

ASPECTOS FERMENTATIVOS DE *SPIRULINA PLATENSIS* SOB CONDIÇÕES NATURAIS DE TEMPERATURA E ILUMINAÇÃO

FERMENTATIVE ASPECTS OF *Spirulina platensis* UNDER NATURAL LIGHT AND TEMPERATURE CONDITIONS

Arruda ROM¹, Barbosa DCCR², Medeiros MM³, Oliveira MR⁴, Frattini WC⁵

RESUMO: Introdução: a *Spirulina platensis* é uma alga verde-azulada unicelular filamentosa pertencente à família Cyanophyta que vem sendo muito empregada como suplemento alimentar, podendo ser também utilizada nos casos de desnutrição, em razão da sua composição ser formada por vitaminas, nutrientes, minerais, ácidos graxos, aminoácidos essenciais e não essenciais. **Objetivo:** verificar a influência do meio de cultivo e da agitação na produção da *S. platensis* sob condições naturais de temperatura e luminosidade. **Materiais e métodos:** o experimento foi feito em duplicata, tendo como reator erlenmeyers de 0,5 L, com 0,2 L de meio de cultura Paoletti padrão e modificado, inoculado com *S. platensis*, sob condições naturais de temperatura e iluminância, com e sem agitação. **Resultados:** a biomassa obtida em meio modificado em nitrogênio, meio modificado quanto a micronutrientes, produção sem agitação e meio completo foi de 2,165 g.L⁻¹, 2,291 g.L⁻¹, 0,856 g.L⁻¹, 2,086 g.L⁻¹ respectivamente, em 22 dias de experimento. **Conclusão:** dos tratamentos realizados o único que teve diferença estatisticamente significativa foi a agitação em relação ao nitrogênio (p-valor de 0,0053) e aos micronutrientes (p-valor de 0,0287) com produção bem inferior, pois há uma tendência de sedimentação da cianobactéria dificultando a realização de fotossíntese e respectivo crescimento. Quanto ao uso de metade da quantidade de nitrogênio e de micronutrientes dos outros tratamentos, os valores obtidos não diferiram do tratamento com meio completo, o que significa que se pode usar um meio mais econômico que o meio padrão nas condições estudadas. **Descritores:** *Spirulina*; Biotecnologia; Técnicas de Cultivo Celular por Lotes.

ABSTRACT: Introduction: *Spirulina platensis* is a unicellular bluish-green alga belonging to Cyanophyta family that has been widely used as a filamentous food supplement, and can also be used in cases of malnutrition, because in its composition it has vitamins, nutrients, minerals, fatty acids, essential and nonessential amino acids. **Objective:** To investigate the influence of the medium and agitation in the cultivation of *S. platensis* under natural conditions of temperature and luminosity. **Material and Methods:** the experiment was done in duplicate, with the 0.5 L reactor flasks with 0.2 L of standard and modified Paoletti culture medium inoculated with *S. platensis*, under natural conditions of temperature and illuminance, with and without agitation. **Results:** biomass obtained on modified in nitrogen concentration media, modified as micronutrients concentration. production without agitation and complete medium was 2.165 g L⁻¹, 2.291 g L⁻¹, 0.856 g L⁻¹, 2.086 g L⁻¹, respectively, in 22 days of cultivation. **Conclusion:** of the treatments performed the one that had a statistically significant was the stirring in relation to nitrogen (p-value 0.0053) and micronutrients (p-value 0.0287) with much lower production, because there is a tendency of settling the cyanobacterium hinder the achievement of their photosynthesis process and growth. Regarding the use of half the amount of nitrogen and micronutrients of the other treatments, the values did not differ by the process with that of complete medium, which means you can use a culture medium that is more economical than the standard medium (Paoletti) in the studied condition.

Descriptors: *Spirulina*; Biotechnology; Batch Cell Culture Techniques.

¹ Regina de Oliveira Moraes Arruda - Docente/Pesquisadora do Curso de bacharelado em Farmácia e do Mestrado em Análise Geoambiental, Universidade Guarulhos, UnG, Guarulhos, SP, Brasil. Contato: rarruda@prof.ung.br; romarruda@ig.com.br

² Daiane Cristina do Carmo Rodrigues Barbosa - Farmacêutica graduada pela Universidade Guarulhos, UnG, Guarulhos, SP, Brasil. Contato: DAYANECRY8@GMAIL.COM

³ Mariana Moura Medeiros - Farmacêutica graduada pela Universidade Guarulhos, UnG, Guarulhos, SP, Brasil. Contato: mmoura_25@ig.com.br

⁴ Michele Ribeiro de Oliveira - Farmacêutica graduada pela Universidade Guarulhos, UnG, Guarulhos, SP, Brasil. Contato: daylro@ig.com.br

⁵ Walquiria Cubissimo Frattini - Farmacêutica graduada pela Universidade Guarulhos, UnG, Guarulhos, SP, Brasil. Contato: w.frattini@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A *Spirulina sp* (*Arthrospira sp*) é uma alga verde-azulada unicelular filamentosa pertencente à família Cyanophyta, conhecida também como cianobactéria. Cresce em águas alcalinas e ricas em sais minerais em lagos da África, Ásia, América do Sul e do Norte^{1,2}.

