



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE PLANTA DE CONTROLE PARA O CULTIVO DE MICROALGAS

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PROCESS PLAN FOR MICROALGAE CULTIVATION

Lais Mansano Alexandre Pereira*, Marcio Rodrigues da Cunha†, Marcelo Real
Prado††

RESUMO

As microalgas vem sendo muito estudadas nos últimos anos pois possuem um alto potencial biotecnológico devido ao leque de aplicações em diversos ramos, como nas indústrias farmacêuticas, indústrias alimentícias, indústrias de cosméticos, entre outras. Pensando na aplicabilidade das microalgas, esse trabalho teve como finalidade, o desenvolvimento de um ambiente controlado utilizando a lógica Fuzzy no software MATLAB, empregando técnicas da área de controle e automação, a fim de intensificar o cultivo das microalgas para obter uma melhor produtividade.

Palavras-chave: microalgas, sistema de controle, lógica Fuzzy, ambiente controlado.

ABSTRACT

Microalgae have been extensively researched in recent years because they have a high biotechnological potential due to the range of applications in various fields, such as pharmaceutical industries, food industries, cosmetic industries, among others. Thinking about the applicability of microalgae, this work aims to develop a controlled environment using Fuzzy logic and techniques from the area of control and automation, in order to intensify the cultivation of microalgae to obtain better productivity.

Keywords: microalgae, control system, Fuzzy logic, controlled environment.

1 INTRODUÇÃO

Microalgas ou algas unicelulares são microrganismos que podem ser encontrados em corpos aquáticos em todo o globo terrestre, de forma individualizada ou em colônias capazes de alcançar grandes dimensões (INSTITUTO DE MICROBIOLOGIA PAULO DE GÓES UFRJ, 2015).

*Engenharia Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil;
laismansano2@gmail.com

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão; prof.marciorcunha@gmail.com

†† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão; mrealprado@utfpr.edu.br



Esses microrganismos, além de serem as principais produtoras primárias de oxigênio, tanto no ambiente fluvial/lacustre quanto marinho, tem sido foco de inúmeras investigações biotecnológicas devido a sua importância econômica, nutricional e ambiental (ANTELO, et al., 2008), portanto, novas pesquisas e tecnologias são de suma importância, uma vez que podem trazer benefícios de maneira geral (RICHMOND, 2004).

As microalgas apresentam grande capacidade de se adaptar a diferentes ambientes, sendo capazes de uma mudança metabólica como resposta às mudanças das condições ambientais (MATA, 2010). Portanto, sua composição química depende principalmente de condições de crescimento como pH, temperatura, luminosidade e nutrientes (CONVERTI, 2009).

Pensando em uma melhor produtividade das microalgas, o projeto teve como objetivo desenvolver um ambiente controlado cuja função é aumentar o processo de cultivo, tornando o ambiente favorável dispondo de um controle das condições de crescimento. Para o desenvolvimento do ambiente controlado foi necessário estabelecer um modelo de controle que se adequasse ao projeto e as necessidades que o mesmo possui. A introdução de um controlador num determinado sistema visa a modificação de sua dinâmica, manipulando a relação entrada/saída através da atuação sobre um ou mais dos seus parâmetros, com o objetivo de satisfazer certas especificações com relação a sua resposta (OGATA, 1994). Ao decorrer do trabalho, os modelos de controle serão apresentados.

É importante ressaltar que o presente trabalho ainda está em fase de desenvolvimento.

Com base nisso, visando o projeto de um sistema de controle para a intensificação do processo de cultivo de microalgas, como realizar o controle das variáveis que condicionam o cultivo das microalgas utilizando a lógica fuzzy?

2 MÉTODO

Por meio do estudo realizado sobre as microalgas, observou-se que para realizar o cultivo desses microrganismos existem alguns parâmetros de cultivo e características, por exemplo, as microalgas da espécie *Chlorella Vulgaris*, são microrganismos fotossintetizantes e com reprodução assexuada (DUARTE, 2001). São predominantemente microscópicas e de água doce, podendo existir em águas salgadas, na neve, no solo e sobre folhas de plantas terrestres. Seu cultivo depende de diversos fatores tais como: clima, área de implementação, disponibilidade de água, nutrientes, controle de temperatura, fonte de carbono, pH da água e luminosidade. No ambiente controlado proposto no projeto, as variáveis que estão sob controle foram: temperatura da água e o pH da água.

