SAÚDE E AMBIENTE
V.10 • N.2 • 2026 - Fluxo Contínuo

ISSN Digital: 2316-3798
ISSN Impresso: 2316-3313
DOI: 10.17564/2316-3798.2026v10n2p437-449

INTERFACES CIENTÍFICAS

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA CINÉTICA DE CRESCIMENTO E DA PRODUTIVIDADE DE *CHLORELLA VULGARIS* E *SCENEDESMUS ACUMINATUS* EM MEIO INORGÂNICO

COMPARATIVE EVALUATION OF GROWTH KINETICS AND PRODUCTIVITY OF *CHLORELLA VULGARIS* AND *SCENEDESMUS ACUMINATUS* IN INORGANIC MEDIUM

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA CINÉTICA DE CRECIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD DE *CHLORELLA VULGARIS* Y *SCENEDESMUS ACUMINATUS* EN MEDIO INORGÁNICO

Hanna Gabriele Bezerra de Souza[1]
Sílvia Maria Mathes Faustino[2]
Arialdo Martins da Silveira Júnior[3]

RESUMO

A diversidade de microalgas amazônicas, aliada à escassez de informações sobre suas cinéticas de crescimento, produção de biomassa e propriedades bioquímicas e metabólicas, representa simultaneamente uma oportunidade e um desafio para a bioprospecção e a biotecnologia. Este estudo teve como objetivo avaliar e comparar os parâmetros cinéticos de crescimento e produtividade de *Chlorella vulgaris* (Beijerinck 1890) e *Scenedesmus acuminatus* (Chodat 1902) em cultivos com meio inorgânico. A metodologia envolveu a coleta de microalgas em ambientes aquáticos locais, seguida de identificação taxonômica, isolamento por técnicas de capilaridade e diluição seriada, e posterior cultivo. Os cultivos *in vitro* foram conduzidos sob condições controladas, com temperatura de 23°C, fotoperíodo contínuo e meio de cultivo sintético à base de fertilizante inorgânico. A análise da cinética de crescimento celular incluiu a determinação da taxa de crescimento específica (μ, d^{1}), concentração celular máxima (Nmax), tempo de duplicação (T, dias) e produtividade máxima (Pmax). A comparação entre os gêneros evidenciou diferenças significativas ($p < 0,05$) nos parâmetros avaliados. *Chlorella vulgaris* apresentou desempenho superior ao de Scenedesmus acuminatus, destacando-se pela maior taxa de crescimento, menor tempo de duplicação e produtividade aproximadamente oito vezes maior que a desta espécie. Esses resultados indicam elevada eficiência e adaptabilidade de *C. vulgaris* às condições de cultivo empregadas, reforçando seu potencial como alternativa promissora para a produção de biomassa em sistemas com meio inorgânico.

PALAVRAS-CHAVE

Bioprospecção; Biomassa; Cinética de crescimento.

ABSTRACT

The diversity of Amazonian microalgae, combined with the limited information on their growth kinetics, biomass production, and biochemical and metabolic properties, represents both an opportunity and a challenge for bioprospecting and biotechnology. This study aimed to evaluate and compare the growth kinetic parameters and productivity of *Chlorella vulgaris* (Beijerinck 1890) andf *Scenedesmus acuminatus* (Chodat 1902) under inorganic culture conditions. The methodology involved the collection of microalgae from local aquatic environments, followed by taxonomic identification, isolation using capillary techniques and serial dilution, and subsequent cultivation. *In vitro* cultures were conducted under controlled conditions, with a temperature of 23°C, continuous photoperiod, and a synthetic culture medium based on inorganic fertilizer. Growth kinetics analysis included the determination of specific growth rate (μ, d^1), maximum cell concentration (Nmax), doubling time (T, days), and maximum productivity (Pmax). Comparative analysis between the genera revealed significant differences ($p < 0.05$) in the evaluated parameters. *Chlorella vulgaris* exhibited superior performance across all metrics, with a higher growth rate, shorter doubling time, and productivity approximately eight times greater than that of *Scenedesmus acuminatus*. These findings indicate the high efficiency and adaptability of *C. vulgaris* to the tested culture conditions, highlighting its potential as a promising alternative for biomass production in inorganic culture systems.

