

As Regiões Semiáridas e suas Especificidades 2

Alan Mario Zuffo
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2019

Alan Mario Zuffo
(Organizador)

As Regiões Semiáridas e suas Especificidades 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

R335 As regiões semiáridas e suas especificidades 2 [recurso eletrônico] /
Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2019. – (As Regiões Semiáridas e suas Especificidades;
v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-191-6

DOI 10.22533/at.ed.916191503

1. Regiões áridas – Brasil. I. Zuffo, Alan Mario. II. Série.

CDD 333.7369

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “As Regiões Semiáridas e suas Especificidades” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 23 capítulos, com conhecimentos tecnológicos das regiões semiáridas e suas especificidades. As Ciências estão globalizadas, englobam, atualmente, diversos campos em termos de pesquisas tecnológicas. O semiárido brasileiro tem características peculiares, alimentares, culturais, edafoclimáticas, étnicas, entre outros. Tais diversidades culminam no avanço tecnológico, nas áreas de Agronomia, Engenharia Florestal, Engenharia de Pesca, Medicina Veterinária, Zootecnia, Engenharia Agropecuária e Ciências de Alimentos que visam o aumento produtivo e melhorias no manejo e preservação dos recursos naturais, bem como conhecimentos nas áreas de políticas públicas, pedagógicas, entre outros. Esses campos de conhecimento são importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes no semiárido brasileiro e, também nas demais regiões brasileiras. Este volume dedicado à diversas áreas de conhecimento trazem artigos alinhados com a região semiárida brasileira e suas especificidades. As transformações tecnológicas dessa região são possíveis devido o aprimoramento constante, com base em novos conhecimentos científicos. Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora. Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para o semiárido brasileiro, assim, garantir perspectivas de solução para o desenvolvimento local e regional para as futuras gerações de forma sustentável.

Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CONDUÇÃO E PERSPECTIVA DO GERENCIAMENTO DE PROJETOS APLICADOS À ÁREA AMBIENTAL NO SEMINÁRIO NORDESTINO, MUNICÍPIO DE PETROLINA – PE	
Marcos Victor do Carmo Loiola Geraldo Guilherme Barros Miranda	
DOI 10.22533/at.ed.9161915031	
CAPÍTULO 2	12
CONVIVÊNCIA COM A SEMIARIDEZ : CAPTAÇÃO, MANEJO E USO DE ÁGUA DE CHUVA EM SANTA TEREZINHA - BA	
Reginaldo Pereira dos Santos Marcio Harrison dos Santos Ferreira Aurélio José Antunes de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.9161915032	
CAPÍTULO 3	19
CRESCIMENTO DA MAMONEIRA (<i>Ricinus communis</i> L.) IRRIGADAS COM ÁGUA CINZA PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DO SEMIÁRIDO	
Pablo Rodrigues da Costa Florencio Jéssica Araújo Leite Martildes Paulo Emanuel Batista Pereira Gean Carlos Pereira de Lucena Walker Gomes de Albuquerque	
DOI 10.22533/at.ed.9161915033	
CAPÍTULO 4	25
CRESCIMENTO DE DOIS ACESSOS DE <i>Jatropha curcas</i> L. SUBMETIDOS AO DÉFICIT HÍDRICO SIMULADO PELO POLIETILENOGLICOL 6000	
Fernanda Vitoria Silva do Nascimento Yuri Lima Melo Patricia Ortega-Rodes Josemir Moura Maia Cristiane Elizabeth Costa de Macêdo	
DOI 10.22533/at.ed.9161915034	
CAPÍTULO 5	35
CRESCIMENTO INICIAL DE <i>Caesalpinia ferrea</i> SOB DOSES DE FÓSFORO E MATÉRIA ORGÂNICA CULTIVADA EM LUVISSOLO CRÔMICO	
Elidayane da Nóbrega Santos Rita Magally Oliveira da Silva Marcelino Rayanne Maria Galdino Silva Josinaldo Lopes Araújo Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.9161915035	

CAPÍTULO 6 43

CYTOGENETICS CHARACTERIZATION OF *TACINGA* BRITTON & ROSE (OPUNTIOIDEAE-CACTACEAE)

Lânia Isis Ferreira Alves
Fabiane Rabelo da Costa Batista
José Achilles de Lima Neves
José Clayton Ferreira Alves
Erton Mendonça de Almeida
Daniela Cristina Zappi

DOI 10.22533/at.ed.9161915036

CAPÍTULO 7 52

DE PLANOS DE DESENVOLVIMENTO DE ASSENTAMENTOS A PROJETOS DE VIDA COMUNITÁRIOS: CASO DO PA NOVO CAMPO

Jaqueline de Araújo Oliveira Machado
José de Souza Silva

DOI 10.22533/at.ed.9161915037

CAPÍTULO 8 63

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE SEIS ESPÉCIES DA CAATINGA PRODUZIDAS EM RECIPIENTES BIODEGRADÁVEIS

Thalles Luiz Negreiros da Costa
Bruna Rafaella Ferreira da Silva
João Gilberto Meza Ucella Filho
Anderson Aurélio de Azevêdo Carnaval
Tatiane Kelly Barbosa de Azevêdo

DOI 10.22533/at.ed.9161915038

CAPÍTULO 9 71

DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE FRUTOS NONI EM DOIS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

