada em filamentos com um único tricoma e fina e justaposta em filamentos com múltiplos tricomas (3-5), hialinas a vermelho alaranjadas, justapostas ao filamento, lameladas. Tricomas constrictos. Células com 2,34-4,94 μm de comprimento, 4,1-8,08 μm de largura, razão $c/l = 0,659$. Conteúdo celular granuloso, verde oliva.

Célula apical cônica arredondada ou cônica obtusa. Reprodução por fragmentação do tricoma dentro do filamento ou liberação de hormogônios.

Nota: Características como o número de tricomas por filamento (1-5), aspecto enrugado da parede externa da bainha, formato do ápice (cônico-alongado) e as dimensões celulares não nos possibilitou enquadrar a população aqui analisada em nenhuma das espécies descritas atualmente para o gênero *Schizothrix*. Dessa forma, sugerimos que a população identificada nesse trabalho possa se tratar de uma nova espécie para a ciência

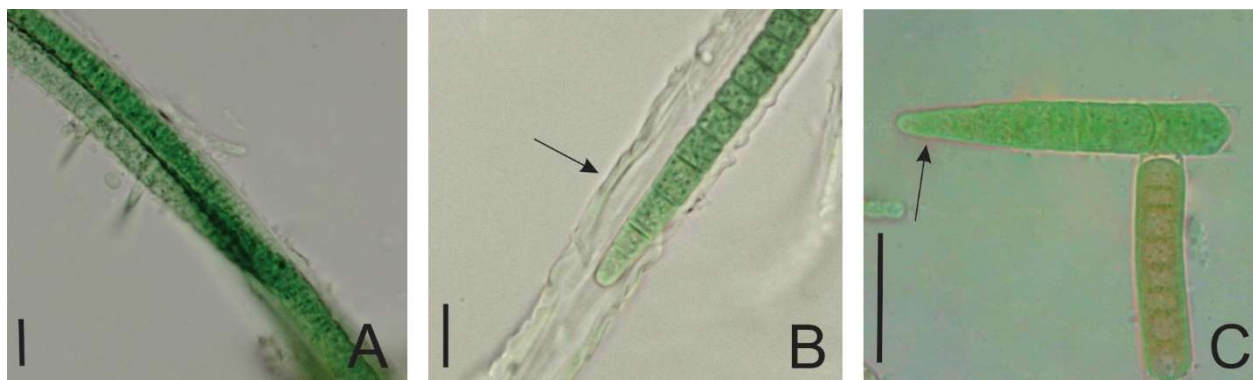


Figura 12. *Schizothrix* sp.: A) Filamento maduro com dois tricomas; B) Seta: bainha espessa e hialina; C) Seta: célula apical aumunado-cônica. Escala: 10 μm . Paulino & Gama Jr. (2022).

Leptolyngbyaceae Komárek, J.Kastovsky, Mareš & J.R.Johansen 2014

Leibleinia (Gomont) Hoffmann 1985

Leibleinia porphyrosiphonis (Frémy)

Anagnostidis, K. & Komárek, J., 1988

Status: Nova citação para o Brasil

Figura: 13A-C

Filamentos homocitados solitários, finos, levemente constrictos, retos ou levemente curvados. Bainha hialinas, inconspícuas. Células com 3,40-4,03 μm de comprimento, 2,05-5,6 μm de largura, razão $c/l = 1,176$. Células apicais cônico-arredondadas. Conteúdo celular levemente granuloso ou homogêneo, verde oliva.

Nota: A população analisada apresentou compatibilidade em relação às características apresentadas por Komárek (2005). Vale salientar que *P. porphyrosiphonis* trata-se de uma espécie

epífita que foi encontrada inicialmente associada a *Porphyrosiphon notarisii* e, para populações aqui analisadas, também com a população de *Phormidium*. sp.

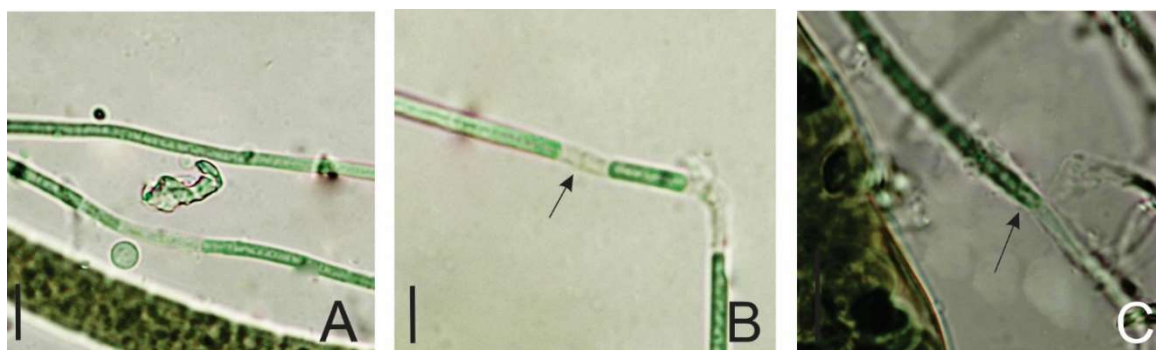


Figura 13. *Leiblenia porphyrosiphoni*.: A) Filamentos maduros; B) Filamento maduro em processo de fragmentação/reprodução, seta: bainha hialina fina; C) Célula apical. Escala 10 μ m. Paulino & Gama Jr. (2022).