KEYWORDS

Bioprospecting; Biomass; Growth kinetics.

RESUMEN

La diversidad de microalgas amazónicas, junto con la escasez de información sobre sus cinéticas de crecimiento, producción de biomasa y propiedades bioquímicas y metabólicas, representa tanto una oportunidad como un desafío para la bioprospección y la biotecnología. Este estudio tuvo como objetivo evaluar y comparar los parámetros cinéticos de crecimiento y la productividad de *Chlorella vulgaris* (Beijerinck 1890) y *Scenedesmus acuminatus* (Chodat 1902) en cultivos con medio inorgánico. La metodología incluyó la recolección de microalgas en ambientes acuáticos locales, seguida de su identificación taxonómica, aislamiento mediante técnicas de capilaridad y dilución seriada, y posterior cultivo. Los cultivos *in vitro* se realizaron bajo condiciones controladas, con una temperatura de 23°C, fotoperíodo continuo y un medio de cultivo sintético basado en fertilizante inorgánico. El análisis de la cinética de crecimiento celular incluyó la determinación de la tasa de crecimiento específica (μ, d^1), concentración celular máxima (Nmax), tiempo de duplicación (T, días) y productividad máxima (Pmax). La comparación

entre los géneros evidenció diferencias significativas ($p < 0,05$) en los parámetros evaluados. *Chlorella vulgaris* mostró un desempeño superior en todos los aspectos, destacándose por una mayor tasa de crecimiento, menor tiempo de duplicación y una productividad aproximadamente ocho veces superior a la de *Scenedesmus acuminatus*. Estos resultados indican la alta eficiencia y adaptabilidad de C*. vulgaris* a las condiciones de cultivo evaluadas, destacando su potencial como una alternativa prometedora para la producción de biomasa en sistemas con medio inorgánico.

PALABRAS CLAVE

Bioprospección; Biomasa; Cinética de crecimiento.

1 INTRODUÇÃO

As microalgas são organismos microscópicos fotossintetizantes, predominantemente eucariontes, embora incluam representantes do domínio Bacteria, como as cianobactérias (COELHO *et al*., 2019). Apresentam elevada plasticidade fisiológica, ampla diversidade morfológica e bioquímica, e são capazes de habitar ambientes variados, incluindo ecossistemas marinhos, de água doce e ambientes extremos (RAVEN *et al*., 2007; MUTANDA *et al*., 2020). Essa versatilidade está associada à presença de pigmentos fotossintéticos, como clorofila, carotenoides e ficobiliproteínas, que sustentam o metabolismo fotoautotrófico (BASKAR *et al*., 2025).

A elevada capacidade adaptativa das microalgas está diretamente relacionada à produção de uma ampla gama de compostos, como proteínas, carboidratos, lipídios, pigmentos e metabólitos bioativos (DERNER *et al*., 2006). Nas últimas décadas, esses organismos têm sido amplamente explorados em estudos de bioprospecção, visando à produção de biomassa e à obtenção de compostos de interesse biotecnológico (SILVEIRA JÚNIOR *et al*., 2019). A bioprospecção consiste na exploração da biodiversidade para a identificação de recursos biológicos com potencial de aplicação em setores farmacêutico, cosmético, alimentício e ambiental (BERLINCK, 2012).

Apesar desse potencial, a diversidade de microalgas amazônicas permanece subexplorada, especialmente no que se refere à cinética de crescimento e à produtividade de biomassa (SILVEIRA JÚNIOR *et al*., 2019). Essa lacuna limita a compreensão do potencial biotecnológico da região, caracterizada por ecossistemas singulares que podem favorecer linhagens com propriedades fisiológicas diferenciadas (RIBEIRO; COSTA, 2023).

O cultivo de microalgas apresenta vantagens como baixo custo relativo, capacidade de remoção de nutrientes de águas residuais e contribuição para a melhoria da qualidade da água, promovendo a recuperação de nutrientes e o ajuste de parâmetros físico-químicos (CARVALHO *et al*., 2012). Além disso, o elevado valor nutricional e a produção de compostos como carboidratos, lipídios e antioxidantes têm impulsionado sua aplicação biotecnológica (SILVEIRA JÚNIOR *et al*., 2025). Espécies dos gêneros

Chlorella e *Spirulina* possuem propriedades nutricionais e terapêuticas amplamente reconhecidas, enquanto espécies de *Scenedesmus* são exploradas principalmente para a produção de óleos, devido às elevadas taxas de crescimento e teor lipídico (PANDIAN *et al.*, 2024). Estudos prévios evidenciam o potencial dessas espécies e ampliam as perspectivas de aplicação da biomassa microalgal (BORGES-CAMPOS *et al.*, 2010; FERNANDES *et al.*, 2017; BORA *et al.*, 2024; VICTOR *et al.*, 2024).