A coloração verde escura da *Spirulina* deve-se aos pigmentos naturais: clorofila (verde), ficocianinas (azul) e carotenóides (laranja). Além desses constituintes, possui também alto teor de proteínas, carboidratos, vitaminas e sais minerais e outros fotonutrientes, como o ácido graxo essencial (ácido γ -linolênico), antioxidantes, sulfolípides, glicolípides e polissacarídeos².

As algas são utilizadas como alimento humano há muitos anos, em várias partes do mundo devido à facilidade da extração direta de lagos e tanques naturais, dentre outros³. A *Spirulina platensis* encontrada na região Kanem no Chade é coletada através de métodos simples, vendida nos mercados e consumida pela sua população⁴.

A produção comercial da biomassa microbiana algal representa uma alternativa nutricional de grande interesse, com meio de cultura formado pelo aproveitamento de certos resíduos industriais o que leva a baixos custos de produção. Outras vantagens de cultivar microalgas é a duplicação da biomassa em poucos dias em condições ideais (temperatura, pH, luz, agitação e nutrientes), a imensa biodiversidade, a variabilidade na composição da biomassa obtida da cultura microalgal e o cultivo em grande escala, onde os processos industriais utilizados são simples^{3,5,6}.

A cada dia que passa a *Spirulina* vem despertando mais interesse, e um dos motivos desse interesse é devido à sua forma de cultivo, um novo tipo de aquicultura. Com o aumento mundial da produção de *Spirulina*, ela se tornará mais econômica e as técnicas potencializadas utilizadas serão mais divulgadas. Qualquer ser vivo necessita de uma fonte de energia para que seu crescimento ocorra, e para a espirulina, os nutrientes podem ser obtidos por fonte natural ou por um sistema artificial⁷.

Os cultivos de microalgas têm sido realizados com a finalidade de promover a produção da biomassa tanto para uso na elaboração de alimentos quanto para obtenção de componentes naturais. Devido aos inúmeros componentes que são extraídos, estes poderão ser empregados no desenvolvimento de alimentos funcionais por possuírem propriedades nutricionais e farmacêuticas⁶. Alguns usos terapêuticos de biomassa da espirulina ainda requerem avaliação científica³.

Aplicação da *Spirulina* como suplemento alimentar

A desnutrição é decorrente de sinais clínicos que se manifestam no organismo do indivíduo proveniente da inadequação quantitativa (energia) ou qualitativa (nutrientes) da dieta. A pobreza contribui de tal forma para a desnutrição devido à falta, diversificação, inadequação nutricional da dieta, falta de conhecimentos básicos de higiene, entre outras⁸.

Em países de terceiro mundo onde se tem grande carência de alimentos protéicos a utilização da biomassa de microalgas vem sendo uma possibilidade para as populações pobres³. A biomassa obtida da microalga *Spirulina* pode ser introduzida diretamente na dieta auxiliando nos casos de desnutrição. A importância da biomassa algal de *Spirulina* foi verificada em ratos desnutridos, que receberam uma dieta de suplementação protéica de *Spirulina*, e em menos de quatro semanas apresentaram excelente recuperação³.

Alves e colaboradores¹⁰ também avaliaram os efeitos da *Spirulina* como fonte protéica em ratos, os quais foram submetidos à desnutrição protéica e estavam em recuperação nutricional. Realizaram duas etapas, na primeira (fase de desnutrição) os ratos foram separados em dois grupos (grupo controle e grupo desnutrido) e receberam caseína na dieta. Na segunda etapa (fase de recuperação) os ratos foram separados em três grupos (grupo controle, grupo recuperado com caseína e grupo recuperado com *Spirulina*) e receberam na dieta caseína e *Spirulina*. Ao final do experimento concluíram que ambas as dietas empregadas (caseína e *Spirulina*) na recuperação nutricional dos ratos foram igualmente eficazes e isso demonstra que o potencial protéico da *Spirulina* na recuperação protéica dos ratos foi tão eficiente quanto o da caseína.

Hoje em dia, parte da população embora possuidora de elevado nível econômico e educacional vem apresentando hábitos alimentares inadequados optando por consumo de alimentos pouco nutritivos ou tendo uma alimentação não balanceada dando preferência para alimentos industrializados⁵. A microalga *Spirulina* vem sendo muito empregada como suplemento alimentar em razão da sua composição química^{11,12}. A *Spirulina platensis* apresenta, em base seca, cerca de 70% de proteínas, 5 a 15% de lipídios e 10 a 20% de carboidratos¹³.

A *Spirulina* apresenta proteínas de alta digestibilidade, devido a sua parede celular ser formada por mucopolissacarídeos, facilitando a absorção pelo organismo. Estas proteínas possuem um índice balanceado de aminoácidos⁵. Segundo Garson apud Terán (1989)¹⁴,

entre os aminoácidos presentes na *Spirulina platensis* e na *Spirulina máxima* estão: fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, treonina, triptofano, histidina, valina, arginina, cistina, glicina, glutamina, prolina, tirosina, alanina, asparagina, ácido aspártico, ácido glutâmico, serina e ácido α -diaminopimélico. Os aminoácidos limitantes presentes na *Spirulina* são a cistina e a metionina, porém, a concentração apresentada nesta microalga é superior às quantidades encontradas nos cereais, nas sementes e nas verduras. A quantidade de lisina presente na *Spirulina* é superior a de todas as proteínas vegetais, exceto as encontradas nas leguminosas¹³.