Oscillatoriales Schaffner 1922:131

Microcoleaceae O.Strunecky, J.R.Johansen & J.Komárek, 2013

Porphyrosiphon notarisii Kützing ex Gomont 1892

Figura: 14A-E

Status: Nova citação para o nordeste do Brasil.

Filamentos homocitados, solitários, 11,09-17,2 μ m de largura, levemente constrictos, dispostos irregularmente sobre o substrato, fechados no ápice. Bainha levemente espessa em filamentos, 2,2- 4,83 μ m de espessura, lamelada em filamentos maduros, hialinas a laranja avermelhado. Com 6,64-10,78 μ m de largura, 3,11-9,64 μ m de comprimento, razão $c/l = 1,131$. Conteúdo celular granuloso. Células apicais arredondadas ou cônicas arredondadas. Reprodução por fragmentação do

tricoma dentro do filamento ou liberação de hormogônios.

Nota: A espécie foi compatível com a descrição dada por Gomont (1892) e embora tenha sido descrita inicialmente para regiões montanhosas sobre rochas úmidas, mantendo essa característica em outras localidades em que foi encontrada (Komárek, 2005), *P. notarisii* foi já relatada diversas vezes no Brasil para substratos diferentes do original, como rochas, solo secos (Martins, 2014) e cascas de árvores (Lemes-da-Silva *et al.*, 2012). Essa característica cosmopolita pode estar relacionada ao fato de que, embora o gênero *Porphyrosiphon* seja um gênero filogeneticamente bem estruturado, *P. notarisii* trata-se de um complexo de espécies (Martins, 2014).

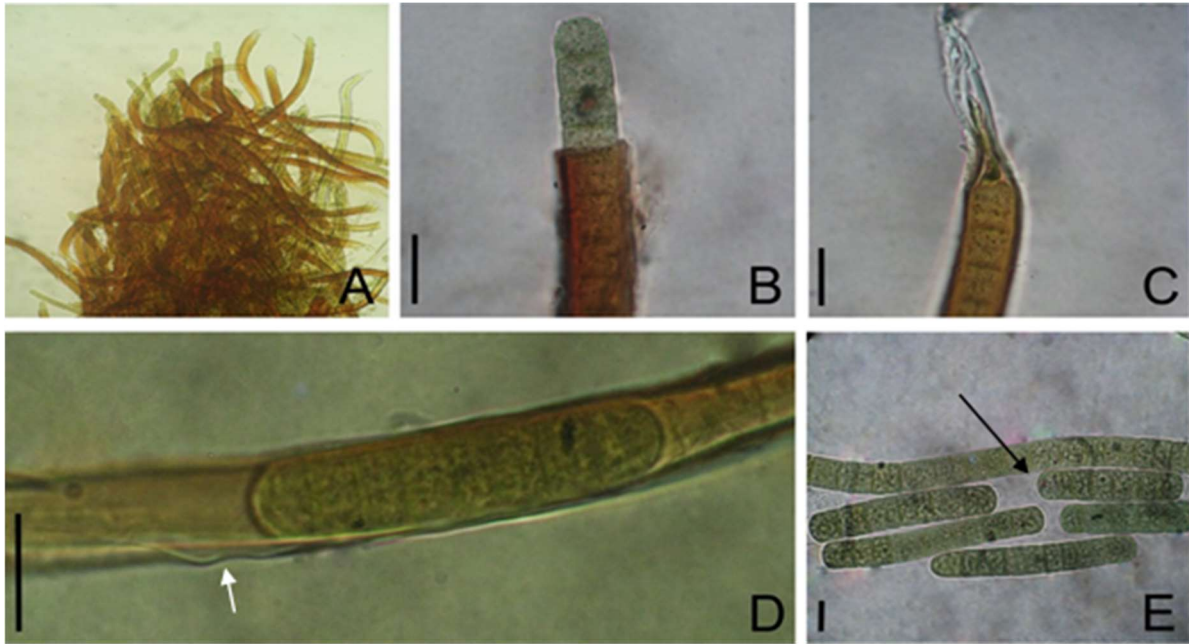


Figura 14. *Porphyrosipon notarisii*: A) Filamentos emaranhados; B) Bainha fortemente vermelho enferrujada; C) Filamento fechado no ápice; D) Seta: Lamelas da bainha; E) Seta: hormogônios. Escala: 10 μm . Paulino & Gama Jr. (2022).

Oscillatoriaceae Engler, 1898

Lyngbya cf. *truncicola* S.L.Ghose 1924

Figura: 15A-C

Filamentos homocitados, solitários ou conjugados no mesmo filamento após fragmentação do tricoma, dispostos irregularmente sobre o substrato, fechados no ápice. Bainha fina, 1,33-1,87 μm de espessura, hialinas em filamentos jovens e amareladas em maduros. Células com 1,5-3,5 μm de comprimento, 10-13,5 μm de largura, razão $c/l = 0,220$. Conteúdo celular granuloso, verde oliva. Células apicais arredondadas.

Reprodução por fragmentação do tricoma dentro do filamento ou liberação de hormogônios.