Larissa de Sousa Sátiro
Franciscleudo Bezerra da Costa
Ana Marinho do Nascimento
Jéssica Leite da Silva
Mahyara de Melo Santiago
Giuliana Naiara Barros Sales
Tatiana Marinho Gadelha
Kátia Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.9161915039

CAPÍTULO 10 79

DETERMINAÇÃO DO GRADIENTE TÉRMICO DE CAPRINOS E OVINOS DESLANADOS CRIADOS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Nágela Maria Henrique Mascarenhas
Bonifácio Benício de Souza
Dermeval Araújo Furtado
Luanna Figueirêdo Batista
Maycon Rodrigues da Silva
Luiz Henrique de Souza Rodrigues
Ribamar Veríssimo Macedo
Leonardo Flor da Silva
Fábio Santos do Nascimento
João Paulo da Silva Pires
Júlia Laurindo Pereira
Fabiola Franklin Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.91619150310

CAPÍTULO 11 86

DIAGNÓSTICO DO SANEAMENTO BÁSICO RURAL NO MUNICÍPIO DE PORTO DO MANGUE/RN, SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Gabriela Nogueira Cunha
Allan Viktor da Silva Pereira
Leonardo de França Almeida
Rogério Taygra Vaconcelos Fernandes
José Paiva Lopes Neto

DOI 10.22533/at.ed.91619150311

CAPÍTULO 12 92

DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA URBANIZAÇÃO EM TRECHOS DO RIO JAGUARIBE - JP

Liz Jully Hiluey Correia
Ane Josana Dantas Fernandes
Alan Ferreira de Araújo
Edilma Rodrigues Bento Dantas
Maria Mônica Lacerda Martins Lúcio
Manoel Barbosa Dantas

DOI 10.22533/at.ed.91619150312

CAPÍTULO 13 106

DIVERSIDADE DE ESPÉCIES ESPONTÂNEAS EM CULTIVO AGROECOLÓGICO DE SISAL

Erasto Viana Silva Gama
Carla Teresa dos Santos Marques

DOI 10.22533/at.ed.91619150313

CAPÍTULO 14 118

EFEITO DO ESTRESSE TERMICO SOBRE A REPRODUÇÃO DE ANIMAIS NO SEMIÁRIDO

Fabíola Franklin de Medeiros
Fábio Santos do Nascimento
Luanna Figueirêdo Batista
Nágela Maria Henrique Mascarenhas
João Paulo da Silva Pires
Gabriel de Queiroz Rodrigues
Mateus Freitas de Souza
Luiz Henrique de Souza Rodrigues
Ribamar Veríssimo Macêdo
Maycon Rodrigues da Silva
Mayara Cândido da Silva Leite
Thays Raquel de Freitas Bezerra
Bonifácio Benicio de Souza

DOI 10.22533/at.ed.91619150314

CAPÍTULO 15 125

EFICIÊNCIA DE SUBSTRATOS ORGÂNICOS EM JARDINS FLUTUANTES COMO FERRAMENTA DE REVITALIZAÇÃO DE ÁGUAS POLUÍDAS

Sabrina Lima Fechine de Alencar
Patrícia Hermínio Cunha Feitosa
Elis Gean Rocha
Jasmyne Karla Vieira Souza Maciel

DOI 10.22533/at.ed.91619150315

CAPÍTULO 16 134

ELAS SOBRE ELAS: A DOCÊNCIA NO CAMPO PELO OLHAR DE DUAS PROFESSORAS DA ESCOLA DO ASSENTAMENTO PADRE ASSIS, SOSSEGO – PB

Túlio Carlos Silva Antunes
José Carlos Antunes de Medo
Fabiana Elias Silva Antunes

DOI 10.22533/at.ed.91619150316

CAPÍTULO 17 143

ENSINO DA FÍSICA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: UM CASO SINGULAR