Além dos aminoácidos presentes, a *Spirulina máxima* apresenta em sua composição:

- Vitaminas – β -caroteno, Vitamina A, Vitamina E (tocoferol), B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacina), B6 (piridoxina), B12 (cianocobalamina), inositol, biotina, ácido fólico, ácido pantotênico.
- Ácidos Graxos:
Família ω 6 – ácido γ -linolênico (GLA), linoléico essencial, dihomo- γ -linolênico.
Família ω 3 – α -linolênico, ácido docosahexanóico (DHA).
Família monoenóico – palmitoléico, oléico, erúico.
- Nutrientes - β -caroteno 9-cis, β -caroteno 13-cis, β -caroteno 15-cis, β -caroteno todos-trans, zeaxantina, clorofila, carotenóides, ficocianinas e superóxido-dismutase.
- Minerais – cálcio, magnésio, ferro, fósforo, potássio, sódio, manganês, zinco, cobre, boro e molibdênio^{3,15}.

Segundo Guan¹⁶ cinco amostras de *Spirulina* de diferentes áreas de produção foram analisadas com raio-x de fluorescência e determinou-se que todas as amostras continham os teores de K, Na, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn. Os resultados demonstram que a *Spirulina* possui ricos microelementos, dos quais o corpo humano necessita.

Chenge e outros¹⁷ determinaram o conteúdo de oligoelementos Ni, Zn, Mn, Cu, Mg, Fe, Ca e Pb na *Spirulina platensis* através da espectrometria de absorção atômica. Os resultados demonstraram que a *Spirulina platensis* é rica em elementos inorgânicos, como Mg, Zn, Fe, Ca e Cu.

Pane¹⁸ determinou através de uma cultura preparada em laboratório que a *Spirulina platensis* teve a capacidade de absorver cádmio e zinco, então concluíram também que esta capacidade de absorver metais pesados pode ser de grande importância para a utilização de

algas na alimentação humana.

Produção da *Spirulina*

Para obtenção de culturas é necessário conhecer a espécie desejada, quanto maior for o conhecimento de sua ecologia, mais simples será a escolha do meio, pH, temperatura etc¹⁹. O meio de cultivo tem influência direta no crescimento celular, sendo necessárias as seguintes condições: luminosidade e energia apropriadas; manutenção de temperatura e pH favoráveis; agitação adequada, para manter as células em suspensão, prevenir a sedimentação e homogeneizar minerais, luz e temperatura; nutrientes minerais em concentrações adequadas dissolvidas no meio⁵.

As cianobactérias são microrganismos fotossintetizantes, a influência da luz nos cultivos mostrou-se de grande importância devido à elevada capacidade que esses microrganismos têm em fixar a energia solar e converte-la em componentes celulares de valor nutricional onde há um maior interesse para a produção³. As algas são dos primeiros microrganismos fotossintéticos capazes de converter diretamente a luz em vida⁷.

De acordo com Ferraz apud Terã (1989)¹⁴, a temperatura ideal para o crescimento da espirulina está entre 25 a 37°C, porém Colla et al, 2007, teve uma melhor produção de biomassa em temperatura 30°C do que em 35°C²³. O meio alcalino e pH entre 8,5 a 11,0 são outras condições desejáveis para o crescimento da *Spirulina*⁴. O melhor período de produção de biomassa da *Spirulina máxima* durante o Inverno foi das 8-13 horas²⁰.

Ogbonda²¹ estudaram a influência da temperatura e pH na produção da biomassa e síntese de proteína na *Spirulina sp.* em ambiente isolado com água salobra contaminados com petróleo. Os maiores valores de proteína e biomassa foram obtidos em temperatura de 30°C e pH 9,0. A *Spirulina sp* estudada oferece uma boa fonte de proteínas naturais para as comunidades rurais, e poderá ser empregada na forma de alimento, suplemento de saúde, desde que seja devidamente processada.

Karam e outros²² realizaram em laboratório o cultivo da *Spirulina major* utilizando meio de cultura Guillard-F2, com a finalidade de determinar qual temperatura e pH são ótimos para o cultivo. O experimento foi realizado com quatro temperaturas diferentes (20°C, 25°C, 30°C e 35°C) e quatro valores de pH do meio de cultivo (7,0; 8,0; 9,0 e 10,0). Ao final do experimento concluíram que a temperatura de 30°C e pH de 8,0 foram ótimas para o cultivo da *Spirulina major*, sendo que este valor de pH é inferior para ótimo cultivo das espécies *platensis*

e máxima.

A *Spirulina platensis* Ferraz e colaboradores²⁴ analisaram a influência do pH no crescimento da *Spirulina máxima*, e o pH 9,5 foi o mais favorável para seu crescimento, devido a presença de fonte de carbono no meio que se encontrava na forma de HCO_3 , sendo a forma mais assimilável de carbono para a *Spirulina máxima*.