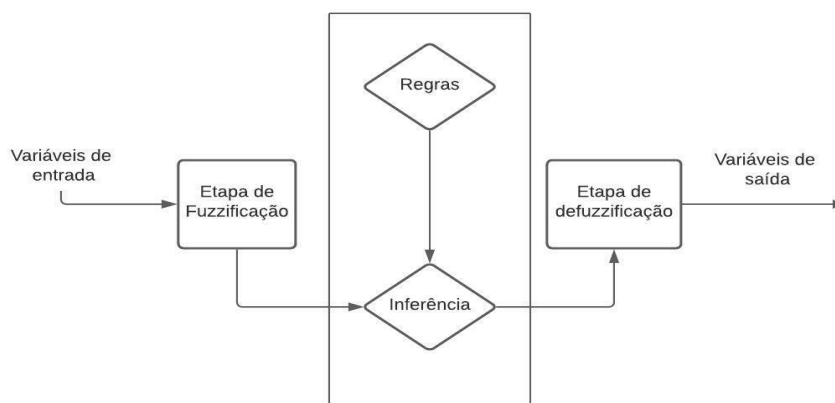
Para projeção do ambiente, foi necessário o uso de um controlador. Os controladores são importantes, pois geram o sinal de controle, que atua sobre a planta de modo a, idealmente, levar o erro (diferença entre a entrada e a saída) a zero. Há diversos modelos de controladores, entre eles os controladores PID, PD, PI e os controladores por lógica Fuzzy.

O controlador PID é muito conhecido, nele os ganhos Proporcional, Integral e Derivativo são sintonizados de modo a se obter o melhor desempenho possível da resposta de saída da planta (em termos de parâmetros dos regimes transitórios e permanentes), cujo modelo matemático não necessita ser conhecido ou determinado.

Já no controlador por lógica Fuzzy, a estratégia de controle é descrita por intermédio de regras linguísticas que conectam, de modo impreciso, várias situações com as ações a serem tomadas. A lógica difusa (lógica fuzzy) permite que as proposições tenham valores intermediários entre verdadeiro e falso, onde a veracidade destas, é uma função que pode assumir qualquer valor entre 0 (absolutamente falso) e 1 (absolutamente verdadeiro). Dessa forma, permite uma transição gradual da falsidade para a veracidade, isso é o que chamamos de grau de pertinência, no qual nos permite representar valores imprecisos como quente e frio (MENDEL, 1995).

Na lógica fuzzy cada variável tem um determinado valor linguístico e um grau de pertinência associado a ele. Com este tipo de associação, a lógica fuzzy trata das imperfeições que não são notadas no uso dos controladores clássicos (SILVA, 2021). Consequentemente, o controlador que mais se adequou ao projeto é o controlador por lógica fuzzy. A lógica fuzzy possui um sistema de controle baseado na Figura 1.

Figura 1 - Sistema de controle lógica Fuzzy.



Fonte: Autoria própria (2021).

Para representar os valores numéricos de uma determinada entrada são criadas variáveis linguísticas, caracterizando o processo de fuzzificação. A partir das variáveis linguísticas de entrada e um processo de inferência baseado em regras de conhecimento, tem-se a saída do sistema em forma de variável linguística convertida para um valor numérico, caracterizando o processo de defuzzificação.

Uma “variável linguística” é aquela que tem como valores palavras ou sentenças. O conjunto de valores que ela pode assumir é chamado “conjunto de termos”. Cada valor no conjunto de termos é uma “variável fuzzy” definida sobre a “variável base”. A “variável base” define o universo para todas as variáveis fuzzy no conjunto de termos.

Todo o processo da lógica fuzzy foi realizado no programa MATLAB, as variáveis de entrada escolhidas para o controlador fuzzy do trabalho proposto foram: temperatura e pH da água. Já as variáveis de saída foram a taxa de crescimento e a densidade celular. As funções de pertinência das variáveis de entrada e saída foram baseadas no estudo realizado por PÉREZ et al., (2008), DERNER, (2006) e DAUTA et al., (1990), que faz a análise da taxa de crescimento de algumas espécies de microalgas em relação a temperatura e o pH da água. O método de defuzzificação usado foi a defuzzificação pelo centróide. Na Tabela 1 pode ser visualizada as variáveis linguísticas de entrada e saída e seus valores.



Tabela 1 - Variáveis linguísticas

Variáveis Linguísticas			
Entrada	Entrada	Saída	Saída
Temperatura	pH	Densidade Celular	Crescimento
TMB (Temperatura muito baixa)	Ácido	LAG (Fase de indução)	CMB (Crescimento muito baixo)
TB (Temperatura baixa)	Neutro	LOG (Fase exponencial)	CB (Crescimento baixo)
TM (Temperatura média)	Básico	CREL (Fase de diminuição)	CA (Crescimento alto)
TA (Temperatura Alta)		EST (Fase estacionária)	CMA (Crescimento muito alto)
TMA (Temperatura muito alta)		PERDA (Fase de morte da cultura)	CMAx (Crescimento máximo)

Fonte: Autoria própria (2021)

3 RESULTADOS

Por meio do controle executado com a lógica fuzzy, foi possível identificar quais são as melhores condições de entrada que, quando combinadas, resultam em uma melhor taxa de crescimento, consequentemente, sucedendo em uma maior produtividade. Como resultado, obteve-se a simulação da base de regras do sistema fuzzy, que foi ilustrada na Tabela 2, com a combinação das variáveis de entrada pH e temperatura, obteve-se como resultado as variáveis de saída, crescimento e densidade celular. Os resultados apresentados na Tabela 2 representam parte das condições de teste, no entanto, o controlador foi testado em todas as combinações possíveis, apresentando um resultado satisfatório. Quando se tem por exemplo uma temperatura muito baixa combinada com um pH ácido, o resultado da combinação dessas duas variáveis de entrada é um crescimento muito baixo e a densidade celular em fase de indução. O resultado condiz com o esperado.

