



EFEITO QUALITATIVO DE LUMINOSIDADE NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PROTEÍNAS NA MICROALGA *SCENEDESMUS ACUMINATUS* (LAGERHEIM) CHODAT, 1902

QUALITATIVE EFFECT OF LUMINOSITY ON GROWTH AND PROTEIN PRODUCTION IN THE MICROALGA *SCENEDESMUS ACUMINATUS* (LAGERHEIM) CHODAT, 1902

SINGRIDI GOMES DA SILVA PONTES¹, DANILO CAMARGO SANTOS²

¹²Centro Universitário Salesiano - UniSales.

¹*mellodysindy@gmail.com²danylux@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido em:

Aprovado em:

Disponibilizado em:

PALAVRAS-CHAVE:

Scenedesmus acuminatus; LED; Cultivo Microalga; Proteína.

KEYWORDS:

Scenedesmus acuminatus; LED; Microalgal cultivation, Protein.

*Autor Correspondente: Autor, B. J. P. E.

RESUMO

As microalgas têm se tornado cada vez mais atrativas na produção de produtos de interesse comercial, como no caso de proteínas para a suplementação humana. A qualidade luminosa, pode ser um diferencial na obtenção de cultivos otimizados e produção de biomoléculas. Em virtude disso, o presente estudo teve por objetivo avaliar a influência do comprimento de onda de lâmpadas de LED, no crescimento e produção de proteínas totais solúveis em *Scenedesmus acuminatus* e sua produção de

proteínas. A espécie *S. acuminatus* foi cultivada em ambiente controlado, exposta a luminosidade branca, adotada como controle, e a dois tratamentos, um com luz azul e um com luz vermelha. O experimento teve duração de trinta e um dias, sendo coletado alíquotas de 3ml, a cada três dias, para confecção da curva de crescimento dos tratamentos e controle. A análise de proteínas totais solúveis foi realizada ao final do experimento. O resultado demonstrou que *S. acuminatus* apresentou melhor resposta de crescimento sob efeito da luz vermelha, diferenciando-se do tratamento com luz azul e do controle. A produção de proteínas foi maior em cultivo sob luz vermelha, com diferença significativa em relação ao controle (luz branca). A iluminação azul foi a que menos favoreceu o crescimento da espécie, no entanto, a produção de proteínas nesse tratamento foi intermediária, não havendo diferença significativa deste com o controle e com o tratamento de LED vermelho. Em conclusão, o crescimento e produção proteica de *S. acuminatus* pode ser favorecida em cultivo controlado sob iluminação de LED vermelha, a fim de se obter proteínas para a suplementação alimentar.

ABSTRACT



Microalgae have become increasingly attractive in the production of products of commercial interest, as in the case of proteins for human supplementation. The light quality can be a differential in obtaining optimized cultures and production of biomolecules. In view of this, the present study aimed to evaluate the influence of the wavelength of LED lamps, on the growth and production of total soluble proteins in *Scenedesmus acuminatus*. The species *S. acuminatus* was cultivated in a controlled environment, exposed to white light, adopted as a control, and to two treatments, one with blue light and one with red light. The experiment lasted thirty-one days, and aliquots of 3ml were collected every three days to prepare the growth curve for the treatments and control. Total soluble protein analysis was performed at the end of the experiment. The result showed that *S. acuminatus*

showed better growth response under the effect of red light, differing from the treatment with blue light and the control. Protein production was higher under red light, with a significant difference from the control (white light). The blue light was the one that least favored the growth of the species, however, the protein production in this treatment was intermediate, with no significant difference of this with the control and the red LED treatment. In conclusion, the growth and protein production of *S. acuminatus* can be favored in controlled cultivation under red LED lighting in order to obtain proteins for food supplementation.

1. INTRODUÇÃO

As microalgas são organismos que têm se tornado cada vez mais atrativos para o setor de alimentos, mediante sua eficiente capacidade fotossintetizante, com adequada adaptação às variadas condições dos corpos d'água e clima. Em meios de cultivos otimizados, alcançam uma rápida taxa de crescimento, ocupando pouco espaço em culturas com meio líquido. Esses micro-organismos ainda contribuem para a diminuição do gás carbônico na atmosfera e proporcionam um aumento na produção e liberação de oxigênio, tão essencial para a manutenção da vida terrestre (Ohse et al., 2009).

O cultivo de microalgas em escala comercial visa o grande potencial que esses micro-organismos possuem de produzirem substâncias de interesse, como os pigmentos (astaxantina e β -caroteno), ácidos graxos (como o ômega 3), carboidratos, proteínas, vitaminas, dentre outros compostos benéficos para a saúde humana. No entanto, mesmo que a variedade de espécies de microalgas disponíveis na natureza seja alta, apenas algumas delas têm sido utilizadas atualmente para fins alimentícios (Kent, Welladsen, Mangott, & Li, 2015). Dentre as espécies mais utilizadas na nutrição humana estão a alga verde *Chlorella vulgaris* e a cianobactéria *Arthrospira platensis*, sendo comercializados na forma de pó, comprimido ou cápsula (Molino et al., 2018).

As aplicações de compostos de microalgas, principalmente no setor alimentício, buscam trazer melhorias na qualidade de vida, fornecendo substâncias importantes à saúde humana, dada a busca por alimentos mais saudáveis, econômicos e sustentáveis. A fim de se moderar o consumo de proteína animal e de substituir compostos sintéticos por compostos naturais (Molino et al., 2018).