A eficiência dos sistemas de cultivo, sejam abertos ou fechados, influencia diretamente a produtividade e a estabilidade dos cultivos, sendo os sistemas fechados mais eficientes no controle das variáveis ambientais e na otimização da produção de biomassa (CARVALHO *et al.*, 2012; SILVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2019). Nesse contexto, a cinética de crescimento, expressa pela taxa de aumento da biomassa ao longo do tempo, constitui um parâmetro central para a viabilidade de aplicações biotecnológicas (BORGES-CAMPOS *et al.*, 2010). Esse processo é influenciado por fatores como disponibilidade de nutrientes, intensidade luminosa, temperatura e pH (FERNANDES *et al.*, 2017), além de apresentar variações entre espécies em função de suas características fisiológicas (FRANCO *et al.*, 2013). Durante o cultivo, as microalgas passam por fases distintas de crescimento, incluindo as fases lag, exponencial e estacionária (VICTOR *et al.*, 2024).

A exploração de microalgas autóctones representa uma estratégia promissora para o desenvolvimento de biotecnologias regionais, especialmente em áreas com elevada biodiversidade e ainda pouco investigadas, como a Amazônia. Os ecossistemas amazônicos são caracterizados, em geral, por águas ácidas, baixa condutividade elétrica e temperaturas elevadas (FERREIRA *et al.*, 2025), condições que podem influenciar a cinética de crescimento e favorecer a adaptação de espécies com potencial biotecnológico.

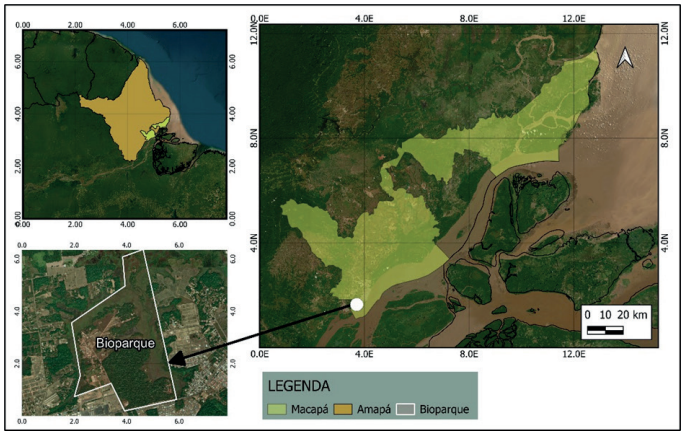
Diante desse cenário, torna-se necessário avaliar o desempenho cinético de espécies de interesse sob condições controladas de cultivo. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar e comparar os parâmetros cinéticos de crescimento e produtividade de *Chlorella vulgaris* e *Scenedesmus acuminatus* em cultivos com meio inorgânico, contribuindo para a ampliação do conhecimento sobre microalgas amazônicas e para o desenvolvimento de aplicações biotecnológicas baseadas em biomassa microalgal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. COLETA E IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA DAS MICROALGAS

As amostras de microalgas foram coletadas em ambientes de água doce localizados no Bioparque da Amazônia, Macapá, AP (Figura 1). As coletas foram realizadas com o auxílio de rede de arrasto com abertura de malha de 20 µm. O material destinado à identificação taxonômica foi acondicionado em frascos plásticos com volume de 100 mL. A identificação do material foi realizada em microscópio óptico, a partir de lâminas preparadas com as amostras concentradas. A determinação taxonômica foi realizada com base em chaves de identificação morfológica descritas por Bicudo e Menezes (2006).