Nota: A população analisada foi semelhante à maioria das características morfológicas e ecológicas dadas às espécies em Komárek & Anagnostidis (2005), diferindo na largura das células (14-16 μm), que eram relativamente maiores. A população aqui analisada também se assemelhou à população de *Lyngbya* cf. *truncicola* descrito por Lemes-da-Silva *et al.* (2012)

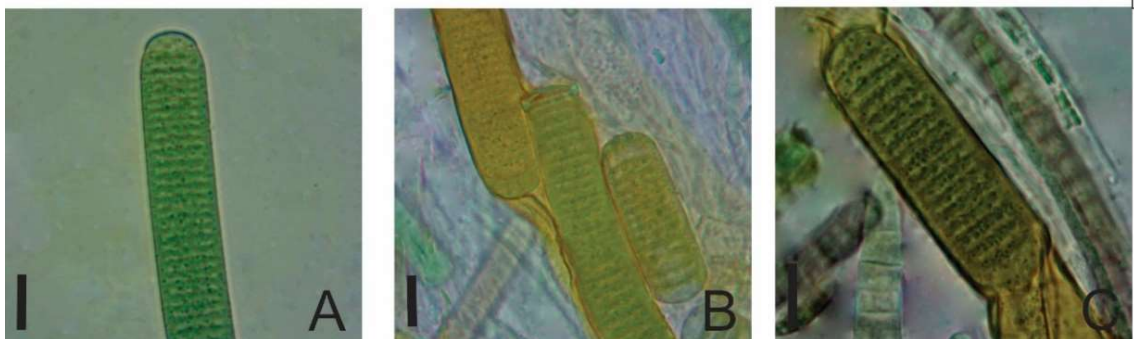


Figura 15. *Lyngbya* cf. *truncicola*: A) Células vegetativas; B) Feixes com dois filamentos agregados, com bainha fortemente pigmentada; C) Hormogônio fragmentado dentro do filamento. Escala: 10 μm . Paulino & Gama Jr. (2022).

Microcoleus cf. vulgaris Strunecky, Komárek & J.R.Johansen 2013

Figura: 16A-B

Filamentos homocitados, solitários ou conjugados em feixes junto a outras cianobactérias filamentosas ou folíolos de briófitas. Bainha fina, hialinas, justapostas ao filamento. Células com 2,34-4,94 μm de comprimento, 4,1-8,08 μm de largura, razão $c/l = 0,659$. Conteúdo celular granuloso, com grânulos acumulados próximo aos septos, verde-oliva pálido a castanho, podendo apresentar tipo-vacúolo. Células apicais arredondadas ou cônic obtusas, podendo ser cônic aguda em hormogônios. Reprodução por fragmentação do tricoma dentro do filamento ou liberação de hormogônios

Nota: A população apresentou características condizentes com a descrição apresentada por Komárek (2005) para a espécie *Phormidium vulgare* Kützing 1843, divergindo apenas em relação ao ambiente de origem, uma vez que a espécie foi descrita inicialmente como edáfica, e há pequenas variações na morfometria das células em relação a largura, com métricas mais largas que as da população aqui analisada [4-6(9) μm]. A população aqui analisada também correspondeu a população de *Phormidium cf. vulgare* identificada por Martins (2014), descrita com hábito epifítico. No entanto, *P. vulgare* foi recentemente sinonimizada com *Microcoleus vulgaris* Strunecky, Komárek & J.R.Johansen, com base em dados moleculares, e mediante a isso, essa nomenclatura foi adotada.

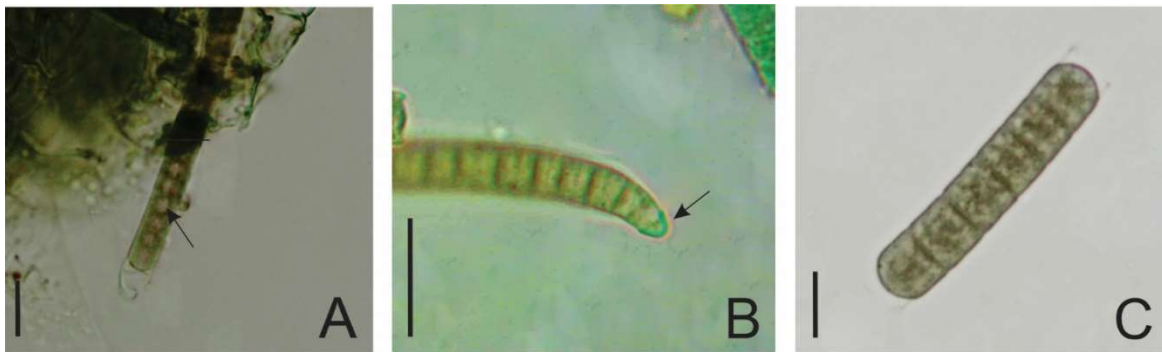


Figura 16. *Microcoleus cf. vulgaris*: A) Filamentos maduros emaranhados em folíolo de briófitas, seta: vesículas no interior das células vegetativas ao longo do tricoma; B) Célula apical com caliptra; C) hormogônio. Escala: 10 μm .

Nostocales Borzi 1914

Nostocaceae Eichler, 1886

Nostoc interbryum C.L. Sant'Anna et al. 2011.

Figura: 17A-F

Status: primeira citação para o nordeste brasileiro

Colônias esféricas ou disformes, 30,87-83,24 μm de diâmetro. Bainha firme, conspícua, não lamelada, hialina ou amarelo acastanhada. Filamentos moniliformes, aglomerados em

colônias jovens e frouxos em colônias maduras, revestido por bainha individual hialina ou amarelo alaranjada. Células esféricas ou em forma de barril, 5,76-7,97 μm de diâmetro. Conteúdo celular homogêneo. Heterócito esférico ou hemisférico 5,01-8,38 μm de diâmetro. Reprodução por hormogônio.