Monteiro e outros²⁵ realizaram o crescimento da *Spirulina máxima* em três condições sob diferentes agitações: 1) agitação manual com iluminação natural; 2) agitação manual com iluminação artificial e; 3) agitação constante feita por aeração com compressor de aquário e iluminação artificial. A *Spirulina máxima* teve seu melhor e maior crescimento na terceira condição, não demonstrou declínio, sendo que nas outras duas condições o demonstraram após 185 dias, tal fato ocorreu porque a terceira condição estava sob agitação constante onde os sais presentes no meio ficam suspensos e não se cristalizam disponibilizando maiores quantidades de nutrientes e também permite que todas as células recebam a mesma iluminação promovendo assim a fotossíntese. O emprego do compressor de aquário demonstrou-se muito eficaz com relação às agitações manuais, pois além de diminuir a mão de obra, obteve-se um melhor rendimento.

A produção da *Spirulina platensis* com fontes alternativas de nutrientes de baixo custo como: água do mar, água doce e com diversos outros resíduos, obtém resultados satisfatórios quando comparados com os meios sintéticos desde que, as concentrações de nutrientes empregadas estejam adequadamente ajustadas²⁶.

Segundo Aquarone³, a produção de *Spirulina* pode ser feita a partir de água do mar, lagos salinos ou de águas oriundas de sistemas de tratamento de efluentes.

O cultivo da *Spirulina platensis* com água subterrânea resulta na melhora da qualidade e produtividade da sua biomassa por causa de uma suplementação abundante de minerais e de um meio de cultura sem contaminantes²⁷.

Os meios de cultura mais utilizados são: Zarrouk (1966), Paoletti et al. (1975) e CFTRImix. Esses meios de culturas servem como controle quando se deseja testar um novo meio de cultura. No Brasil o meio de cultura mais utilizado para a produção da *Spirulina spp.* é o de Paoletti et al. (1975), sendo este um meio inorgânico, rico em bicarbonato e carbonato de sódio⁷.

A variedade de elementos químicos como nutrientes é necessária para o crescimento de todos os organismos, pois estes elementos participam da síntese e

das funções normais dos componentes celulares. Os elementos químicos principais para crescimento das células incluem carbono, nitrogênio, hidrogênio, oxigênio, fósforo, enxofre, potássio, magnésio e cálcio^{28,19}.

Outros elementos minerais conhecidos como elementos-traço são também necessários, mas em quantidades extremamente pequenas. Os elementos-traço são o zinco, cobre, manganês, molibdênio e cobalto, que são requeridos para ativar enzimas²⁸.

A produção da *Spirulina* pode ser feita em laboratórios por sistemas fechados (pequena escala) ou em tanques grandes por sistemas abertos (grande escala)³.

OBJETIVO

Produzir *Spirulina platensis* em condições naturais de temperatura e luminosidade, verificando a influência do meio de cultura e agitação no processo fermentativo.

MATERIAIS E MÉTODOS

- Materiais
- Micro-organismo: *Spirulina platensis*.
- Meio de cultura: 200 mL de Meio PAOLETTI²⁹ padrão e Meio PAOLETTI modificado para nitrogênio e para micronutrientes.
- Reator: frasco de Erlenmeyer Pyrex de 500 mL
- Agitador: agitador magnético Fisatom/Quimis
- Iluminação: Natural
- Espectrofotômetro microprocessado Analyser e Cubetas de 1cm
- Balança semianalítica Gehaka BK 400 II
- Balão volumétrico 500mL
- Proveta 500mL
- Pipeta graduada de 1mL e 10mL
- Espátula
- Papel manteiga

Preparo dos meios

Preparou-se o meio Padrão Paoletti²⁹ e o meio de cultura padrão Paoletti modificado, com as seguintes alterações: para o meio modificado para nitrogênio usou-se metade da quantidade do padrão, ou seja, $1,935 \text{ g.L}^{-1}$, e para meio modificado para micronutrientes usou-se metade da quantidade do padrão ou seja $0,5 \text{ cm}^3.\text{L}^{-1}$. Para preparo dos meios, os sais foram pesados e colocados em balão volumétrico de 1L. Colocou-se água destilada até a metade do balão para a homogeneização dos sais, então foram colocadas as soluções de ferro EDTA²⁹ e Micronutrientes ²⁹(preparadas anteriormente), e completou-se o volume do balão.

Montagem do experimento

Foi montado um experimento inteiramente casualizado, tendo como tratamentos: meio modificado para nitrogênio e agitação (nitrogênio), meio modificado para micronutrientes e agitação (micronutrientes), meio completo sem agitação (agitação) e meio completo com agitação (completo).

Para cada tratamento utilizou-se um erlenmeyer de 500 mL como reator, com 200 mL do meio de cultura adequado, 10 mL de inóculo, e uma barra magnética em teflon (peixinho) nos tratamentos com agitação. O frasco foi fechado com algodão. Trabalhou-se em duplicatas.