Gustavo de Alencar Figueiredo
Jefferson Antônio Marques
Fredy Enrique González

DOI 10.22533/at.ed.91619150317

CAPÍTULO 18 153

ENTRE MATERIALIDADES E VIVÊNCIAS: REFORMAS ESPACIAIS E PRÁTICAS SOCIAIS NA CIDADE

Aparecida Barbosa da Silva

DOI 10.22533/at.ed.91619150318

CAPÍTULO 19	165
ESTABILIDADE DO ALGINATO DE CÁLCIO COMO MATRIZ IMOBILIZANTE DA <i>Chlorella</i> sp. NO TRATAMENTO DE EFLUENTE SECUNDÁRIO	
Maria Célia Cavalcante de Paula e Silva José Tavares de Sousa Howard William Pearson Maria Virginia da Conceição Albuquerque Lisandra da Silva Gomes Valderi Duarte Leite	
DOI 10.22533/at.ed.91619150319	
CAPÍTULO 20	175
ESTUDO E CONCEPÇÃO DE UM HELIÓGRAFO	
Bruno Pereira da Silva Júlio Manuel Tavares Diniz Wanderley Ferreira de Amorim Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.91619150320	
CAPÍTULO 21	181
ESTUDO HIDROLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAMANGUAPE	
Gabriel Carlos Moura Pessôa José Joaquim de Souza Neto Matheus Patrick Araújo da Silva Wisla Kívia de Araújo Soares Francisco Tarcísio Lucena Zaqueu Lopes da Silva Ingrid Lélis Ricarte Cavalcanti Amanda Rezende Moreira Ewerton Ferreira de Sousa Karla Jarlita de Moura Silva Jotácia Estrela Bezerra Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.91619150321	
CAPÍTULO 22	188
FONTES DE INFORMAÇÃO ELETRÔNICAS PARA PESQUISA SOBRE O SEMIÁRIDO BRASILEIRO	
Tatiane Lemos Alves Edmerson dos Santos Reis	
DOI 10.22533/at.ed.91619150322	
CAPÍTULO 23	199
GERMINAÇÃO DE IMBIRATANHA SOB ESTRESSE SALINO E DÉFICIT HÍDRICO	
Vitória Régia Alves Cavalcante Fernanda Vitoria Silva do Nascimento Matheus Martins Mendes Yuri Lima Melo Josemir Moura Maia Cristiane Elizabeth Costa de Macêdo	
DOI 10.22533/at.ed.91619150323	
SOBRE O ORGANIZADOR	206

ESTABILIDADE DO ALGINATO DE CÁLCIO COMO MATRIZ IMOBILIZANTE DA *Chlorella* sp. NO TRATAMENTO DE EFLUENTE SECUNDÁRIO

Maria Célia Cavalcante de Paula e Silva

Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciência e Tecnologia

José Tavares de Sousa

Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciência e Tecnologia

Howard William Pearson

Universidade Federal de Campina Grande,
Departamento de Hidráulica

Maria Virginia da Conceição Albuquerque

Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciência e Tecnologia

Lisandra da Silva Gomes

Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciência e Tecnologia

Valderi Duarte Leite

Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciência e Tecnologia

RESUMO: A utilização de microalgas imobilizadas tem sido amplamente investigada no tratamento de águas residuárias para remoção de metais pesados, coliformes termotolerantes e nutrientes, notadamente N e o P. O alginato de cálcio é um polímero não tóxico, de baixo custo e não compromete a fisiologia das células imobilizadas. Este trabalho investigou a estabilidade da matriz de alginato de cálcio. Foram monitorados dez biorreatores de vidro transparente. Destes, 6

de 0,1L de capacidade, 1 cm de leito fixo de fibra de vidro, preenchidos por 0,6L de esferas, 19 esferas/mL de efluente. Também foram monitorados, 4 biorreatores com capacidade volumétrica de 1,0L, cada um apresentava 1,5 m de comprimento, 30 mm de diâmetro, possuindo 3 cm de fibra de vidro como leito fixo. O alginato de cálcio apresentou eficiência na remoção de fósforo nas concentrações de 2%, 4% e 6%, em sistemas de microalgas imobilizadas. Após 28 dias de monitoração, foram registradas desestruturações na matriz entre 10,4%, 22,4% e 38,5%. Os resultados são indicativos de que o fosfato presente no efluente nas concentrações entre 3,6 mgP.L⁻¹ a 10,3 mgP.L⁻¹, bem como, a pressão mecânica recebida pelas esferas que ocupavam a região superior do biorreator, contribuíram para a instabilidade físico-química da matriz polimérica após 20 dias de operação, interferindo no resultado do experimento. Neste aspecto, se faz necessário o desenvolvimento de novas configurações geométricas para os biorreatores e técnicas visando melhoria na qualidade dos polímeros aumentando sua resistência mecânica e favorecendo a difusão de substâncias e passagem da luminosidade para a célula imobilizada.

PALAVRAS-CHAVE: algas imobilizadas; alginato de cálcio, estabilidade de Alginato; *Chlorella* sp.

ABSTRACT: The use of immobilized microalgae has been extensively investigated in the treatment of wastewater for the removal of heavy metals, thermotolerant coliforms and nutrients, notably N and P. Calcium alginate is a non-toxic, low cost polymer and does not compromise the physiology of immobilized cells. This work investigated the stability of the calcium alginate matrix. Ten transparent glass bioreactors were monitored. Of these, 6 of 0.1L of capacity, 1 cm of fixed bed of fiberglass, filled by 0.6L of beads, 19 beads / mL of effluent. Four bioreactors with a volumetric capacity of 1.0L were also monitored, each 1.5 m long, 30 mm in diameter, with 3 cm of fiberglass as a fixed bed. Calcium alginate showed efficiency in the removal of phosphorus at concentrations of 2%, 4% and 6%, in immobilized microalgae systems. After 28 days of monitoring, disruptions in the matrix were recorded between 10.4%, 22.4% and 38.5%. The results indicate that the phosphate present in the effluent at concentrations between 3.6 mgP.L⁻¹ and 10.3 mgP.L⁻¹, as well as the mechanical pressure received by the spheres occupying the upper region of the bioreactor, contributed for the physical-chemical instability of the polymer matrix after 20 days of operation, interfering in the result of the experiment. In this aspect, it is necessary to develop new geometric configurations for bioreactors and techniques aiming at improving the quality of the polymers by increasing their mechanical resistance and favoring the diffusion of substances and passage of the luminosity to the immobilized cell.