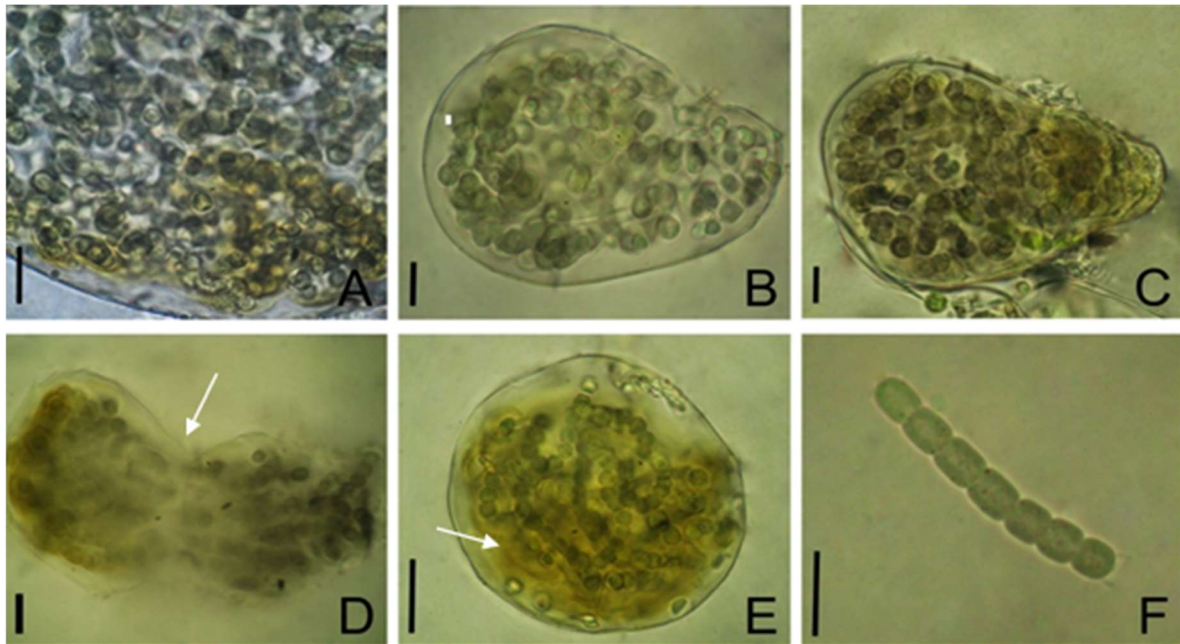


Figura 17. *Nostoc interbryum*: A-C) Colônias maduras; D) Seta: Colônia com bainha diflúente; E) Seta: Filamentos envelopados e pigmentados dentro da colônia; F) Hormogônio Escala: 10 μ m.

Scytonemataceae Rabenhorst ex Bornet & Flahault, 1886

Scytonema javanicum Bornet ex Bornet & Flahault 1886

Figura: 18A-C

Status: Nova citação para o nordeste brasileiro.

Filamentos dispostos em feixes eretos, 11-14 μ m de largura, ramificações falsas simples ou duplas comuns. Bainha levemente espessa, firme,

lamelada, 1-2 lamelas, 1,68-3,8 μ m de espessura, hialina a amarelada. Tricomas levemente constrictos. Células com 3,1-9,9 μ m de comprimento, (3,21) 8,2- 12,05 μ m de largura, razão c/l = 0,51. Conteúdo celular granuloso, verde oliva. Heterócitos quadráticos a discóides, intercalar, 8,35-12,58 μ m de largura e 3,7-3,59 μ m de comprimento. Necrídeos presentes.

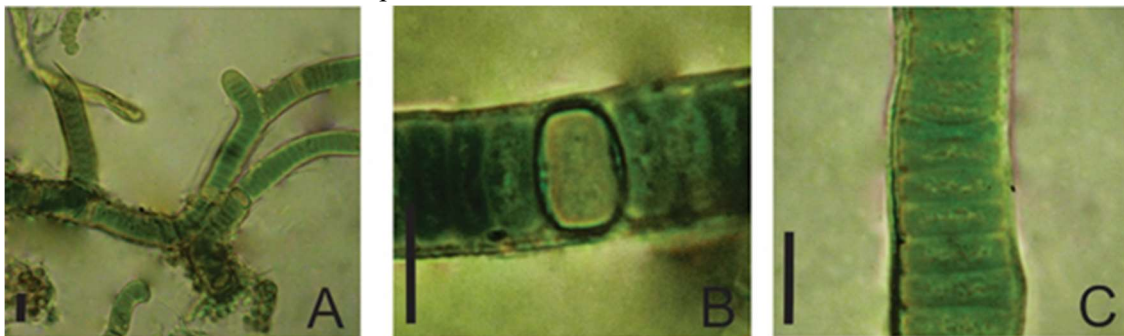


Figura 18. *Scytonema javanicum*: A) Filamentos ramificados; B) Heterócitos; C) Células vegetativas. 10 μ m.

Brasilonema roberti-lamyi (Bourrelly) Sant'Anna & J.Komárek 2011.