O experimento foi montado sobre os agitadores magnéticos, próximos à janela, sob condições naturais de temperatura e iluminação para realização do cultivo. Os dados dessas condições foram obtidos através do Instituto de Meteorologia³⁰ (<http://www.inmet.gov.br>). As informações são disponibilizadas pela Universidade de Guarulhos que possui uma estação meteorológica e está próxima do local onde o experimento foi realizado³⁰.

O acompanhamento do cultivo foi realizado através de leituras de absorbância (abs) no espectrofotômetro no comprimento de onda 560 nm, por 22 dias.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

O experimento foi delineado como inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e duas repetições. Foi aplicado o Teste t de Student, 5% de significância. Para a análise dos resultados utilizou-se o programa livre: ASSISTAT Versão 7.6 beta (2011) (homepage: www.assistat.com)^{31, 32, 33, 34}.

RESULTADOS

Durante o período da realização dos experimentos (10/03 a 01/04/2011) as temperaturas médias estiveram entre 20 e 25°C³⁰.

Foram realizadas leituras referentes a cada experimento no espectrofotômetro para acompanhamento da fermentação (22 dias de experimento) como mostra a Tabela 1 e Figura 1. Os valores de absorbância foram convertidos em biomassa (g/L) através de equação (Equação 1).

$$\text{Biomassa (g/L)} = 2,252 \times (\text{abs}) - 0,508 \quad (\text{Eq. 1})$$

Tabela 1 – Leituras realizadas no espectrofotômetro para 22 dias de produção da *Spirulina platensis*, e sua conversão em biomassa.

Tratamento	abs	Biomassa (g/L)	Media g/L
1. nitrogênio	1.1	1,228	2,165 *
	1.2	1,146	
2. micronutrientes	2.1	1,133	2,291 *
	2.2	1,353	
3. agitação	3.1	0,594	0,856 **
	3.2	0,617	
4. completo	4.1	1,015	2,086 *
	4.2	1,289	

Nota: *médias sem diferença estatisticamente significativa; ** médias estatisticamente significativas, pelo Teste t de Student com 5% de significância.

Tabela 2. P-valor obtido para a comparação entre os quatro tratamentos.

Comparação entre tratamentos	Diferença	Valor crítico	p-valor
1 e 2	0,1265	< 1,1362	0,6791
1 e 3	1,3095	> 0,4108	0,0053
1 e 4	0,0785	< 1,3852	0,8300
2 e 3	1,436	> 1,0706	0,0287
2 e 4	0,205	< 1,7019	0,6559
3 e 4	1,231	< 1,3320	0,0578

Como pode ser observado estatisticamente, somente o tratamento sem agitação, mostrou diferença significativa, com produção média abaixo dos outros tratamentos, para nitrogênio e micronutrientes, e se observamos o p-valor (Tabela 2) veremos que ficou muito próximo de ser estatisticamente diferente do tratamento completo também, e isso é explicado pela sedimentação da *S. platensis*, dificultando a realização de fotossíntese pelas microalgas sobrepostas.

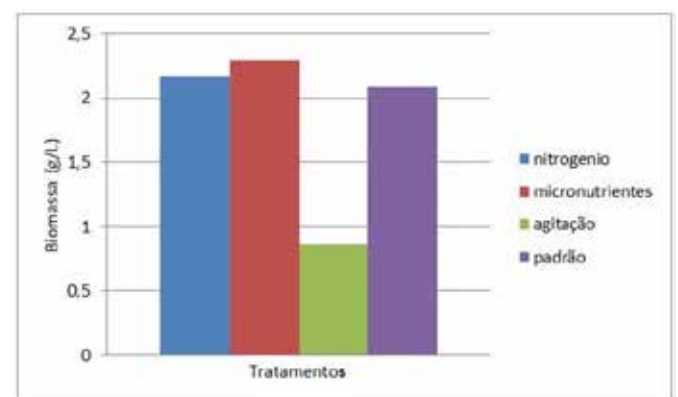


Figura 1. Produção de *Spirulina platensis*, após 22 dias de fermentação, sob condições naturais de temperatura e luminosidade.

DISCUSSÕES

Estudos envolvendo variações de meios e condições de processo para a espirulina são importantes para a melhor definição dos parâmetros responsáveis pela produção de biomassa ou produtos de interesse como a clorofila a.³⁵

Segundo Andrade³⁶ a *S. platensis* em meio Zarrouk complementado com 0,50 g.L⁻¹ de melaço líquido obteve uma concentração de biomassa 2,83 g.L⁻¹ em 35 dias de crescimento.

Kornfeld³⁷ apresentaram um novo meio de cultura para a produção de biomassa *Spirulina platensis*, à base de solução alcalina e efluente da indústria cítrica sendo complementado com fontes de nitrogênio, fósforo e potássio, onde obtiveram uma absorbância de 1,024 que equivale a 5,1 g.mL⁻¹ em 5 dias de experimento.

O meio com metade dos micronutrientes apresentou valores de absorbância e biomassa menores quando comparados com os experimentos de Andrade³⁶ e Kornfeld³⁷, os meios de culturas desses experimentos foram complementados com fontes de nutrientes.