No entanto, a produção de biomassa algal ainda possui desafios para se tornar economicamente viável e trazer mais vantagens para movimentar o comércio alimentício, como por exemplo, selecionar linhagens com melhor potencial nutritivo, aumentar a produtividade dessas microalgas e otimizar os meios de cultivos para produção de proteínas de boa qualidade dentro dos padrões de biodisponibilidade e digestibilidade (Dineshbabu, Goswami, Kumar, Sinha, & Das, 2019; Amorim, Soares, Coimbra, & Leite, 2020).

Neste contexto, a grande maioria das pesquisas em escala laboratorial visam avaliar o crescimento celular e a síntese de determinadas moléculas de forma a aumentar sua produção, uma vez que a composição bioquímica das microalgas pode variar até mesmo entre linhagens diferentes da mesma espécie, e/ou condições e constituições do meio de cultivo no qual está inserida (Mingotti, 2019; Amorim, Soares, Coimbra, & Leite, 2020). A luminosidade é um fator fundamental para a manutenção da microalga alvo, uma vez que a intensidade e qualidade luminosa afetam significativamente o crescimento celular e a síntese de determinados biocompostos (Cantú, 2016).

Assim os parâmetros como intensidade, fotoperíodo e qualidade da luz, são estudados a fim de se otimizar a produção de produtos biotecnológicos. Destes parâmetros, a qualidade de luz fornecida por lâmpadas de LED se mostra promissora, dado sua alta durabilidade, custo acessível e boa eficiência em estimular a produção de biomoléculas (Ramanna, Rawat, & Bux, 2017). Os comprimentos de onda das cores azuis e vermelhas tem maior empregabilidade em estudos com cultivo de microalgas, por estarem dentro da faixa ótima que favorece a fotossíntese: a luz vermelha é apontada como sendo melhor na produção de biomassa, enquanto que a luz azul aumenta o tamanho celular (Koc, Anderson, & Kommareddy, 2012).

As microalgas *Scenedesmus* spp., da Classe Chlorophyceae, apresentam potencial na produção de biomassa com teor de proteínas variando entre 50-56% em cultivos de larga escala, sendo mais visadas para alimentação na piscicultura (Simões, Santos, Dantas, & Gálvez, 2016). Algumas espécies de *Scenedesmus* são apontadas em estudos como fontes protéicas para seres humanos. como no estudo de Zapata et al (2020), que aponta o potencial de *Scenedesmus obliquus* na produção de uma biomassa rica em moléculas bioativas (carotenóides totais, fenóis totais e proteínas totais) para usos como o de aditivos naturais em alimentos. A microalga *Scenedesmus acuminatus*, tem grande potencial protéico, embora seja mais visada em estudos relacionados à produção de biodiesel, por conta do seu teor lipídico (Brito et al., 2020; Cunha, 2014.; Militão, 2013).

Amorim, Soares, Coimbra, e Leite (2020) apontam para a necessidade de estudar espécies de microalgas que agreguem conhecimentos na síntese de proteínas com potencial para sua aplicação em produtos biotecnológicos no setor alimentício como na produção de suplementos alimentares. Por isto, a *S. acuminatus* foi escolhida para este estudo focado na qualidade luminosa, almejando a sua produção de proteínas.



Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2021). Título. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 7(3), 1-2.

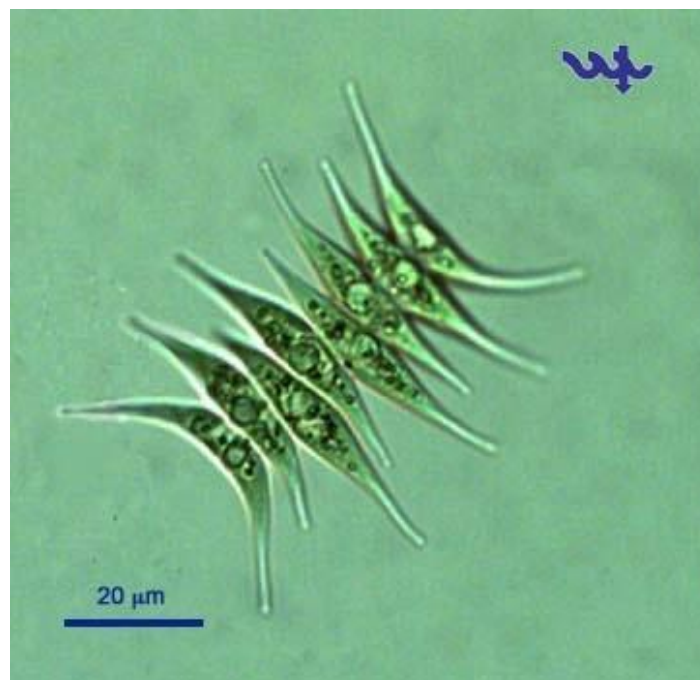
Assim sendo, este estudo avaliou a influência dos comprimentos de onda de luz LED branca e a luz LED azul e vermelha sobre o crescimento de *Scenedesmus acuminatus* e sua produção de proteínas em ambiente controlado.

2. METODOLOGIA DA PESQUISA

2.1 LINHAGEM DE MICROALGA E MEIO DE CULTIVO

Foi utilizada a linhagem de microalga isolada *Scenedesmus acuminatus* L027A (Figura 1), cedida pelo LATEAC. Todo o seu cultivo foi realizado em meio líquido ASM-1 (Gorham, McLachlan, & Hammer, 1964), mas indicado para cultivo de cianobactérias, no entanto, estudos prévios no laboratório demonstraram o crescimento satisfatório da linhagem *S. acuminatus* em meio ASM-1.