Basônimo: *Tolypothrix roberti-lamyi* Bourrelly 1952

Figura: 19A-C

Status: Nova citação para o nordeste brasileiro.

Filamentos dispostos em feixes eretos, 8,12-19,62 μ m de largura, ramificações falsas raras citonematoides. Bainha levemente espessa, firme, lisa, com ou sem lamelas, 1,5-3,48 μ m de espessura, hialina a castanho-amarelado. Tricomas cilíndricos, sem constrictões. Células com 8,62-

15,46 μm de largura, 5,57-12,79 μm de comprimento, razão $c/l = 0,712$. Conteúdo celular levemente granuloso, azul esverdeado. Heterócitos cilíndrico, quadrático ou achatado, intercalar, 7,79-15,51 μm de largura e 5,67-15,95 μm de comprimento. Nectários presentes. Hormogônios curtos, heterócito apical facultativo.

Nota: A população foi compatível com a descrição dada à espécie por Sant'anna *et al.*

(2011), com apenas a razão c/l menor que o descrito, indicando que os filamentos apresentam um padrão celular de dimensões mais largas que longas, sendo na descrição original as células dadas como células mais longas que largas. No entanto, isso pode ser justificado pela presença de muitos filamentos jovens na amostra aqui analisada.



Figura 19. *Brasilonema roberti-lamyi*: A) Feixes eretos; B) Seta: ramificações falsas do tipo citonematoide, raras; C) Seta: Heterócito; D) filamentos levemente curvados; E) Hormogônio Escala: 10 μm .

Brasilonema bromeliae Fiore, Sant-Anna, de Paiva Azevedo, Komarek, Kastovsky, Sulek & Lorenzi 2007

Figura: 20A-C

Status: nova citação para o nordeste brasileiro.

Filamentos eretos, 19,73-19,36 μm de largura, ramificações falsas simples (tipo-Y). Bainha levemente espessa, firme, sem lamelas,

2,96-1,61 μm de espessura, hialina a levemente amarelada. Células (14,69) 10,67-5,06 (4,39) μm de comprimento, 17,16-12,46 μm de largura, razão $c/l = 0,890$. Conteúdo celular granuloso, marrom arroxeadado. Heterócitos quadráticos, intercalares, 13,37-9,86 μm de comprimento, 15,28-14,36 μm de largura.

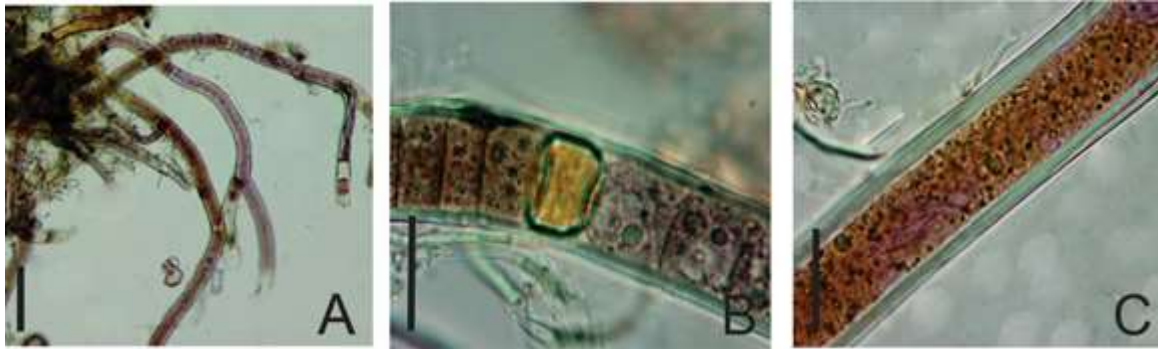


Figura 20. *Brasilonema bromeliae*: A) Filamentos eretos fixos a parte do substrato; B) Heterócito; C) Células vegetativas altamente granuladas. Escala: 10 μ m.

Stigonemataceae (Bornet & Flahault) Borzi 1892
Stigonema corticola Sant'Anna, Kaštovský,
 Hentschke & Komárek, nom. illeg. 2013

Figura: 21A-F

Status: Nova citação para o nordeste brasileiro.

Filamentos prostrados, ramificações verdadeiras em formato de “T”, ramificações jovens unisseriadas e ramos maduros multisseriados, 2-3 fileiras de células, 25,03-31,46 μ m de largura. Bainha firme, lisa, não lamelada, 2,06-4,64 μ m de espessura, hialina a castanho-amarelado. Células esféricas, irregular-quadráticas, irregular-arredondadas, 8,29-13,29

Conteúdo celular homogêneo, verde oliva. Heterócitos elipsoides, hemisféricos ou irregulares, intercalar ao longo do filamento 6,31-11,73 μ m de diâmetro.

Nota: A amostra analisada correspondeu à descrição de *Stigonema corticola* (Sant'Anna *et al.* 2013), desde características morfológicas até a de habitat. A população analisada também se mostrou semelhante a *S. minutum*, no entanto, elas divergem ecologicamente quanto ao habitat, sendo *S. corticola* uma espécie epifítica e *S. minutum* uma espécie edáfica/litófica.