KEYWORDS: immobilized algae; calcium alginate, Alginate stability; *Chlorella sp.*

1 | INTRODUÇÃO

A Biotecnologia consiste na utilização de sistemas e de componentes celulares para a obtenção de produtos e para o desenvolvimento de processos industriais. Trata-se de um campo de trabalho multidisciplinar e que encontra aplicações em todos os setores importantes da Economia (BORZANI et al., 2001).

O uso de microalgas na biotecnologia tem sido aumentado nos últimos anos, especialmente no tratamento das águas residuárias através da remoção de metais pesados, coliforme termotolerantes e nutrientes, nomeadamente nitrogênio e fósforo.

Os sistemas imobilizados representam a retenção de células ou enzimas em uma estrutura física insolúvel, o que as obriga a permanecerem em uma região particular do bioreator. A imobilização de microrganismos na forma de biofilmes, flocos e pellets é um fenômeno comum na natureza (PRADELLA, 2001).

O gel polissacarídeo mais comumente usado é o alginato, polímero extraído de algas marrons, principalmente de espécies dos gêneros *Laminaria* e *Sargassum* e das espécies *Macrocystis pyrifera*, *Ascophyllum nodosum* e *Lesonia negrescens*. O gel de alginato não é tóxico, tem baixo custo, possui alta afinidade pela água e as células não sofrem variações físico-químicas extremas durante o processo de imobilização (MORENO-GARRIDO, 2008). Na concepção de (GUO et al., 2006), o alginato é um polissacarídeo linear constituído por unidades de ácido manurônico ligado por ligações glicosídicas do tipo β (1→4), e também por unidades de ácido gulurônico unidas por

ligações do tipo α (1 \rightarrow 4) . Esses resíduos estão arranjados na forma de blocos (M) e blocos (G), ligados de forma que a sequência destes resíduos na molécula sejam alternados.

Segundo Wang et al. (2005) o mecanismo clássico de imobilização por engaiolamento é a mistura de células microbianas com um composto polimérico que apresente cargas negativas, a exemplo do alginato de sódio. A técnica do engaiolamento em gel, consiste no confinamento físico de enzimas ou células em uma matriz polimérica formadora de gel. Sendo este, é o método mais utilizado para imobilização de células vivas (PRADELLA, 2001; MORENO-GARRIDO, 2008).

A geleificação do alginato é principalmente alcançada pela troca de íons por cátions divalentes, tais como Ca^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} ou Mn^{2+} . Existe uma vasta concordância que a rede de gel, induzida pela ligação do íon Ca^{2+} e pela cadeia de segmentos do grupo G, formam junções estáveis (uma rede tridimensional) consistindo nos principais dímeros (ROY e GUPTA, 2004). Na Figura 01 apresenta-se o modelo químico de formação das esferas de alginato.

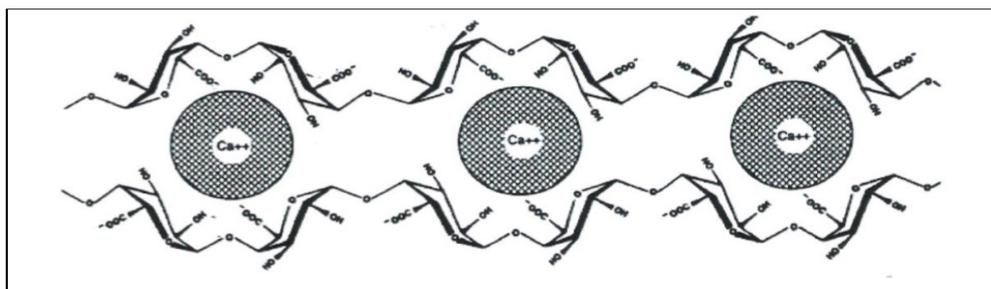


Figura 01- Modelo "Egg-Box", para a formação do gel de alginato com íons de cálcio.

Fonte: CLARK; ROSS-MURPHY, (1987)

A tecnologia do processo de imobilização de microalgas em matrizes de alginato surgiu como uma importante técnica para aumentar a longevidade fotossintética e biocatalizadora celular (ROBINSON et al., 1985; MEGHARAJ et al.,1992). O gênero *Chlorella* Beijerinck pertence à classe Trebouxiophyceae, possui cerca de 14 espécies (Bicudo & Menezes, 2005) e é amplamente estudado em cultivo, tendo sido um dos primeiros com registro de cultivo em laboratório. (BEIJERINCK ,1890).

Kobbai et al.(2000) aplicaram técnicas de imobilização para duas microalgas verdes de água doce, *Scenedesmus obliquus* e *Chlorella vulgaris* para tratamento de águas residuárias. Eles relataram 86 e 81% de remoção de fósforo e 100 e 98,4% de remoção de amônia nos dois reatores após 7 dias de tratamento.

Praveen e Loh (2015) encapsularam *Chlorella vulgaris* em esferas de alginato que foram adicionadas a um biorreator tratando águas residuárias sintéticas utilizando *Pseudomonas putida*. Os autores verificaram que durante a operação contínua, a eficiência de remoção em 500 mg.L⁻¹ de glicose, aumentou de 73% sem aeração para

100% na presença de microalgas imobilizadas.