Figura 1. Imagem microscópica de *S. acuminatus* com oito cenóbios. Fonte: A Alster & T Zohary, Kinneret Limnological Laboratory, IOLR, 2007.



2.2 PREPARAÇÃO DO INÓCULO



Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2021). Título. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 7(3), 1-2.

Antes de iniciar o experimento foi necessário aumentar a população do isolado de *S. acuminatus* através do procedimento de repique, realizado em média por 7 dias (Andrade, 2014). Inicialmente, todos os materiais e vidrarias empregadas para o meio de cultivo foram devidamente esterilizados a 121° C por 30 minutos em autoclave e a manipulação desses materiais e vidrarias ocorreram em câmara de fluxo laminar, foram produzidos 2 L de inóculo em Erlenmeyer de 3 L de capacidade, sob iluminação de luz LED branca com fotoperíodo 12:12 h luz/escuridão e temperatura de $\pm 25^{\circ}$ C. A Figura 2, mostra o inóculo no dia da montagem do experimento.

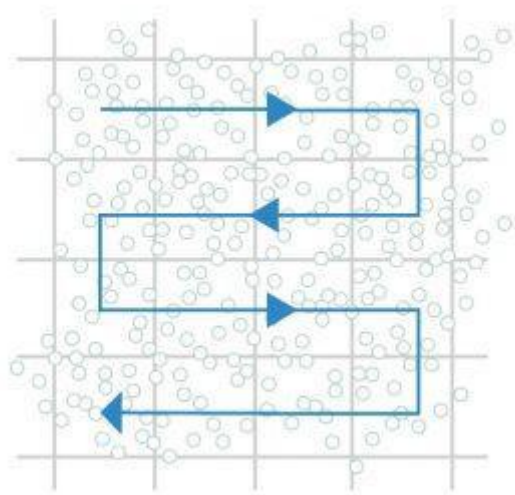
Figura 2. Cultivo para aumento da densidade celular da *S. acuminatus* em Erlenmeyer de 250ml com 100 ml de meio ASM1 e Erlenmeyer 3 L com 2 L de meio ASM1. Fonte: Arquivo próprio, 2021.



Assim que o inóculo no cultivo em Erlenmeyer de 3L adquiriu uma coloração mais verde, foi coletado 1 ml desse inóculo e fixado com uma gota de lugol acético 5%, diluído em 9ml de água destilada para estimativa da densidade celular por meio de contagem direta em câmara de Fuchs-Rosenthal com microscópio óptico comum. O método de zigue-zague (Figura 3) foi adotado como parâmetro de contagem dos dezesseis quadrantes de cada malha, quantificando todos os indivíduos encontrados dentro de cada quadrante (Cunha, 2014; Militão, 2013). A densidade celular do inóculo em erlenmeyer de 3L foi de 1.930.800 cel/ml .

Figura 3. Exemplo de contagem por meio de zigue-zague na câmara de Fuchs-Rosenthal. Fonte: Kasvi, 2017.





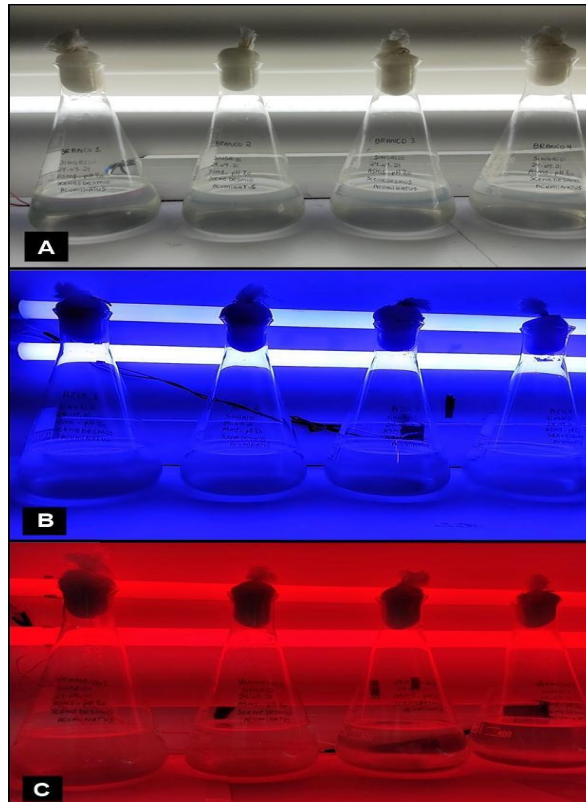
2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para determinar a influência qualitativa da luz no crescimento e na produção de proteínas em *Scenedesmus acuminatus* L027A, foi montado um experimento com dois tratamentos e um controle: luz azul (duas lâmpadas 18W de LEDs azuis, 74 lux); luz vermelha (duas lâmpadas 18W de LEDs vermelhas, 374 lux) e luz branca (uma lâmpada 18W de LED branca, 240 lux) se caracterizando como controle. A intensidade luminosa foi medida por meio de um luxímetro digital para LED de marca Highmed. Para cada tratamento foram realizadas quatro réplicas de cultivo, em Erlenmeyers de 1000 ml de capacidade contendo 600 ml de cultivo com concentração celular inicial de 193.080 cél/ml.