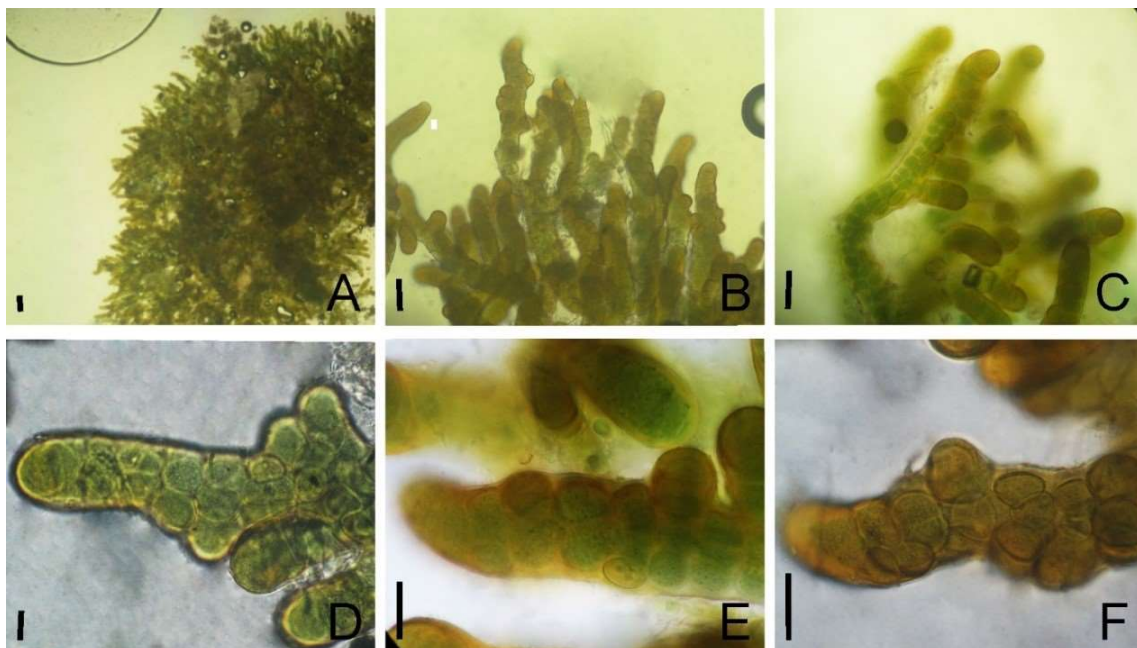


Figura 21. *Stigonema corticola*: A) Filamentos emaranhados; B-C) Disposição dos filamentos; D) Heterócito na lateral do filamento; E-F) filamento multisseriado. Escala: 10 μ m.

Em relação a distribuição dos taxa em relação a réplicas (árvores 1, 2 e 3), alturas (baixa, média e alta) e períodos (seco e chuvoso) (tabelas 2 e 3), percebemos que, dos 21 taxa encontrados no período seco e chuvoso, a família *Chroococcaceae* foi a que apresentou um maior número de gêneros, quatro num total (*Pseudocapsa*, *Gloeocapsa*, *Gloeocapsopsis*, *Chroococcus*), que abrangeram sete taxa distintas. *Porphyrosipon notarisii* foi a espécie mais recorrente nas amostras nos períodos seco e chuvoso. Dois taxa só foram identificados nas amostras referentes ao período chuvoso (*Aphanocapsa* sp. e *Brasilonema bromeliae*) enquanto outros, a exemplo da *Lyngbya* cf.

truncicola, que estavam presentes nas amostras do período seco, não foram identificadas nas amostras do período chuvoso. Três taxa foram encontrados apenas no lado leste das árvores (*Gloeocapsa violacea*, *Aphanothece densa*, e *Stigonema cortícola*) e um táxon ocorreu apenas no lado oeste das árvores (*Chroococcus* cf. *subviolaceus*), esse número maior de taxa dos lados leste das árvores podem ser justificado ao fato de que o lado leste das árvores estão diretamente relacionados ao nascer do sol, fazendo com que essa face das árvores recebam uma incidência de luz maior durante o dia.

Tabela 2. Taxa encontrados em cada uma das réplicas (árvores 1, 2 e 3) e respectivas alturas (baixa, média e alta) – Período seco.

Taxa	Réplica/Altura								
	Árvore 1			Árvore 2			Árvore 3		
	Baixo	Meio	Alto	Baixo	Meio	Alto	Baixo	Meio	Alto
Lado LESTE									
Chroococcales									
<i>Chroococcaceae</i>									
<i>Pseudocapsa</i> sp.		X							
<i>Gloeocapsa violacea</i>				X	X				
<i>Gloeocapsa compacta</i>	X	X	X					X	
<i>Gloeocapsa stegophila</i>	X	X		X		X			
<i>Gloeocapsa kuetzingiana</i>		X							
<i>Gloeocapsopsis</i> sp.				X					
<i>Entophysalidaceae</i>									
<i>Chlorogloea</i> aff. <i>novacekii</i>			X			X			
<i>Aphanotecaceae</i>									
<i>Aphanothece densa</i>					X				
<i>Aphanothece excentrica</i>				X	X				
Oscillatoriales									
<i>Microcoleaceae</i>									
<i>Porphyrosipon notarisii</i>	X	X	X		X	X	X	X	X
Nostocales									
<i>Nostocaceae</i>									
<i>Nostoc interbryum</i>	X	X	X	X		X		X	
<i>Scytonemataceae</i>									
<i>Brasilonema roberti-lamy</i>	X			X	X	X			
<i>Scytonema javanicum</i>									X
<i>Stigonemataceae</i>									
<i>Stigonema cortícola</i>				X		X		X	
Lado OESTE									
Chroococcales									