Figura 1 - Sítio de amostragem, Bioparque da Amazônia, Macapá, AP



2.2. ISOLAMENTO E CULTIVO DAS MICROALGAS

O isolamento das microalgas foi realizado por meio da técnica de capilaridade associada a diluições sucessivas (LOURENÇO, 2006), no Laboratório de Cultivo de Algas e Bioprospecção (LACAL) da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), a partir de amostras concentradas de fitoplâncton. As células isoladas foram mantidas em tubos de ensaio contendo meio de cultivo sintético líquido (NPK 15:05:05).

Posteriormente, os isolados foram transferidos para cultivos de ativação em frascos Erlenmeyer de 200 mL, sendo então expandidos para recipientes de 2 L, utilizando o mesmo meio de cultivo sintético. As culturas foram mantidas sob temperatura de 23°C, fotoperíodo contínuo e aeração constante.

2.3. DENSIDADE CELULAR E PRODUTIVIDADE

A densidade celular do cultivo (média de três repetições) foi medida a cada dois dias usando um hemocitômetro de Neubauer por meio de microscopia óptica (LOURENÇO, 2006). Os valores de densidade foram usados para calcular a taxa de crescimento específica (μ, d^{-1}), concentração celular máxima (N_{max}) e produtividade máxima (P_{max}).

A taxa de crescimento específica (μ, d^{-1}) foi calculada pela regressão da fase logarítmica da curva de crescimento celular. A concentração celular máxima (N_{max}, $cel.mL^{-1}$) é o valor máximo de concentração obtido na fase logarítimica. A produtividade máxima (P_{max}, $cel.mL^{-1}.d^{-1}$) foi obtida segundo a equação (1):

$$P_{max} = (X_1 - X_0)/(t_1 - t_0) \qquad (1)$$

onde X_1 é a concentração celular ($cel.mL^{-1}$) no tempo t_1 (d) e X_0 ($cel.mL^{-1}$) a concentração celular no tempo t_0 (d) (SCHMIDELL *et al.*, 2001). O tempo de duplicação em dia (T_2), foi calculado pela equação (2):

$$T = ln2/\mu \qquad (2)$$

2.4. ANÁLISE DOS DADOS

As análises de dados foram realizadas no software R. A fase logarítmica do crescimento foi determinada a partir da transformação logarítmica da densidade celular [ln(N)], com posterior ajuste por regressão linear para a estimativa da taxa de crescimento específica (μ) e cálculo do tempo de duplicação celular (T). A produtividade máxima absoluta (Pmax) foi obtida a partir da variação da densidade celular ao longo do tempo, enquanto a produtividade normalizada foi calculada em relação ao inóculo inicial.

Adicionalmente, os dados experimentais foram ajustados ao modelo logístico de Verhulst por regressão não linear, utilizando a função *nlsLM()* do pacote *minpack.lm*, permitindo a estimativa dos parâmetros Nmax, μ e . A qualidade dos ajustes foi avaliada por meio do coeficiente de determinação (R^2), e as comparações entre as espécies foram realizadas por análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS

As espécies avaliadas, *C. vulgaris* e *S. acuminatus*, apresentaram boa adaptação às condições de cultivo em meio inorgânico. Ambas as culturas se desenvolveram ao longo de 10 dias, período no qual foi possível identificar claramente a fase exponencial de crescimento celular.

A análise da fase logarítmica permitiu estimar os principais parâmetros cinéticos do cultivo, apresentados na Tabela 1. *C. vulgaris* apresentou maior taxa de crescimento específica (μ = 0,139 dia^{1}) em comparação com *S. acuminatus* (μ = 0,051 dia^{1}). Consequentemente, o tempo de duplicação celular (T) foi inferior para *C. vulgaris* (4,98 dias) em relação a *S. acuminatus* (13,58 dias). Esses resultados indicam que *C. vulgaris* duplicou sua população em um intervalo aproximadamente três vezes menor, evidenciando maior velocidade de crescimento sob as condições avaliadas ($p < 0,05$).

Tabela 1 - Taxa de crescimento específica (μ), tempo de duplicação (T), produtividade máxima absoluta (Pmax), produtividade máxima normalizada (Pmax_norm) e coeficiente de determinação (R^2) de *Chlorella* sp. e *Scenedesmus* sp.