A pesquisa teve duração de 31 dias. Os frascos com os cultivos foram posicionados sobre prateleiras com suas respectivas iluminações (Figura 4) e cobertos com papel laminado, de forma a se evitar interferência de luzes externas. O fotoperíodo foi mantido em 12:12h variação entre claro/escuro realizado por temporizador digital e a temperatura mantida $\pm 25^{\circ}$ C, com pH inicial de 7,0.



Figura 4. Tratamentos experimentais de *S. acuminatus* em cultivos com lâmpadas de LEDs. (A) em luz branca, (B) luz LED azul e (C) luz LED vermelha. Fonte: Arquivo próprio, 2021



As amostras de cada tratamento foram coletadas a cada três dias em câmara de fluxo laminar até o fim do experimento para acompanhamento do crescimento celular. Foram retirados 3 ml de cada amostra por coleta, com posterior leitura em espectrofotômetro de marca AquaMate Plus UV-Vis (ver no tópico “medidas de crescimento”) e depois fixadas em lugol e armazenadas. Cada cultivo, teve seu posicionamento alternados ao longo do experimento a fim de se evitar excesso de luminosidade. Ao término do experimento, todos os cultivos foram centrifugados e sua biomassa congelada para posterior liofilização e determinação das proteínas.

2.4 MEDIDAS DE CRESCIMENTO

A densidade celular de cada amostra foi estimada utilizando espectrofotômetro, sempre com absorbância de 570 nm, dentro da faixa de luz que não é totalmente absorvida pelas clorofilas e carotenóides (Cunha, 2014.; Lourenço, 2006). Para gerar a curva padrão, foi feita a contagem celular do inóculo em microscópio óptico comum com auxílio da câmara de contagem Fuchs-Rosenthal, obtendo conhecimento da concentração celular em uma alíquota de 3 ml de cultivo, do qual foram feitas diluições e lidas em espectrofotômetro com 570 nm



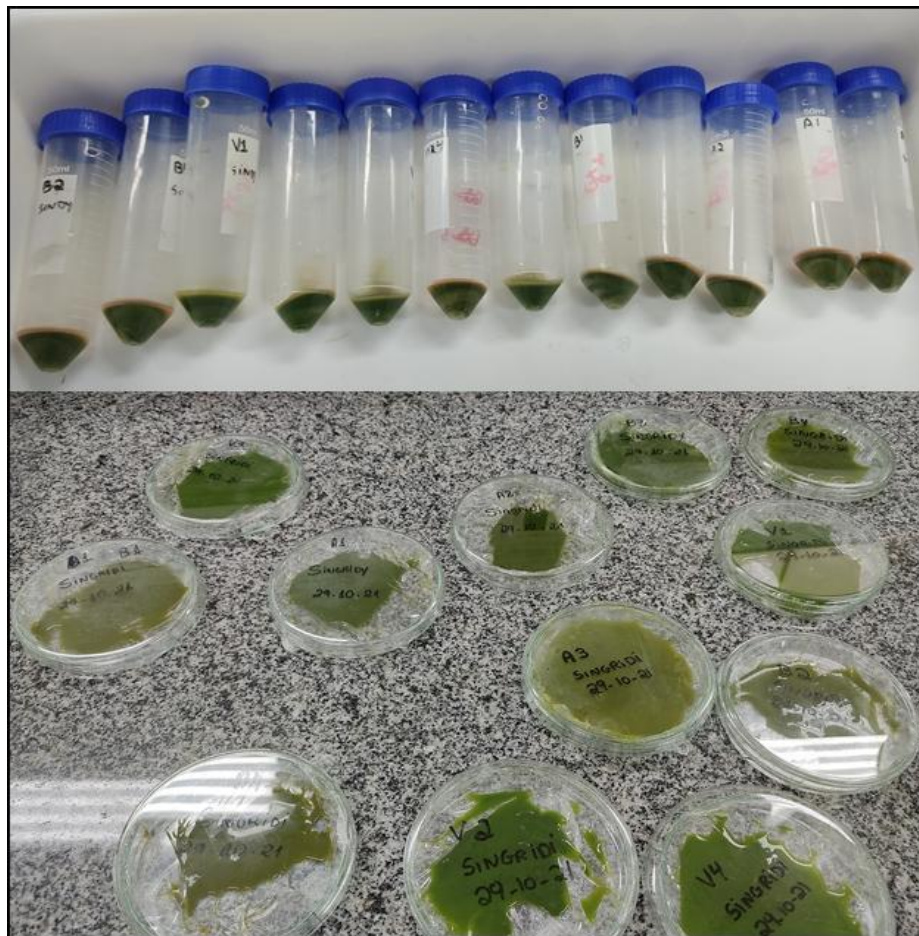
Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2021). Título. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 7(3), 1-2.

de absorbância. Os valores obtidos foram usados para construir uma curva padrão, associando os valores de densidade celular com os dados de absorbância.

2.5 DETERMINAÇÃO DAS PROTEÍNAS HIDROSSOLÚVEIS

Ao final do experimento, todo o volume restante de cada cultivo foi centrifugado, separadamente, a 3000 rpm durante 10 min, havendo o descarte do sobrenadante. O conteúdo dos pellets foram colocados em placas de petri (Figura 5) e levados ao ultra-freezer. Após o congelamento total, as amostras foram levadas ao liofilizador de marca SOLAB, modelo SL-404, a -45°C de temperatura, até que toda a água contida na biomassa fosse retirada. A biomassa liofilizada foi armazenada em refrigerador para posterior análise de proteínas totais solúveis (Cunha, 2014)

Figura 5. Cultivos centrifugados e prontos para serem congelados. Fonte: Arquivo próprio, 2021.



Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2021). Título. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 7(3), 1-2.

Para a determinação das proteínas hidrossolúveis em cada amostra, foi seguido a metodologia de Derner (2006) adaptada de Lowry, Rosebrough, Farr, & Randall, (1978) empregando o uso de albumina bovina de $0,4 \text{ g.L}^{-1}$ como padrão e leitura em espectrofotômetro de 750 nm de absorbância.

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

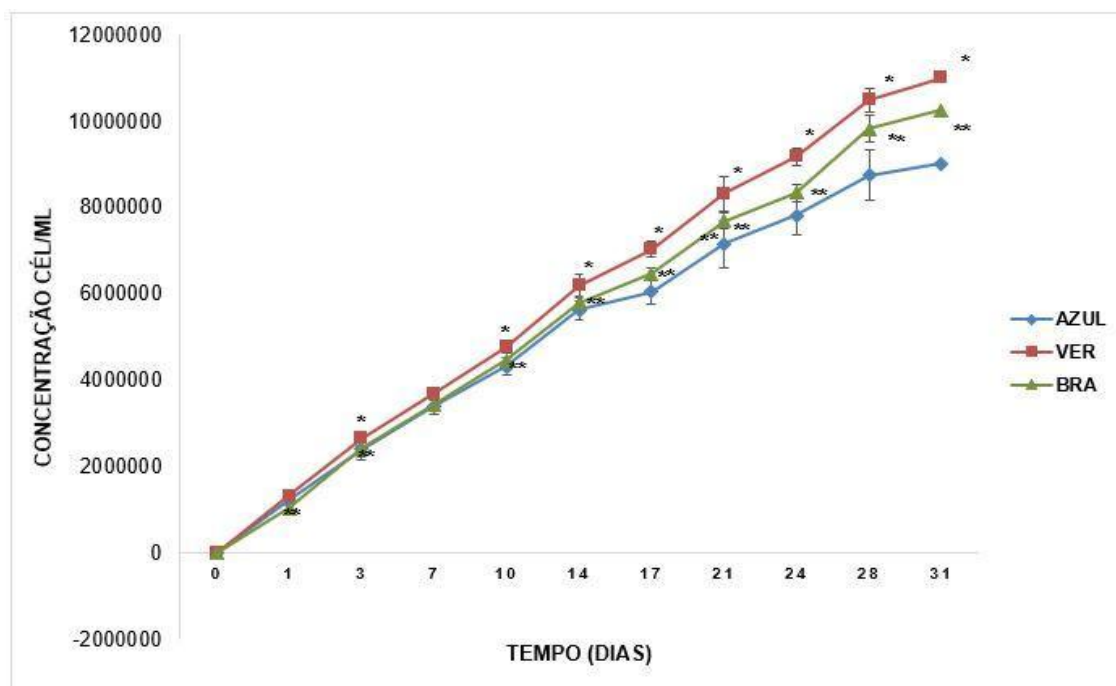
Para determinar se houve diferenças significativas entre os valores de densidade celular de cada tratamento e do controle a cada dia, e também entre os valores de proteínas totais entre os tratamentos, foi realizado o teste de análise de variância (ANOVA) (Montgomery, 1991) e subsequente teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os testes foram feitos por meio do programa InfoStat (versão 2014) (Balzarini *et al.*, 2008).

3. RESULTADOS

A curva de crescimento da microalga *S. acuminatus* L027A, sob a influência das diferentes qualidades de luz, estão ilustradas na Figura 6. Todos os tratamentos (luz azul e vermelha) e o controle (luz branca) se encontraram em fase exponencial de crescimento durante todo o experimento. Não foram observadas as demais fases de crescimento.

Figura 6. Curva de crescimento de *S. acuminatus* em cada tratamento. Diferença significativa de densidade celular entre o tratamento vermelho e azul (*), e diferença dos tratamentos em relação ao controle luz branca (**). VER: Vermelho. BRA: Branco. Barras de erro indicam desvio padrão (n=4). Fonte: Elaboração própria, 2021.