Chroococcaceae									
<i>Pseudocapsa</i> sp.	X	X	X			X			
<i>Gloeocapsa stegophila</i>	X		X		X	X			
<i>Gloeocapsa compacta</i>			X	X	X	X	X		X
<i>Gloeocapsa kuetzingiana</i>	X	X	X		X	X			
<i>Gloeocapsopsis</i> sp.			X		X		X		X
<i>Chroococcus</i> cf. <i>subviolaceus</i>							X	X	
Entophysalidaceae									
<i>Chlorogloea</i> aff. <i>novacekii</i>	X			X					
Aphanothecaceae									
<i>Aphanothece excentrica</i>	X				X				
Oscillatoriales									
Microcoleaceae									
<i>Porphyrosipon notarisi</i>	X	X		X	X	X	X	X	X
Oscillatoriaceae									
<i>Lyngbya</i> cf. <i>truncicola</i>							X		
<i>Microcoleus</i> cf. <i>vulgaris</i>							X		X
Synechococales									
Leptolyngbyaceae									
<i>Leiblenia porphyrosiphoni</i>							X		X
Schizotrichaceae									
<i>Schizothrix</i> sp.									X
Nostocales									
Nostocaceae									
<i>Nostoc interbryum</i>			X		X	X	X	X	
Scytonemataceae									
<i>Scytonema javanicum</i>				X					
<i>Brasilonema roberti-lamy</i>					X	X			

Tabela 3. Taxa encontrados em cada uma das réplicas (árvores 1, 2 e 3) e respectivas alturas (baixa, média e alta) – Período chuvoso.

Taxa	Réplica/Altura								
	Árvore 1			Árvore 2			Árvore 3		
	Baixo	Meio	Alto	Baixo	Meio	Alto	Baixo	Meio	Alto
Lado LESTE									
Chroococales									
Chroococcaceae									
<i>Pseudocapsa</i> sp.		X							
<i>Gloeocapsa kuetzingiana</i>	X								
<i>Gloeocapsa violacea</i>				X	X	X			
<i>Gloeocapsa compacta</i>		X	X					X	
Entophysalidaceae									
<i>Chlorogloea</i> aff. <i>novacekii</i>						X			
Aphanothecaceae									
<i>Aphanothece densa</i>						X		X	
<i>Aphanothece excentrica</i>			X						

Taxa	Réplica/Altura								
	Árvore 1			Árvore 2			Árvore 3		
	Baixo	Meio	Alto	Baixo	Meio	Alto	Baixo	Meio	Alto
Synechococales									
Merismopediaceae									
<i>Aphanocapsa</i> sp.				X	X				
Schizotrichaceae									
<i>Schizothrix</i> sp.									X
Leptolyngbyaceae									
<i>Leiblenia porphyrosiphoni</i> .					X			X	X
Oscillatoriales									
Microcoleaceae									
<i>Porphyrosipon notarisii</i>	X	X			X	X	X	X	X
Oscillatoriaceae									
<i>Microcoleus</i> cf. <i>vulgaris</i>	X	X	X				X	X	X
Nostocales									
Scytonemataceae									
<i>Brasilonema roberti-lamy</i>	X	X	X						
<i>Brasilonema bromeliae</i>			X					X	
<i>Scytonema javanicum</i>				X					
Stigonemataceae									
<i>Stigonema corticola</i>						X		X	
Lado OESTE									
Chroococales									
Entophysalidaceae									
<i>Chlorogloea</i> cf. <i>novacekii</i>					X		X		
Chroococcaceae									
<i>Gloeocapsa stegophila</i>						X	X		
<i>Gloeocapsa compacta</i>		X	X	X	X				
<i>Gloeocapsopsis</i> sp.			X			X			X
<i>Chroococcus</i> cf. <i>subviolaceus</i>		X						X	X
Synechococales									
Merismopediaceae									
<i>Aphanocapsa</i> sp.	X	X		X	X	X			
Schizotrichaceae									
<i>Schizothrix</i> sp.							X		
Leptolyngbyaceae									
<i>Leiblenia porphyrosiphoni</i> .		X							X
Oscillatoriales									
Microcoleaceae									
<i>Porphyrosipon notarisii</i>	X	X		X	X	X		X	X
Oscillatoriaceae									
<i>Microcoleus</i> cf. <i>vulgaris</i>		X					X	X	X
Nostocales									
Nostocaceae									

Taxa	Réplica/Altura								
	Árvore 1			Árvore 2			Árvore 3		
	Baixo	Meio	Alto	Baixo	Meio	Alto	Baixo	Meio	Alto
<i>Nostoc interbryum</i>							X		
<i>Scytonemataceae</i>									
<i>Brasilonema roberti-lamy</i>	X			X	X				

Conclusão

O grande número de *taxa* encontrados, junto ao número de novos registros para o nordeste (11) e o Brasil (duas), indicam que a região nordeste apresenta uma biodiversidade de cianobactérias expressiva e que infelizmente ainda é pouco explorada. Presença de *taxa* encontrados apenas no período seco e táxons encontrados apenas no período chuvoso indicam que existe uma dinâmica na comunidade de cianobactérias corticícolas que pode ter relação direta com a sazonalidade (período seco e chuvoso). O número de *taxa* relacionados apenas as faces lestes das árvores, podem ser um indicativo de que a luminosidade interfere diretamente na composição das comunidades de cianobactérias corticícolas.