Oliveira, Carvalho e Costa³⁸, também obtiveram melhores resultados de biomassa de *Spirulina* quando reduziram a quantidade de nitrogênio do meio de cultivo, os autores trabalharam com o meio Zarrouk, corroborando os resultados dessa pesquisa.

O experimento realizado por Folegatti³⁹ teve como finalidade avaliar a produção de biomassa de *Spirulina platensis* em meio de cultura Lacaz-Ruiz, preparado à base de cinzas de eucalipto e em meio de cultura Paoletti. Os dois meios tiveram as mesmas condições de cultivo, como quantidade de inóculo (75 mL), intensidade luminosa, leitura no comprimento de onda 560nm, agitação e temperatura (33,0±1,0°C). Os resultados da absorbância inicial e final para o meio de cultura Paoletti foi de 0,447 e 1,037 e para o meio de cultura Lacaz-Ruiz foi de 0,329 e 0,831 em 6 dias de experimento. Esses valores são superiores aos obtidos neste experimento, pois não houve controle da luminosidade, nem da temperatura.

Spirulina platensis cultivada por 23 dias sob condições controladas de temperatura (30°) e intensidade luminosa, em três diferentes meios de cultura: meio Paoletti (controle), meio Paoletti suplementado com 1 g.L⁻¹ de NaCl (água salinizada) e meio Paoletti preparado com rejeito de dessalinizador, teve como resultados as

concentrações celulares de 2,587, 3,545 e 4,954 g.L⁻¹ respectivamente³⁸, contra 2,086 g.L⁻¹ obtidos em condições naturais⁴⁰.

Produzindo *Spirulina platensis*⁴¹ em processo semiquantitativo, em um fotobiorreator fechado utilizando-se o meio de cultivo (Zarrouk, 1966) e lâmpada com iluminação, durante 42 dias obteve-se um valor de 0,50 g.L⁻¹ valor baixo quando comparado com os resultados deste trabalho.

Outra citação foi referente à produção da alga sob condições naturais de temperatura e insolação em reatores alternativos (sacos plásticos de volume de 3 litros com 1,5 litro de cultivo mineral), com agitação horizontal a 125rpm. A melhor produção de biomassa foi de 2,98 g.L⁻¹ em 20 dias de experimento¹⁵. Essa produção superior em relação a este experimento pode ser explicada pela quantidade de luminosidade recebida pelos sacos plásticos, que foi maior que a recebida nos Erlenmeyers.

CONCLUSÃO

A biomassa da *Spirulina platensis* obtida em meio modificado em nitrogênio, meio modificado quanto a micronutrientes, produção sem agitação e meio completo foi de 2,165 g.L⁻¹, 2,291 g.L⁻¹, 0,856 g.L⁻¹, 2,086 g.L⁻¹ respectivamente em 22 dias de experimento, em condições naturais de luz e temperatura.

Dos tratamentos realizados o único que teve diferença significativa estatisticamente foi o sem agitação, com produção bem inferior que os demais, pois há uma tendência de sedimentação da cianobactéria dificultando a realização de fotossíntese e respectivo crescimento. Quanto ao uso de metade da quantidade de nitrogênio e de micronutrientes dos outros tratamentos, os valores obtidos não diferiram do tratamento com meio completo, o que significa que se pode usar um meio mais econômico que o meio padrão nas condições estudadas.

AGRADECIMENTO: Essa pesquisa foi financiada pela Universidade Guarulhos – UnG, **por meio** da Bolsa de Pesquisa Docente (PescDoc).

REFERÊNCIAS

1. Ramírez Moreno L, Olvera Ramírez R. Uso tradicional y actual de *Spirulina sp.* (*Arthrospira sp.*). Interciência. [periódico na Internet]. 2006 Set [acesso em 20 fev. 2011]; 31(9): [aproximadamente 7 p.]. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/lil-449303>