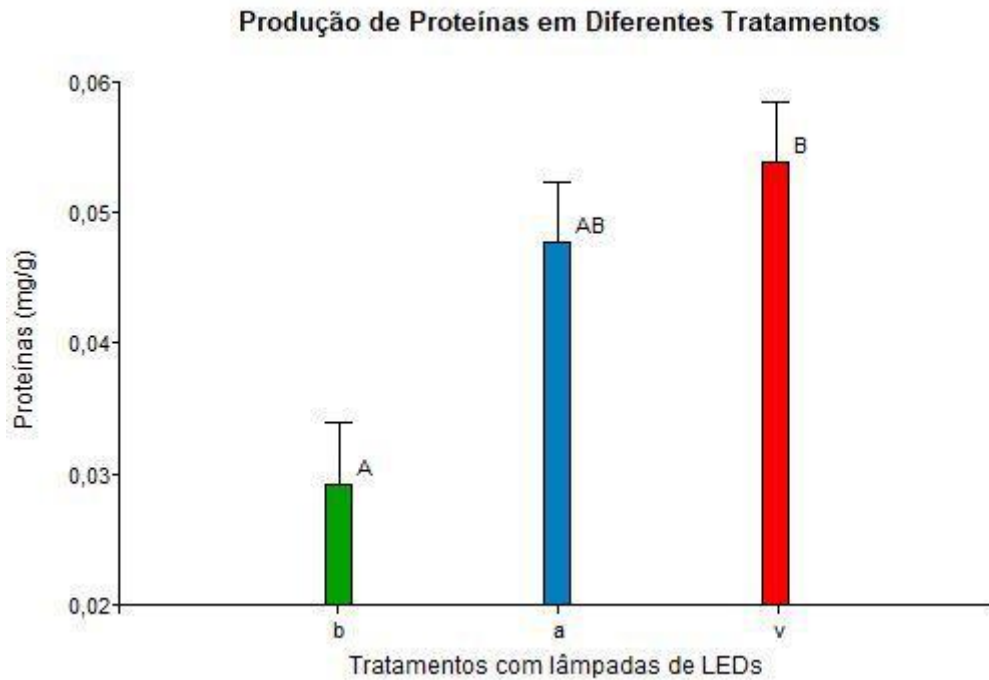


A microalga *S. acuminatus* L027A apresentou melhor resposta de crescimento sob influência da luz LED vermelha, seguida pela luz branca (controle) e por fim pela luz azul. Na primeira coleta (dia 1) foi possível observar diferença significativa do controle para com a luz vermelha, que se seguiu durante todo o experimento. Na segunda coleta (dia 3), o tratamento de luz vermelha diferiu do tratamento com a luz azul que se manteve até o final do experimento, com exceção para a terceira coleta (dia 7), no qual não houve diferença significativa entre os tratamentos. Ao final do experimento a densidade celular de *S. acuminatus* L027A em luz vermelha foi de 110 milhões cél/mL, sob a luz branca (controle) foi de 102 milhões cél/mL, enquanto que na luz azul a densidade celular foi de 90 milhões cél/mL. Os cultivos expostos à luz vermelha apresentaram um aspecto de coloração esverdeada, enquanto que na luz azul foi observada uma coloração mais amarelada. Já em relação ao controle, a coloração do cultivo foi gradualmente passando de esverdeado a amarelado ao longo do experimento.

Na Figura 7, está contemplado o resultado da determinação das proteínas (mg/g) nos diferentes tratamentos (azul, vermelho) e o controle (branco).

Figura 7. Efeitos dos diferentes LEDs azul (a), vermelha (v) e branca (b), na produção de proteínas em *S. acuminatus*. Tratamentos com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Barras de erro indicam desvio padrão ($n=4$). Fonte: Elaboração própria, 2021.





Acerca das proteínas, a luz LED vermelha mostrou-se como o melhor tratamento ao estimular maiores quantidades de proteínas na espécie *S. acuminatus* L027A, diferindo significativamente do controle. Já em comparação com a produção de proteínas em tratamento com luz azul, não houve diferença significativa.

4. DISCUSSÃO

Não foram encontrados relatos na literatura sobre a utilização de LEDs monocromáticas em cultivos de *S. acuminatus* L027A. Porém, uma comparação dos resultados obtidos neste estudo pode ser feita com base em uma pesquisa que utilizou a mesma espécie sob luminosidade fluorescente vermelha demonstrando um menor crescimento da espécie (Cunha, 2014), enquanto que a LED vermelha empregada neste estudo otimizou o crescimento, mostrando que *S. acuminatus* L027A respondeu melhor ao comprimento de onda expresso pela luz LED vermelha. As luzes de LED tem a vantagem de produzir menos calor em comparação com luzes como a fluorescente, dessa forma, o cultivo não fica superaquecido e não prejudica o desenvolvimento da microalga, outra vantagem da LED é que ela reduz o estresse por iluminação excessiva e melhora a eficiência energética, ao fornecer a luminosidade ideal para o cultivo (Koc, Anderson & Kommareddy, 2012).

Estudos realizados com outras espécies de algas verdes também corroboram com o resultado deste trabalho em relação ao crescimento, como o que foi efetuado por Koc, Anderson e Kommareddy, (2012) cultivando *Chlorella kessleri* sob efeito das luzes de LED azul,



vermelha e fluorescente branca. Esses pesquisadores mostraram que a luz vermelha foi melhor absorvida pelos pigmentos verdes presentes nas clorofila **a** e **b** e, consequentemente, possibilitou um aumento na concentração celular, embora as células tenham apresentado tamanho reduzido. Os pesquisadores chegaram à conclusão de que a luz LED vermelha foi mais eficaz no crescimento e na formação de biomassa da *Chlorella* enquanto que a luz azul foi melhor em termos de tamanho da célula. No tratamento com LED vermelha, o cultivo de *S. acuminatus* L027A foi o de coloração mais verde, que é refletida quando há maior captação de luz de espectro vermelho por parte das clorofilas. Dessa forma, a faixa de luz vermelha sob a intensidade luminosa de 374 lux utilizada nesse experimento, foi bem absorvida pelas clorofilas, proporcionando um maior crescimento do cultivo em comparação com a luz branca e azul.

Um outro trabalho com LEDs (azul e vermelha) realizado com *Chlorella vulgaris* por Kim, Lee, Park e Choi, (2014) apontou em suas conclusões a eficácia da luz vermelha na divisão celular e reforçaram a associação da luz azul com o tamanho das células. Os autores também destacaram a importância de genes ligados ao processo de fotossíntese (PS II) que foram expressos em maior quantidade quando o cultivo de *C. vulgaris* estava sobre efeito da luz azul, uma vez que a luz azul de onda curta é mais energética que a luz vermelha e acabou por levar a alga ao estresse por fotoinibição, enquanto que a luz vermelha que é menos energética, a fotoinibição acaba por não ocorrer. Assim como a *C. vulgaris* mostrou estresse mediante a luz azul, pode ter ocorrido o mesmo com a *S. acuminatus* L027A que apresentou crescimento reduzido em luz azul e exibiu coloração amarelada, são reações que podem estar associadas aos mecanismos de fotoproteção em resposta a luz azul, favorecendo a síntese de pigmentos acessórios como os carotenóides (Montanhim, 2018).