Silva et al. (2017) monitoraram biorreatores tubulares alimentados em regime de batelada intermitente com efluente do filtro de areia contendo $6,3 \text{ mgP.L}^{-1}$, recheados com *Chlorella sp.* imobilizada em esferas de alginato de cálcio em concentração de 2%, 4% e 6% sob luz contínua e temperatura de 27°C . Foram atingidas remoções máximas de 81% em 3 horas de monitoração.

Diante do exposto, o presente estudo foi desenvolvido visando a obtenção de dados relativos ao uso e resistência físico-química da matriz de alginato de cálcio nos sistemas de algas imobilizadas em condições experimentais controladas.

2 | METODOLOGIA

O trabalho foi realizado nas dependências físicas da EXTRABES (Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário), pertencente à Universidade Estadual da Paraíba, na cidade de Campina Grande – PB, Região Nordeste do Brasil ($7^{\circ}13'11''$ sul, $35^{\circ}52'31''$ oeste e 550 m acima do nível do mar).

A Imobilização da *Chlorella sp*

As cepas de *Chlorella sp* foram isoladas de uma série de 04 reatores de fluxo horizontal abertos, cada uma com dimensões de 1m de largura, 5m de comprimento e 0,5m de profundidade que tratavam lixiviado oriundo de aterro sanitário com alta concentração nitrogênio amoniacal. Foram cultivadas em frascos erlenmeyers de 2L, contendo 1600 ml de Meio Basal de Bolds (BISCHOFF, BOLD, 1963; BOROWITZKA, 1988) com inserção de aeração. Os frascos foram inoculados com 32 ml de microalgas com 8 dias de cultivo, e iluminados por lâmpadas fluorescentes com intensidade de fótons de aproximadamente $85 \mu\text{E.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$.

Foi medida a massa de 4, 8 e 12 gramas de alginato de sódio usando balança Bioprecisa FA2104N, cada amostra foi dissolvida em 100 ml de água destilada e, em seguida, esterilizou-se em autoclave Phoenix; por 15 minutos a 121°C . Foram obtidas concentrações de alginato de sódio (4%, 8% e 12%). Paralelamente 4,4 g de cloreto de cálcio foram diluídos para 100 ml de água destilada, solução, em seguida autoclavada por 15 minutos a 121°C e utilizou-se na reação com o sedimento alga-alginato, para formação da esfera. Foram centrifugados 1000 ml de cultivo de *Chlorella sp.* a 3000 rpm e (FCR=950 g) durante 15 minutos, sendo o concentrado de microalgas misturado em alginato de sódio na proporção 1:1, para obter suspensões finais de 2%, 4% e 6% de alginato.

Essa suspensão alga-alginato, foi gotejada de uma bureta de 50 ml em 400 ml de CaCl_2 a 0,4 M com agitador Fanem Modelo 258 por 0,5 h para rigidez das esferas, formadas, todas com aproximadamente 4 mm de diâmetro, medidas com uso de paquímetro. No caso das esferas formadas sem algas (controle), 4g de alginato foram

dissolvidas em 100 ml de água destilada, procedendo-se a imobilização conforme descrito anteriormente, também controlando o diâmetro médio. Ao término, as esferas foram lavadas em água destilada, e mantidas imersas neste líquido, armazenadas na geladeira a 4°C no escuro, para posterior enchimento das colunas. Na Figura 02 está apresentada a solução alga-alginato sendo vertida no CaCl₂, e amostras de esferas com e sem algas imobilizadas.

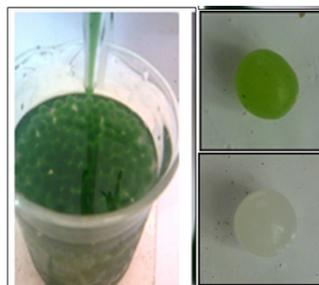


Figura 02- Solução alga-alginato sendo vertida no CaCl₂/ Amostras de beads de alginato, com e sem algas imobilizadas.

De cada amostra de esferas produzida, foi separada uma alíquota de 200 unidades para medição do diâmetro. A amostra foi considerada satisfatória quando 80% desta, cada esfera, estivesse com o diâmetro médio de 4 mm, volume de 33,5 mm³, 0,0380g de massa e aproximadamente 50 mm² de área superficial. Em cada 10 mL de esferas, contou-se entre 199 e 201 unidades.

Caracterização dos biorreatores e das condições de realização do experimento

Durante o período experimental, foram monitorados dez biorreatores tubulares de vidro pyrex transparente, em escala de laboratório. Destes, 6 de 0,1L de capacidade, tendo em cada um, uma torneira na parte inferior, 1 cm de leito fixo de fibra de vidro, e estando preenchidos por 0,06L de esferas, aproximadamente 1,146x10³ (19 esferas/mL de efluente).

Também foram monitorados, 4 bioreatores com capacidade volumétrica de 1,0L, cada um apresentava 1,5 m de comprimento, 30 mm de diâmetro, possuindo 3 cm de fibra de vidro sob o material suporte e duas torneiras, situadas em suas extremidades. Cada tubo, preenchido com 0,7L de esferas com algas imobilizadas, aproximadamente 1,2619x10⁴ esferas (18 esferas/mL), com diferentes concentrações finais de alginato em suspensão (2%, 4% e 6%), estando conectado a uma bomba de pulso, modelo DHX MA/AD, através de uma mangueira de silicone de 40 cm, por sua extremidade inferior.