2. Ayoub ME. Terapia nutricional na lipodistrofia ginóide. In: Silva SMCS, Mura JDP. Tratado de alimentação, nutrição e dietoterapia. São Paulo: Roca; 2007. p. 633-54.
3. Lima UA, Sato S. Proteínas de origem microbiana. In: Aquarone E, Borzani W, Schmidell W, Lima UA. Biotecnologia na produção de alimentos. São Paulo: Edgar Blucher LTDA; 2008. p. 421-45.
4. Clement G. Production and characteristic constituents of the algae *Spirulina platensis* e *máxima*. Ann nutr aliment. [periódico na Internet]. 1975 [acesso em 12 mar. 2011]; 29(6): [aproximadamente 11 p.]. Disponível em: <http://regional.bvsalud.org/regional/resources/mdl.824992>.
5. Scapin AR. Cultivo da microalga *Spirulina platensis* para obtenção de biomassa de alto valor nutricional. Chapecó: Argos; 2005.
6. Derner, RB, Ohse S, Villela M, Carvalho SM, Fett R. Microalga, produtos e aplicações. Ciênc rural. [periódico na Internet]. 2006 Dez [acesso em 26 fev. 2011]; 36(6): [aproximadamente 8 p.]. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782006000600050&script=sci_arttext
7. Lacaz-Ruiz R. Espirulina: estudos e trabalhos. São Paulo: Roca; 2003.
8. Monteiro CA. A dimensão da pobreza, da fome, e da desnutrição no Brasil. Estud av. [periódico na Internet]. 1995 Ago [acesso em 5 mar. 2011]; 9(24): [aproximadamente 12 p.]. Disponível em: http://www.sielo.br/sielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-401419950002000 .
9. Morais MG, Miranda MZ, Costa JAV. Biscoitos de chocolate enriquecidos com *Spirulina platensis*: características físicoquímicas, sensoriais e digestibilidade. Alim nutr, Araraquara. [periódico na Internet]. 2006 Set [acesso em 5 mar. 2011]; 17(3): [aproximadamente 5 p.]. Disponível em: <http://servbib.fcfr.unesp.br/sier/index.php/alimentos/article/viewArticle/281> .
10. Alves CR, Mello MAR, Voltarelli FA. *Spirulina* como fonte protéica na recuperação de ratos desnutridos: efeitos sobre o músculo esquelético. Revista Digital, Buenos Aires. [periódico na Internet]. 2005 Jul [acesso em 7 abr. 2014]; 10(86): [aproximadamente 9 p.]. Disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd86/spirulin.htm>
11. Ambrosi MA, Reinehr CO, Bertolin TE, Costa JAV, Colla LM. Propriedades de saúde *Spirulina spp* Ver ciênc farm básica apl. [periódico na Internet]. 2008 [acesso em 5 mar. 2011]; 29(2): [aproximadamente 8 p.]. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/lil-514279> .
12. Chamorro G, Salazar M, Araújo KGL, Santos CP, Ceballos G, Fabila LC. Actualización en la farmacología de *Spirulina (Arthrospira)*, un Alimento não convencional. Arch latinoam nutr. [periódico na Internet]. 2002 Set [acesso em 5 mar. 2011]; 52(3): [aproximadamente 8 p.]. Disponível em: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000300002&lng=en&nrm=iso&ignore=.html.
13. Vonshak A, Abeliovich A, Boussiba S, Arad S, Richmond A. Production of *Spirulina* biomass: Effects of environmental factors and population density. Biomass. 1982; 2(3): 175-85.
14. Terã E. A espirulina: um novo modismo brasileiro. Rev bras farmacogn. [periódico na Internet]. 1989 [acesso em 17 mar. 2011]; 2-3-4: [aproximadamente 10 p.]. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X1989000100014&lng=pt.
15. Arruda ROM., Brito AW, Silva RR, Moraes IO. Fermentação de *Spirulina platensis* sob condições naturais de temperatura e insolação. Revista Saúde, Guarulhos. [periódico da internet.] 2009 [acesso em 05 março2011]; 3 (3): [aproximadamente 4 p.]. Disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/saude/article/view/124/519>
16. Guan Y, Zhao HY, Ding XF, Zhu YY. Analysis of the contents of elements in *Spirulina* from different producing areas. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi*. [periódico na Internet]. 2007 Mai [acesso em 17 mar. 2011]; 27(5): [aproximadamente 2 p.]. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/mdl17655131>
17. Cheng CG, Hong QH, Li DT, Fan MH, Cai XD. Determination of trace elements in *Spirulina platensis* (Notdst.) Geitl. by flame atomic absorption spectrometry combined with microsampling pulse nebulization technique. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi*. [periódico na Internet]. 2006 Set [acesso em 12 mar. 2011]; 26(9): [aproximadamente 2 p.]. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/mdl17112058> .