Microalga	μ (dia-1)	T2 (dias)	Pmax (células·mL^{-1}·dia^{-1})	Pmax_norm	R2
Chlorella vulgaris	0.13914 a	4,98a	25 x 106 a	0.24 (24%)	0.889
Scenedesmus acuminatus	0.05102b	13,58b	3 x 106 b	0.07 (7%)	0.897

Letras diferentes sobescritas indicam diferenças significativas com p<0,05

Fonte: Dados da pesquisa

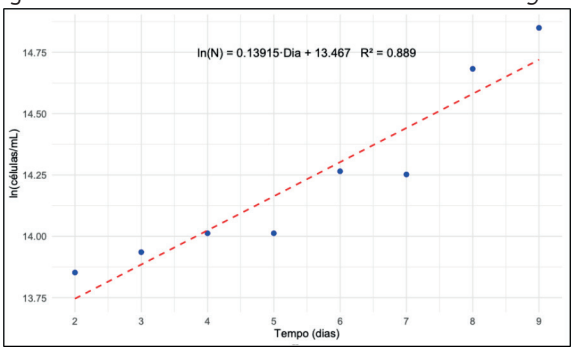
No que se refere à produtividade máxima absoluta (Pmax), *C. vulgaris.* atingiu 25 × 10^{6} células·mL^{1}·dia^{1}, valor quase oito vezes superior ao de S. acuminatus que foi de 3 × 10 células·mL^{1}·dia^{1}. Quando a produtividade foi normalizada em função do inóculo inicial, para uma melhor comparação entre os cultivos analisados, observou-se que C. vulgaris manteve um desempenho superior, produ-

zindo 0,24 células·célula^{-1}·dia^{-1}, o que equivale a 24% do inóculo inicial ao dia. Por sua vez, S. acuminatus apresentou apenas 0,07 células·célula^{-1}·dia^{-1}, o equivalente a 7% do inóculo inicial por dia.

Os valores de coeficiente de determinação (R^2) das regressões lineares foram elevados para ambas as espécies (0,889 e 0,897, respectivamente), indicando um bom ajuste do modelo exponencial aos dados durante as fases logarítmicas consideradas.

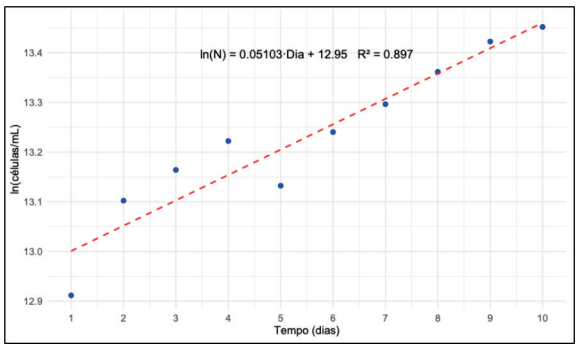
O ajuste da fase logarítmica do crescimento celular é ilustrado nas Figuras 3 e 4, para *Chlorella* e S*cenedesmus*, respectivamente. Para ambos os casos, a regressão linear apresentou um bom ajuste, com os dados experimentais distribuídos próximos à linha de tendência. Para *C. vulgaris* a fase logarítmica ocorreu entre o 2º e o 9º dia de cultivo, com duração de sete dias, apresentando um coeficiente de determinação R^2=0,889. Observou-se ainda que esta espécie apresentou uma fase de latência inicial de um dia, anterior ao início do crescimento exponencial. Já em *S. acuminatus*, a fase logarítmica estendeu-se do 1**º ao 10º dia de cultivo**, totalizando **nove dias de crescimento exponencial**, com R^2=0,897, sem evidências de fase de latência.

Figura 2 - Ajuste da fase logarítmica do crescimento celular de *Chlorella vulgaris* em cultivo experimental.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 3 - Ajuste da fase logarítmica do crescimento celular de *Scenedesmus acuminatus* em cultivo experimental



Fonte: Dados da pesquisa

4 DISCUSSÃO

Os resultados evidenciaram diferenças significativas entre os gêneros avaliados, confirmando a cinética de crescimento como um critério central na seleção de microalgas para aplicações biotecnológicas. *C. vulgaris* apresentou taxa de crescimento específica ($\mu = 0{,}139$ dia^{1}) aproximadamente três vezes superior à de *S. acuminatus* ($\mu = 0{,}051$ dia^{1}), refletindo em menor tempo de duplicação celular (4,98 dias vs. 13,58 dias). Esse desempenho indica maior adaptação às condições de cultivo empregadas, corroborando estudos que destacam o gênero *Chlorella* pelo rápido crescimento e elevado rendimento em biomassa (BORGES-CAMPOS *et al.*, 2010; COELHO *et al.*, 2019).