A luz vermelha também se mostrou eficiente no crescimento de *Heterochlorella luteoviridis*, outra alga verde, em comparação com a luz azul num estudo realizado por Menegol (2018). Neste mesmo estudo também foi relatado uma maior produção de carotenóides sob influência da luz azul do que em luz vermelha. Já a luz branca também é apontada, pelo mesmo autor, como a mais vantajosa na produção de carotenóides e geração de biomassa em *H. luteoviridis*. Em *S. acuminatus* L027A a luz de LED branca (controle) foi a segunda melhor em crescimento do cultivo, diferindo dos demais tratamentos. A luz branca fornece comprimentos de onda variados, no entanto, nem todos os espectros de luz são bem assimilados na fotossíntese, variando de espécie para espécie, estimulando ou não a síntese de determinados compostos.

No estudo de Zhong, Jin e Cheng (2018) utilizando LEDs monocromáticas em quatro espécies de microalgas, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Scenedesmus quadricauda* e *Scenedesmus obliquus*, os autores observaram que a luz azul promoveu a melhor resposta de crescimento nessas espécies, eles também relataram um aumento na clorofila, luteína e ácidos graxos sob influência da luz azul, chegando a conclusão de que a luz LED azul foi a melhor na produção de biomassa e composição lipídica com potencial para a suplementação humana e biocombustíveis. Diante disto, a luz azul empregada na *S. acuminatus* L027A promoveu



Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2021). Título. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 7(3), 1-2.

uma resposta diferente das observadas no estudo de Zhong, Jin e Cheng (2018), já que a luz proveniente da led azul não foi vantajosa para o crescimento da espécie, mostrando que de fato, a luz azul pode ou não favorecer determinadas espécies mesmo sendo do mesmo gênero.

Com relação a síntese de proteínas sob a luz monocromática vermelha, resultado parecido foi encontrado por Montanhim (2018) num estudo com *Chlorella sorokiniana* que teve como tratamentos a luz LED vermelha, azul e branca como controle, além de uma combinação de azul e vermelho. Destes tratamentos, a luz LED vermelha se mostrou mais efetiva na produção de proteínas totais (concentração de 67,95% pg cél⁻¹), seguida pela combinação de azul e vermelho (54,28 pg cél⁻¹), pela luz azul (50,82 pg cél⁻¹) e por último o controle luz branca (40,75 % pg cél⁻¹). Assim como o constatado em *S. acuminatus* L027A, em que houve maior expressão proteica em luz vermelha e a menor em luz branca. As proteínas são produtos gerados principalmente quando a microalga não se encontra em ambiente de estresse, podendo investir energia nesses compostos e também em seu crescimento (Amorim, Soares, Coimbra, & Leite, 2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, o experimento com lâmpadas de LED visando o crescimento e a produção de proteínas em *Scenedesmus acuminatus* L027A contribuiu para o conhecimento bioquímico da espécie, mostrando que a melhor qualidade de luz para a síntese de proteínas e crescimento da espécie foi fornecida pela luz de LED vermelha, uma vez que a luz vermelha foi melhor absorvida pelas clorofilas e não provocou estresse na microalga.

Estudos com *S. acuminatus* referente a qualidade de luz visando a produção de proteínas são escassos, portanto, sugere-se que novos trabalhos sejam feitos com o emprego combinado de LED vermelha e azul, uma vez que a junção das luminosidades pode ser benéfica para se otimizar o cultivo e obter produtos de interesse, principalmente com relação a proteínas. Outra sugestão, é o estudo de *S. acuminatus* alterando o fotoperíodo e a intensidade das LEDs, que também pode colaborar para a compreensão e síntese de proteínas.

REFERÊNCIAS

Andrade, L. M. de. (2014). *Produção de microalgas e caracterização de sua composição proteica e lipídica via espectrometria de massas*. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Recuperado de: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-11082015-152508/publico/Tese_Lidian eMariadeAndrade.pdf



Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2021). Título. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 7(3), 1-2.

Amorim, M. L., Soares, J., Coimbra, J. S. dos R., & Leite, M. de O. (2020) Microalgae proteins: production, separation, isolation, quantification, and application in food and feed. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1-28. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1768046>

Balzarini, M., Gonzalez, L. A., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., & Robledo, C. W. (2008). Infostat: manual del usuario. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/283491340> Infostat manual del usuario

Brito, Y. J. V. de, Lopes, T. S. de A., Santos, W. B. dos, Torquato, A. L., Lima, V. L. A. de, & Ferreira, W. B. (2020). The *Scenedesmus acuminatus* microalgae in culture media aiming at the production of biodiesel. *Revista Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável*, 15(2), 202 - 207. <https://doi.org/10.18378/rvads.v15i2.6484>

Cantú, L. C. (2016). *Desenvolvimento de um complemento para ração animal a partir da biomassa de microalgas*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. Recuperado de: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9132>.