Os sistemas foram alimentados com efluente secundário, do filtro de areia e da fossa séptica em regime de batelada intermitente com tempo de contato de 3 e 5 horas, com coletas a cada hora, para avaliar a resistência da matriz imobilizante frente

à remoção de fósforo. Ao final de cada ensaio, o biorreator foi esvaziado, as esferas lavadas com água destilada, este, envolvido completamente em papel alumínio até o próximo experimento num período médio de cinco (5) dias.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matriz de alginato apresentou grande eficiência ao longo de todos os ensaios com os biorreatores de 0,1 L e de 1,0 L de capacidade, com algas imobilizadas ou mesmo nos controles (apenas alginato). Na Figura 03 está apresentada respectivamente o comportamento da remoção de fósforo total e ortofosfato solúvel em relação à elevação do pH no sistema.

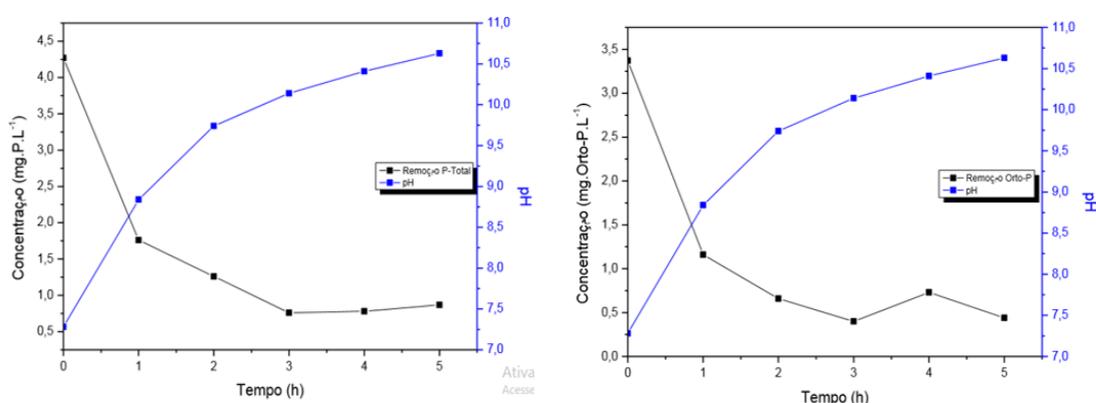


Figura 03- Remoção de Fósforo total e ortofosfato em relação à elevação do pH em bioreatores de 0,1L

Nos biorreatores de 1L com alginato de cálcio em concentração de 2%, a remoção atingiu remoções de 81% para as esferas com algas imobilizadas e 13% para as esferas controle em três (3) horas de contato. A Figura 04 são apresentados os dados de remoção de fósforo total deste bioreatores.

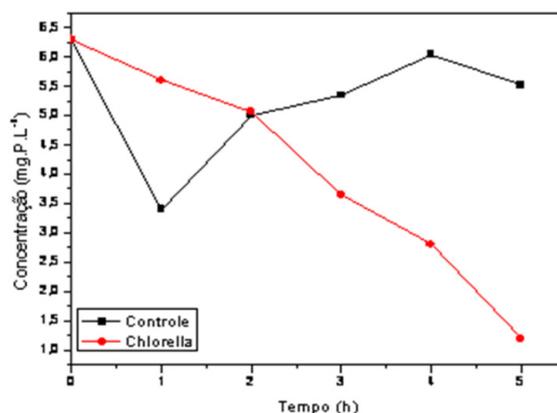


Figura 04- Remoção de Fósforo total em bioreatores com capacidade de 1L

Indicações de desestruturação da Matriz de Alginato

Após 28 dias de operação em batelada com efluente secundário e realização de 5 ensaios, o material suporte (alginato de cálcio) dos biorreatores de volume 1,0L, que estavam preenchidos aproximadamente 12619 esferas, apresentou sinais de desestruturação, dificultando a passagem do efluente na coleta, tornando seu efluente esverdeado, indicando que houve liberação de algas da matriz. Os biorreatores, B₁(esferas controle), B₂(esferas com algas imobilizadas a 6%) e B₃(esferas com algas imobilizadas a 2%), foram desmontados, foi coletada uma amostra de 50 esferas de cada um, exposta à temperatura ambiente em peneira fina por 30 minutos e em seguida, procedeu-se a medição de cada esfera usando-se um paquímetro. As esferas que no início dos ensaios apresentavam diâmetro médio de 4 mm estavam visivelmente reduzidas e com alta viscosidade na superfície. O resultado da nova medição das esferas de alginato após a desestruturação está apresentado nas Figura 05 e 06.