18. Pane L, Solisio C, Lodi A, Luigi MG, Converti A. Effect of extracts from *Spirulina platensis* bioaccumulating cadmium and zinc on L929 cells. Ecotoxicol environ saf. [periódico na Internet]. 2008 Mai [acesso em 5 mar. 2011]; 70(1): [aproximadamente 6 p.]. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/mdl17662387> .
19. Round FE. Biologia das algas. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara; 1983.
20. Lacaz RR, Mós EN, Lima CG, Ribeiro MA. Maximo Cultivo de *Spirulina* ao ar livre - I. Inverno. Braz j vet res anim sci. [periódico na Internet]. 1990 [acesso em 5 mar. 2011]; 27(2): [aproximadamente 11 p.]. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/lil-114051>
21. Ogbonda KH, Aminigo RE, Abu GO. Influence of temperature and pH on biomass production and protein biosynthesis in a putative *Spirulina sp.* Bioresour technol. [periódico na Internet]. 2007 Ago [acesso em 5 mar. 2011]; 98(11): [aproximadamente 4 p.]. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/mdl17081749>
22. Karam LM, Soccol CR. Efeito da temperatura e pH no cultivo de *Spirulina major*. Arq ciênc vet zool. UNIPAR. [periódico na Internet]. 2007 Jun [acesso em 15 mar. 2011]; 10(1): [aproximadamente 3 p.]. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/lil-506015>
23. Colla LM, Oliveira RC, Reichert C, Costa JA. Production of biomass and nutraceutical compounds by *Spirulina platensis* under different temperature and nitrogen regimes. Bioresour technol. [periódico na Internet]. 2007 Mai [acesso em 5 mar. 2011]; 98(7): [aproximadamente 4 p.]. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/mdl-17070035>
24. Ferraz CAM, Aquarone E, Krauter M. Efeito da luz e do pH no crescimento de *Spirulina máxima*. Rev microbiol. [periódico na Internet]. 1985 Jun [acesso em 12 mar. 2011]; 16(2): [aproximadamente 5 p.]. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/lil-30260>
25. Monteiro MPC, Luchese RH, Absher TM. Effect of three different types of culture conditions on *Spirulina maxima* growth. Braz arch biol technol. [periódico na Internet]. 2010 [acesso em 22 fev. 2011]; 53(2): [aproximadamente 4 p.]. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132010000200016&lng=en
26. Pinho MA, Torres RC, Sant' Anna, ES. Fontes alternativas de nutrientes para o cultivo de *Arthrospira (Spirulina)* spp. Bol centro pesqui process aliment. [periódico na Internet]. 2010 Jun [acesso em 15 mar. 2011]; 28(1): [aproximadamente 9 p.]. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/lil-570199>
27. Kim CJ, Jung YH, Ko SR, Kim HI, Park YH, Oh HM. Raceway cultivation of *Spirulina platensis* using underground water. J microbiol biotechnol. [periódico na Internet]. 2007 Mai [acesso em 5 mar. 2011]; 17(5): [aproximadamente 4 p.]. Disponível em: <http://regional.bvsalud.org/regional/resources/mdl.18051309>
28. Michael Junior JP, Chan ECS, Krieg NR, Edwards DD, Pelczar MF. Microbiologia: conceitos e aplicações. 2ª ed. São Paulo: Makron Books; 1997.
29. Paoletti C, Pushparaj B, Tomaselli L. Ricerche sulla nutrizione minerale di *Spirulina platensis*. Atti Cong Naz Soc Ital Microbiol. 1975; 28 (2): 845-53.
30. Brasil. INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. INMET – Estações Convencionais; [aproximadamente 2 p.]. [acesso em 23 abr. 2011]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sim/sonabra/dspDadosCodigo.php?ODMwNzU=>
31. Silva, FAZ, Azevedo, CAV. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: World Congress on Computers in Agriculture 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers; 2009.
32. Silva, FAZ, Azevedo, CAV. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: World Congress on Computers in Agriculture, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers; 2006. p.393-6.
33. Silva, FAS, Azevedo, CAV. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. 2002; 4(1):71-8.
34. Silva, FAS. The ASSISTAT Software: statistical assistance. In: International Conference on Computers in Agriculture, 6, Cancun, 1996. Anais ... American Society of Agricultural Engineers; 1996. p. 294-8.

35. Danesi, EDG, Rangel-Yagui, CO, Sato S, Carvalho, JCM. Growth and content of *Spirulina platensis* biomass chlorophyll cultivated at different values of light intensity and temperature using different nitrogen sources. *Braz j microbiol.* [periódico na internet]. 2011 Mar [acesso em 14 mar. 2014]; 42(1).[aproximadamente 13 p]. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822011000100046&lng=en
36. Andrade MR, Costa JAV. Cultivo da microalga *Spirulina platensis* em fontes alternativas de nutrientes. *Ciênc agrotec.* [periódico na Internet]. 2008 Out [acesso em 5 mar. 2011]; 32(5): [aproximadamente 6 p.]. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/lil-497005>
37. Kornfeld ME, Zanetti MA, Duarte MT, Lacaz-Ruiz R. Utilização de efluente da indústria cítrica (água amarela) na produção de *Spirulina platensis*. In: Lacaz-Ruiz R. *Espirulina estudos e trabalhos*. São Paulo: Roca; 2003. p.107-18.
38. Oliveira, MS, Carvalho, LF, Costa, JAV. Cultivo de *Spirulina platensis paracas* em Diferentes Concentrações de Fósforo e Nitrogênio. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, [periódico na Internet] 2012 [acesso em 13 mar.2014] 4(2). [aproximadamente 1 p]. Disponível em: <http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/1081>
39. Folegatti MIS, Lacaz-Ruiz R. Avaliação da produção de biomassa de *Spirulina platensis* em meio de cultura de Paoletti e em meio de Lacaz-Ruiz (eucaliptus spp.). In: Lacaz-Ruiz R. *Espirulina estudos e trabalhos*. São Paulo: Roca; 2003. p.150-61.
40. Volkman H, Imianovsky U, Oliveira JLB, Sant'Anna ES. Cultivo de *Arthrospira (Spirulina) platensis* em rejeito de dessalinizador e meio sintético salinizado: teor de proteínas e aminoácidos. *Braz j microbiol.* [periódico na Internet]. 2008 Mar [acesso em 20 fev. 2011]; 39(1):[aproximadamente 3 p.]. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822008000100022&lng=en
41. Reichert, CC, Reinehr, CO, Costa, JAV. Semicontinuous cultivation of the cyanobacterium *Spirulina platensis* in a closed photobioreactor. *Braz j chem eng.* [periódico da internet] 2006, [acesso em 27 mar. 2011]; 12(1):[aproximadamente 6 p]. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-66322006000100003&lng=en&nrm=iso