Cunha, G. L. (2014). *Efeitos do estresse nutricional e qualitativo de luz em duas microalgas verdes com ênfase na produção de biodiesel*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Faculdade Católica Salesiana do Espírito Santo, Vitória, ES. Recuperado de: https://www.ucv.edu.br/fotos/files/TCC-2014_2-Gislaine.pdf

Derner, R. B., Ohse, S., Villela, M., Carvalho, S. M. de., & Fett, R. (2006). Microalgas, produtos e aplicações. *Cienc. Rural*, Santa Maria, 36(6), 1959-1967. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000600050>

Dineshbabu, G., Goswami, G., Kumar, R., Sinha, A., & Das, D. (2019). Microalgae–nutritious, sustainable aqua- and animal feed source. *Journal of Functional Foods*, 62, 103545. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103545>

Guillard, R. R. L. (1973). Division rates. In: Stein. J. (ED). *Handbook of Phycological Methods: Culture methods and growth measurements*, 289-311. Cambridge University Press, Cambridge.

Gorham, P. R., McLachlan, R. W., Hammer, U. T., & Kim, W. K. (1964). Isolation and culture of toxic strains of *Anabaena flos-aquae* (Lyngby.) de Breb. *Verh. Internat. Verein. Limnol*, 15(2), 796-804. <https://doi.org/10.1080/03680770.1962.11895606>



Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2021). Título. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 7(3), 1-2.

Hasan, M. M., Bashir, T., Ghosh, R., Lee, S. K., & Bae, H. (2017). An overview of LEDs' effects on the production of bioactive compounds and crop quality. *Moléculas*, 22(9), 1420. <https://doi.org/10.3390/molecules22091420>

Kent, M., Welladsen, H. M., Mangott, A., & Li, Y. (2015). Nutritional Evaluation of Australian Microalgae as Potential Human Health Supplements. *PLOS ONE*, 10(2), e0118985. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118985>

Kim, D. G., Lee, C., Park, S. M., & Choi, Y-E. (2014). Manipulation of light wavelength at appropriate growth stage to enhance biomass productivity and fatty acid methyl ester yield using *Chlorella vulgaris*. *Bioresource technology*, 159, 240–248. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.02.078>

Koc, C., Anderson, G. A., & Kommareddy, A. (2012). Use of red and blue light-emitting diodes (LED) and fluorescent lamps to grow microalgae in a photobioreactor. *The Israeli Journal of Aquaculture*, 65(1), 1–8. <https://doi.org/10.46989/001c.20661>

Lowry, O.H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265–75. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14907713/>

Lourenço, S. de O. (2006). *Cultivo de microalgas marinhas: Princípios e aplicações*. São Carlos: Rima.

Menegol, T. (2018). *Engenharia de biorreatores para maximização da produção de biomassa e biocompostos pela microalga Heterochlorella luteoviridis*. Tese (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10183/185812>

Militão, F. P. (2013). *Efeito de diferentes intensidades luminosas no crescimento em biomassa de Tetrastrum heteracanthum (Nordstedt) Chodat como subsídio para a produção de biodiesel*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Faculdade Católica Salesiana do Espírito Santo, Vitória, ES, Recuperado de: <https://www.ucv.edu.br/fotos/files/EFEITO%20DE%20DIFERENTES%20INTENSIDADES%20LUMINOSAS.pdf>

Mingotti, R. (2019). *Aumento do teor protéico da biomassa seca da cianobactéria Spirulina platensis por extração de carboidratos utilizando solvente*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Recuperado de: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12202>



Montgomery, D. C. (1991). *Diseño y análisis de experimentos*. Traduzido por Jaime Delgado Saldivar. México, Iberoamérica.

Molino, A., Lovine, A., Casella, P., Mehariya S., Chianese, S., Cerbone, A., Rimauro, J., & Musmarra, D. (2018). Microalgae Characterization for Consolidated and New Application in Human Food, Animal Feed and Nutraceuticals. *International journal of environmental research and public health*, 15(11), 2436. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112436>

Montanhim, G. C. (2018). *Respostas Fisiológicas de Chlorella sorokiniana sob diferentes condições de cultivo e aplicação de sua biomassa*. Tese (Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Recuperado de: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/10411?show=full>

Ohse, S., Derner, R. B., Ozório, R. A., Braga, M. V. da C., Cunha, P., Lamarca, C. P., & Santos, M. E. dos (2009). Produção de biomassa e teores de carbono, hidrogênio, nitrogênio e proteína em microalgas. *Cienc. Rural*, 39(6), 1760-1767. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000600019>

Ramanna, L., Rawat, I., & Bux, F. (2017). Light enhancement strategies improve microalgal biomass productivity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 765–773. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.202>

Simões, M. A., Santos, S. D., Dantas, D. M. de M., & Gálvez, A. O. (Ed.). (2016). *Algas Cultiváveis e sua Aplicação Biotecnológica*. Editora IFS. Aracaju. Recuperado de: http://www.ifs.edu.br/images/EDIFS/ebooks/2017/E-book_Algas_cultivaveis.pdf

Zapata, L., Jiménez-Veuthey, M., Vezzosi-Zoto, G., Sacks, N., Flores, A., Zampedri, P., & Zampedri, C. (2020). Optimización de condiciones de cultivo de *Scenedesmus obliquus* para maximizar la producción de componentes bioactivos de interés industrial. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, Concordia-Argentina, 11(1), 15-33. Recuperado de: <http://www.solabiaa.org/ojs3/index.php/RELBAA/article/view/88>

Zhong, Y., Jin P., & Cheng, J.J. (2018). A comprehensive comparable study of the physiological properties of four microalgal species under different light wavelength conditions. *Planta*, 248, 489–498. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-2899-5>