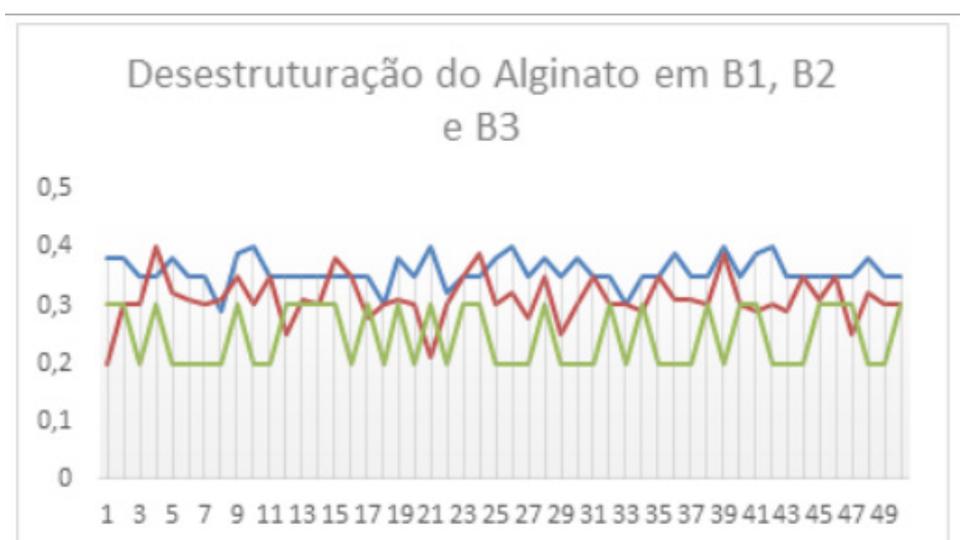


Figura 05- Desestruturação da matriz de alginato durante 28 dias de monitoração



Figura 06- Beads de alginato(B₁, B₂ e B₃) em processo de desestruturação após 28 dias de monitoração

Nas esferas controle(B₁), houve um desgaste de 10,4%, nas esferas com algas

imobilizadas com alginato à 6%, foi de 22,4% e para as esferas com algas imobilizadas a 2%, o percentual de desgaste foi 38,5%. Estes resultados podem ser explicados, pois, na concepção de Robinson et al., (1986), o gel de alginato depende essencialmente das condições iônicas do ambiente. Como resultado, a integridade do gel é altamente vulnerável à presença de agentes como, por exemplo, fósforo e citrato. Esses tipos de agentes, quando ligados a cátions de Ca^{2+} , soltam a matriz de gel, que acaba por se dissolver, causando a perda de células alterando a experiência. Neste estudo foram utilizadas concentrações afluentes de fósforo que oscilaram entre $3,6 \text{ mgP.L}^{-1}$ a $10,3 \text{ mgP.L}^{-1}$, o que já explicaria alta taxa de desestruturação.

Analisando-se as diferenças percentuais de desgaste entre as esferas controle e as esferas com algas imobilizadas, que submetidas às mesmas condições apresentaram significativa diferença no percentual de desgaste. As esferas controle sofreram um percentual médio de desgaste de 10,4% com desvio padrão de 2%. Essa diferença provavelmente está relacionada à concentração do alginato, que, nas esferas controle encontra-se na concentração de 4% e nas esferas com microalgas na concentração de 2%. Corroborando com esse resultado, Lau et al. (1997) relataram que as concentrações de cálcio encontradas em águas residuárias de bioreatores contendo esferas de alginato, aumentaram consideravelmente após a realização do experimento.

Ainda deve ser considerando que as algas, que são seres aeróbios, podem ter migrado do interior da esfera para o meio externo, pois em condições de colmatação, na face inferior do bioreator, a penetração de oxigênio para a sobrevivência da microalga foi comprometida. Segundo Covizzi et al., (2007), uma aeração não uniforme pode ocasionar a migração das células da superfície interna da matriz de contenção para o meio externo e o conseqüente rompimento da matriz do gel, sendo esse um dos maiores problemas encontrados neste tipo de imobilização.

As esferas situadas na parte inferior estavam com sua morfologia alterada, compactando-se umas às outras. O bioreator foi retirado do suporte de alumínio, suas esferas foram agitadas ao longo do mesmo para facilitar a coleta da amostra. Este procedimento, pode ter liberado para o efluente, o fósforo adsorvido em experimentos anteriores, alterando o resultado final do ensaio. Segundo Kaya e Picard (1995), o atrito entre as esferas pode comprometer a capacidade de remoção de fosfato da água residuária pela microalga.

Os géis de alginato de cálcio estão sendo amplamente estudados no tratamento terciário de águas residuárias por sua não toxicidade, preço acessível e eficácia na remoção de nitrogênio e fósforo, uma vez que se apresentam quimicamente instáveis na presença de alguns componentes do meio de cultivo. Na concepção de Yoo et al., (1996), este problema tem sido contornado com o uso de sais de bário, no lugar do cálcio ou pelo tratamento com quitosana, para aumentar a resistência da matriz imobilizante.

Os biorreatores de volumes diferentes, com algas imobilizadas em concentração

de alginato à 6%, apresentaram baixos índices de desestruturação, contudo seus valores de remoção de fósforo do efluente, foram significativamente menores em relação às esferas de 2% e 4%. Serp et al. (2000) avaliaram o efeito de uma dupla camada de gel na matriz pré-formada, para prevenir o rompimento; entretanto, apesar de ter formado um núcleo celular que impediu que as células microbianas escapassem do seu interior, a dupla camada dificultou a difusão de O₂ e mostrou-se ineficiente como técnica de imobilização.