Agradecimentos

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pela infraestrutura, em especial o Laboratório de Ficologia da UFRPE (LabFic) e o Laboratório de Cianobactérias e Algas da UFRPE (CyA). À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo fomento da pesquisa (ID FACEPE: BIC-0705-2.03/21)

Referências

AMBIKA, H. D.; KRISHNAMURTHY, S. R. 2018. Algal flora of barks of tropical forests of Western Ghats-Perspectives of research. *The Journal of Indian Botanical Society*. 97, 1-13. 10.5958/2455-7218.2018.00010.4

ARAÚJO, S. C. 2014. Prospecção de aminoácidos tipo micospórininas (MAAs) em cianobactérias da Amazônia oriental. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.

DA SILVA, C. F. 2006. Análise da qualidade nutricional do biofilme. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. VIIIp.

GAMA, W. A.; LAUGHINGHOUSE IV, H. D.; SANT'ANNA, C. L. 2014. How diverse are coccoid cyanobacteria? A case study of terrestrial habitats from the Atlantic Rainforest (São Paulo, Brazil). *Phytotaxa*, 178, n. 2, p. 61. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.178.2.1>

GOMONT, M. 1892. Monographie des Oscillariées (Nostocacées homocystées), vol. ser. 7, vol. 15 of *Annales des Sciences Naturelles, Botanique Series*. Fortin.: Masson, Paris.

KOMÁREK, J.; MONTEJANO, G.; 1994. Taxonomic evaluation of several *Chlorogloea*-species (Cyanoprokaryota) from inland biotopes. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, p. 1-26. 10.1127/algol_stud/74/1994/1

KOMÁREK, J. 1998. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 19/1, Cyanoprokaryota, 1. Teil: *Chroococcales*,. : Spektrum Akademischer verlag, Heidelberg-Berlin. 548p

KOMÁREK, J. 2005. Süßwasserflora von Mitteleuropa, bd. 19/2: Cyanoprokaryota: *Oscillatoriales*. Spektrum Akademischer Verlag,. 3827409195.

KOMÁREK, J. 2013. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/3: Cyanoprokaryota: 3. Teil/3rd part: Heterocytous Genera. Springer Spektrum,. 3827409322.

KOMÁREK, J.; KAŠTOVSKÝ, J.; MAREŠ, J.; JOHANSEN, J. R. 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes

- (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia*, 86, n. 4, p. 295-335.
- LEMES-DA-SILVA, N. M.; BRANCO, L.H.Z.; NECCHI-JÚNIOR, O. 2010. Corticolous green algae from tropical forest remnants in the northwest region of São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 2, .215-226. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000200003>
- LEMES-DA-SILVA, N. M.; BRANCO, L.H.Z.; Necchi-Júnior, O. 2012. Corticolous cyanobacteria from tropical forest remnants in northwestern São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 35 (2), 169-179. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042012000200006>
- LÜTTGE, U.; BÜDEL, B. 2010. Resurrection kinetics of photosynthesis in desiccation-tolerant terrestrial green algae (Chlorophyta) on tree bark. *Plant Biology*, 12(3), 437-444. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2009.00249.x>
- MARTINS, M. D. 2014. Estudos polifásicos de populações de Phormidioideae (Oscillatoriales, Cyanobacteria). Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho". São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil.
- NEUSTUPA, J.; ŠKALOUD, P. 2008. Diversity of subaerial algae and cyanobacteria on tree bark in tropical mountain habitats. *Biologia*, 63, 806-812. <https://doi.org/10.2478/s11756-008-0102-3>
- PEREIRA, S. B.; MOTA, R.; TAMAGNINI, P. 2013. Polímeros extracelulares de cianobactérias: características, produção e possíveis utilizações. *Boletim, Biotecnologia*, 2, 45-47.
- SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; FIORE, M. d. F.; LORENZI, A. S. *et al.* 2011. Subgeneric diversity of *Brasilonema* (cyanobacteria, Scytonemataceae). *Brazilian Journal of Botany*, 34, n. 1, p. 51-62. • <https://doi.org/10.1590/S010084042011000100006>
- SANT'ANNA, C. L., KAŠTOVSKÝ, J., HENTSCHKE, G. S., & KOMÁREK, J. (2013). Phenotypic studies on terrestrial stigonematacean cyanobacteria from the Atlantic Rainforest, Sao Paulo State, Brazil. *Phytotaxa*, v. 89, n. 1, p. 1-23. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.89.1.1>
- SINGH, S. P.; HÄDER, D. P.; SINHA, R. P. 2010. Cyanobacteria and ultraviolet radiation (UVR) stress: Mitigation strategies. *Ageing Research Reviews*, 9, 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2009.05.004>
- STALL, L. J. 2007. Cyanobacteria. In: Seckbach, J. (eds) *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology*. vol 11. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6112-7_36
- ZORINA, A. A.; MIRONOV, K.S.; STEPANCHENKO, N. S.; SINETOVA, M.A.; KOROBAN, N.V., ZINCHENKO, V.V., KUPRIYANOVA, E.V., ALLAKHVERDIEV, S.I.; LOS, D.A. 2011. Regulation systems for stress responses in cyanobacteria. *Russ J Plant Physiol* 58, 749. <https://doi.org/10.1134/S1021443711050281>