A produtividade máxima seguiu a mesma tendência, sendo o cultivo de *C. vulgaris* cerca de oito vezes superior ao de *S. acuminatus*, reforçando sua viabilidade em sistemas voltados à produção de biomassa em larga escala, especialmente para aplicações nutricionais e obtenção de compostos bioativos (DERNER *et al.*, 2006; BREUER *et al.*, 2012; SENILA *et al.*, 2025; SCARPONI *et al.*, 2026). Por outro lado, embora *S. acuminatus* tenha apresentado menor desempenho neste estudo, sua capacidade de acumular lipídios sob estresse nutricional (FRANCO *et al.*, 2013; PANDIAN *et al.*, 2024) indica potencial para aplicações em bioenergia, sobretudo em condições de cultivo diferenciadas.

Os elevados coeficientes de determinação ($R^2 > 0{,}88$) confirmam a adequação do modelo exponencial na descrição da fase logarítmica do crescimento. O ajuste ao modelo logístico de Verhulst amplia essa interpretação, permitindo estimar limites de densidade celular (Nmax) e simular cenários de saturação, aspectos relevantes para a otimização de cultivos em escala industrial (FERNANDES *et al.*, 2017; VICTOR *et al.*, 2024). A integração de modelos matemáticos distintos contribui para o aprimoramento do planejamento experimental e da previsibilidade dos sistemas de cultivo.

No contexto amazônico, os resultados são particularmente relevantes, considerando a elevada diversidade de microalgas ainda pouco explorada (BARROS *et al.*, 2021) e a necessidade de ampliar o conhecimento sobre seu potencial biotecnológico (RIBEIRO, 2023). A inclusão de ensaios sob estresse ambiental controlado, como limitação de nutrientes e variações de intensidade luminosa, pode favorecer a produção de lipídios, pigmentos e antioxidantes, ampliando as possibilidades de aplicação. Além disso, análises bioquímicas detalhadas e o uso de resíduos agroindustriais como substrato podem fortalecer o desenvolvimento de cadeias produtivas sustentáveis.

A comparação entre os gêneros evidencia respostas fisiológicas distintas às condições de cultivo. *Chlorella* apresenta maior eficiência em sistemas voltados à produção rápida de biomassa, enquanto *Scenedesmus* demonstra potencial em cenários relacionados à síntese de lipídios e aplicações ambientais (BERMUDEZ-SIERRA, 2018). Essa diferenciação reforça a necessidade de estratégias de cultivo direcionadas, de acordo com os objetivos biotecnológicos.

Aspectos fisiológicos intrínsecos também influenciam o desempenho observado, *C. vulgaris* apresenta elevada plasticidade metabólica, permitindo rápida adaptação às condições ambientais e maior eficiência fotossintética (SHI *et al.*, 2024). Em contrapartida, *S. acuminatus* apresenta características estruturais, como a formação de cenóbios e maior resistência a variações ambientais, que podem favorecer seu desempenho em cultivos prolongados ou sob condições de estresse (ABDEL-BASET *et al.*, 2024).

Do ponto de vista aplicado, *Chlorella* é amplamente utilizada na produção de suplementos alimentares, aquicultura e compostos antioxidantes (LIU; CHEN, 2016), enquanto *Scenedesmus* se destaca em bioenergia e biorremediação (GUERRA *et al*., 2024). Estudos recentes indicam que cultivos mistos podem aumentar a resiliência dos sistemas e otimizar a produção de biomassa diversificada (ZHANG *et al*., 2022), representando uma abordagem promissora para aplicações industriais mais robustas.

Por fim, os resultados ressaltam a importância da adaptação dos protocolos de cultivo às características específicas de cada gênero. Estratégias como ajuste da intensidade luminosa, densidade inicial do inóculo e regime de nutrientes podem maximizar a produtividade, reforçando a necessidade de abordagens experimentais direcionadas para diferentes objetivos, como produção de biomassa, lipídios ou metabólitos de alto valor agregado.