4 | CONCLUSÕES

- O alginato de cálcio como matriz imobilizante para microalgas no tratamento de águas residuárias domésticas sofre desestruturação físico-química após 23 dias de monitoração, sendo necessário a investigação de mecanismos que prolonguem seu tempo de aplicação;
- O Fósforo presente nos efluentes e a pressão recebida pelas esferas localizadas na parte superior dos biorreatores são as principais causas para a instabilidade das esferas de alginato.

REFERÊNCIAS

BEIJERINCK, M.W. 1890. **Cultur versuche mit zoochlorellen, lichengonidien und anderen niederen algaen.** Botanische Zeitung. 48:725-785.

BICUDO, C. E. de M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil – chave para identificação e descrições.** São Carlos-SP: Editora RiMa, 2005. 489p.

BISCHOFF, H. W.; BOLD, H. C. **Physiologic studies. IV. Some algae from Enchanted Rock and related algae species.** University of Texas Publications, v. 6318, 1963. p.1- 5.

BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U.A.; AQUARONE, E. **Biotecnologia Industrial: Fundamentos.** São Paulo: Edgard Blücher, 2001. v. 1, p. 5-8.

CLARK, A. H.; ROSS-MURPHY, S. B.; **Brit. Polym J.** 1987, 17, 164

COVIZZI, L. G.; GIESE, E. C.; GOMES, E.; DEKKER, R.F.H.; SILVA, R. **Imobilização de células microbianas e suas aplicações biotecnológicas.** Semana: Ciências Exatas e Tecnológicas, n. 2, p. 143 – 160. Londrina, jul./dez., 2007.

GUO, X-L.; DENG, G.; XU, J.; WANG, M-X. **Immobilization of *Rhodococcus sp.* AJ270 in alginate capsules and its application in enantio selective biotransformation of trans-2-methyl-3-phenyl-oxiranecarbonitrile and amide.** Enzyme and Microbial Technology, v. 39, n. 1, p. 1-5, 2006.

KAYA, V. M; PICARD, G. **The viability of *Scenedesmus bicellularis* cells immobilized on alginate screens following nutrients starvation in air at 100% relative humidity.** Biotechnology Bioeng. 46:459-494. 1995.

KOBBAI, I., A.E. DEWEDAR, O. HAMMOUDA, M.S. ABDEL HAMEED and E. MAY,2000. **Immobilized algae for wastewater treatment.** Proc. 1st Int. Conf. Biol. Sci. (ICBS) Fac. Sci. Tanta University, 1: 114–22

LAU, P. S.; TAM, N. F. Y.; WONG, Y. S. **Wastewater nutrients (N and P) removal by carrageenan and alginate immobilized *Chlorella vulgaris***. Environmental Technology, v. 18, 945-951. 1997.

MEGHARAJ, M.; PEARSON, H. W.; VENKATESWARLU, K. **Removal of nitrogen and phosphorus by immobilized cells of *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus bijugatus* isolated from soil**. Enzyme, Microbiology and Technology, v. 14, 1992. p.656-658.

MORENO-GARRIDO, I. **Microalgae immobilization: Current techniques and uses**. Bioresource Technology, v. 99, 2008.p.3949–3964.

PRADELLA, J. G. C.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U.A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Reatores com células imobilizadas**. In: Biotecnologia Industrial: Engenharia Bioquímica. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 4 v. v 2, cap. 16, p. 355-372.

PRAVEEN, P., LOK, K.-C., 2015, **Photosynthetic aeration in biological wastewater treatment using immobilized microalgae-bacteria symbiosis**. Applied microbiology and biotechnology, 1-10.

ROY, I.; GUPTA M. N.; **Hydrolysis of starch by a mixture of glucoamylase and pullulanase: entrapped individually in calcium alginate beads**. Enzyme and Microbial Technology 34, 26-32. 2004.

ROBINSON, P. K.; DAINY, A. L.; GOULDING, K. H.; SIMPKINS, I.; TERVAN, M.D. **Physiology of alginate-immobilized *Chlorella sp.*** Enzyme, Microbiology and Technology. v. 7, 1985. p. 212-216.

SERP, D.; CANTANA, E.; HEINZEN, C.; VON STOCKAR, U.; MARISON, I. W. **Characterization of an encapsulation device for the production of monodisperse alginate beads for cell immobilization**. Biotechnology and Bioengineering, New York, v. 70, n. 1, p. 41-53, 2000.

SILVA, M.C.C.P; SOUSA, J.T; PEARSON, H.W; LEITE, V.D. **Remoção de nutrientes de efluente secundário oriundo de filtro de areia, usando a microalga *Chlorella sp.* imobilizada em matriz de alginato de cálcio**. 9º Encontro Internacional das Águas. Universidade Católica de Pernambuco-2017.

WANG, L.; RIDGWAY, D.; GU, T.; MOO-YOUNG, M. **Bioprocessing strategies to improve heterologous Biotechnology Advances**, New York, v. 23, n. 2, p. 115-129, 2005.

YOO, I-K.; SEONG, G. H.; CHANG, H. N.; PARK, J. K. **Encapsulation of *Lactobacillus casei* cells in liquid-core alginate capsules for lactic acid production**. Enzyme and Microbial Technology, New York, v. 19, n. 5, p. 428-433, 1996.