5 CONCLUSÃO

A comparação entre os gêneros *Chlorella* e *Scenedesmus* evidenciou diferenças significativas nos parâmetros cinéticos de crescimento e produtividade. *C. vulgaris* apresentou desempenho superior em todas as variáveis analisadas, com maior taxa de crescimento, menor tempo de duplicação celular e produtividade aproximadamente oito vezes superior à de *S. acuminatus.* Esses resultados indicam elevada eficiência e adaptabilidade às condições de cultivo empregadas, destacando *C. vulgaris* como uma alternativa promissora para a produção de biomassa em meio inorgânico.

Apesar do desempenho inferior observado para *S. acuminatus*, seu potencial biotecnológico permanece relevante, especialmente em aplicações relacionadas à produção de lipídios e biocombustíveis. Nesse sentido, diferentes estratégias de cultivo podem revelar vantagens adicionais do gênero, não evidenciadas nas condições experimentais adotadas.

De modo geral, este estudo contribui para a ampliação do conhecimento sobre a cinética de crescimento de microalgas na Amazônia, região ainda pouco explorada sob esta perspectiva biotecnológica. Os resultados obtidos fornecem subsídios para o desenvolvimento de processos baseados em biomassa microalgal, com potencial aplicação em cadeias produtivas sustentáveis. Adicionalmente, indicam a necessidade de investigações futuras que explorem diferentes condições de cultivo, análises bioquímicas e escalonamento produtivo, visando consolidar o uso dessas espécies em aplicações industriais e ambientais.

REFERÊNCIAS

ABDEL-BASET, A. *et al.* Enhanced Scenedesmus obliquus cultivation in plastic-type flat panel photobioreactor for biodiesel production. **Sustainability**, v. 16, n. 8, p. 3148, 2024.

BARROS, A. D. S. *et al.* Cyanobacteria in the aquatic ecosystem of the Environmental Protection Area (EPA) of Curiaú River, Amapá State, Amazon Region, Brazil. **Nat Conserv**, v.14, n.2, p.12-21, 2021.

BASKAR, G. *et al.* Expanding horizons: Harnessing *Dunaliella* microalgae for sustainable organic pigment production. **Biomass Conv. Bioref**, v. 15, p. 13055–13078, 2025.

BERLINCK, R. G. S. Bioprospecção no Brasil. **Ciênc Cult**, v. 3, p. 25-30, 2012.

BERMUDEZ-SIERRA, J. J. Extracción de lípidos de la microalga Scenedesmus sp. con diferentes mezcla de solventes orgánicos. **Biotecnol Sector Agropec Agroind**, v. 16, n. 2, p. 88-98, 2018.

BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2006.

BORA, A. *et al.* Microalgae to bioenergy production: Recent advances, influencing parameters, utilization of wastewater – A critical review. **Sci Tot Environm**, v. 946, p. 174230, 2024.

BORGES-CAMPOS, V. *et al.* Crescimento e composição química de dez espécies de microalgas marinhas em cultivos estanques. **Ciênc Rural**, v. 40, n. 2, p. 513-520, 2010.

BREUER, G. *et al.* Produção de lipídios e carotenóides em microalgas. **Rev Ficol Apl**, v. 4, p. 881-891, 2012.

CARVALHO, E. M. *et al*. Cinética de crescimento da microalga *Pseudokirchneriella subcapitata* (Korshikov) Hindak (Chlorophyceae) em água natural enriquecida com fertilizante NPK. **Biochem Biotechnol Rep**, v. 1, n. 2, p. 14-18, 2012.

COELHO, D. F. *et al.* Microalgae: Cultivation Aspects and Bioactive Compounds. **Braz Arch Biol Technol**, v. 62, e19180343, 2019.

DERNER, R. B. *et al.* Microalgas, produtos e aplicações. **Ciênc Rural**, Santa Maria, v. 6, p. 1959-1967, 2006.

FERNANDES, M. S. M. *et al.* Avaliação do crescimento da microalga Scenedesmus sp. em diferentes concentrações de NaCl. **Engevista,** v. 19, n. 1, p. 185-193, 2017.

FERREIRA, A. C. S. *et al.* Composition, frequency of phytoplankton occurrence and its correlation with environmental variables in the Curiaú River (Eastern Amazon). **Ensaios Ciênc**, v. 29, n. 1, p. 169–187, 2025.

FRANCO, A. L. C. *et al.* Biodiesel de microalgas: avanços e desafios. **Quím Nova**, v. 36, n. 3, p. 488-495, 2013.

GUERRA, W. D. *et al.* Revisão sistemática sobre o emprego e cultivo da microalga *Scenedesmus* sp. na produção de biodiesel. **Rev Soc Cient**, v. 7, n. 1, p. 942-979, 2024.

LIU, J.; CHEN, F. Biology and industrial applications of Chlorella: Advances and Prospects *In*: Posten, C.; Chen, F. (orgs.). **Microalgae Biotechnology.** New York: Springer, 2016.

LOURENÇO, S. O. **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Paulo: Rima, 2006.

MUTANDA, T. *et al.* Biotechnological applications of microalgal oleaginous compounds: current trends on microalgal bioprocessing of products. **Front Energy Res**, v. 8, p. 598803, 2020.

PANDIAN, M. *et al.* Optimization of microalgal biomass (*Scenedesmus dimorphus*) for maximized bioethanol production through response surface methodology. **Biomass Conv Bioref**, v. 7, p. 9951-9967, 2024.

RAVEN, P. H. *et al.* **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

RIBEIRO, R. B. **Potencialidades biotecnológicas de microalgas no Amazonas**. (Tese) Doutorado em Biotecnologia – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM. 2023.

RIBEIRO, R.B.; COSTA, R.C. Aplicabilidades biotecnológicas de microalgas Amazônicas: banco de teses Capes. **OLEL**, v. 21, n. 6, p. 3405–3423, 2023.

SCARPONI, P. *et al.* Maximizing high-value biomass in *Scenedesmus* and *Chlorella*: Exploring light-driven macromolecular storage for nutraceutical and feed applications. **Biomass Bioenerg**, v. 205, p. 108485, 2026.

SCHMIDELL, W. *et al.* **Biotecnologia Industrial – v. 2: Engenharia Bioquímica.** São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

SENILA, L. *et al.* Chemical characterization, lipid profile, and volatile compounds in *Chlorella* sp. and *Spirulina platensis*: A promising feedstock for various applications. **Molecules**, v. 30, n. 7, p. 1499, 2025.

SHI, R. *et al.* A review on the optimization of light conditions in Chlorella culture. **BIO Web Conf**, v. 142, 02011, 2024.

SILVEIRA JÚNIOR, A. M. *et al.* Bioprospection of biocompounds and dietary supplements of microalgae with immunostimulating activity: a comprehensive review. **PeerJ**, v. 7, p. e7685, 2019.

SILVEIRA JÚNIOR, A. M. *et al.* Parâmetros cinéticos de crescimento e produção de *Scenedesmus obliquus* (Chlorophyceae) em diferentes condições de cultivo in vitro. **PeerJ**, v. 13, p. e17879, 2025.

VICTOR, M. M. *et al.* Microalgas: uma estratégia sustentável na transformação e obtenção de compostos orgânicos. **Quím Nova**, v. 47, e-20230107, p. 1-17, 2024.

ZHANG, S. *et al*. A review on biodiesel production from microalgae. **Front Microbiol**, v. 13, p. 970028, 2022.

Recebido em: 5 de Maio de 2026
Avaliado em: 1 de Julho de 2026
Aceito em: 22 de Setembro de 2026

A autenticidade desse artigo pode ser conferida no site https://periodicos.set.edu.br

Copyright (c) 2026 Revista Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente

Este trabalho está licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

1 Bacharel em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Amapá, Macapá-AP, Brasil. E-mail: hannagabriele2509@gmail.com

2 Bióloga, Doutora em Biologia Comparada. Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde; Universidade Federal do Amapá, Macapá-AP, Brasil. ORCID: 0000-0003-3216-749X.
E-mail: fitomathes@yahoo.com.br

3 Biólogo, Doutor em Biodiversidade Tropical. Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais; Universidade Federal do Amapá, Macapá-AP, Brasil. ORCID: 0000-0003-4991-210X.
E-mail: arialdojunior@unifap.br.