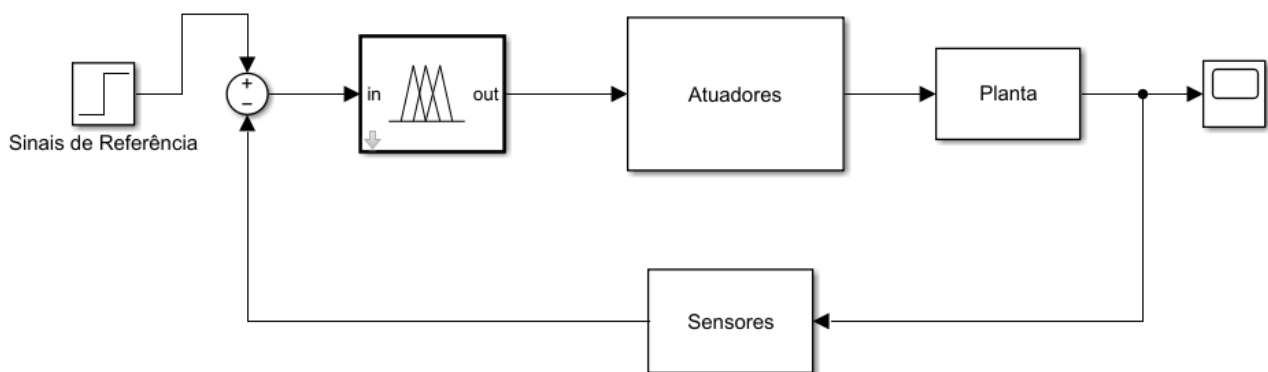
Tabela 2 - Resultado da simulação da base de regras

Temperatura	pH	Densidade Celular	Crescimento
TMB	Ácido	LAG	CMB
TB	Neutro	LAG	CB
TM	Básico	LOG	CA
TA	Neutro	CREL	CMA
TMA	Ácido	LOG	CMA
TMB	Básico	PERDA	CMB
TB	Ácido	PERDA	CMB
TM	Ácido	EST	CMA
TA	Ácido	EST	CMAx
TMA	Neutro	EST	CA

Fonte: Autoria própria (2021)

A planta do sistema de controle elaborada foi ilustrada na ferramenta Simulink do programa MATLAB e pode ser vista na Fig. 2. A planta é constituída pelos sensores de temperatura e pH, possui um controlador que receberá a comparação, conhecido como erro, entre o sinal de referência, com o sinal gerado pelos sensores, quanto maior a diferença entre esses dois sinais, maior é o erro, sendo necessário uma ação dos atuadores. A planta de controle será melhor definida em trabalhos futuros.

Figura 2 - Planta de controle Fuzzy



Fonte: Autoria própria (2021).

4 CONCLUSÃO

Como principal resultado, obteve-se que o controlador baseado em lógica Fuzzy teve um ótimo desempenho pois, como esperado, fez a classificação apropriada em função das variáveis de entrada, obtendo uma saída adequada. O controlador está bem estruturado, faltando apenas simular a planta de processo e validá-lo.

A planta de controle apresentada ainda não foi implementada, sendo exposto apenas um esboço da mesma. A ideia como projeto futuro é definir melhor os parâmetros da planta, tais como, sensores e atuadores, especificar a topologia do controlador, e desenvolver a parte de hardware do trabalho para futuros ensaios com as microalgas no ambiente controlado.

AGRADECIMENTOS

Venho por meio deste agradecer a todo suporte prestado pelos professores Marcio Rodrigues da Cunha e Marcelo Real Prado, pelos conhecimentos compartilhados e companheirismo. Além disso, agradeço a DIRPPG/UTFPR/CM pelo apoio financeiro prestado.

REFERÊNCIAS

ANTELO, F. S., COSTA, J. A. V., et al. **Thermal degradation kinetics of the phycocyanin from *Spirulina platensis***. Biochemical Engineering Journal 41(1): 4347, 2008.



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



- CONVERTI, A. E. A. **Effect of temperature and nitrogen concentration on the growth and lipid content of *Nannochloropsis oculata* and *Chlorella vulgaris* for biodiesel production.** Chemical Engineering and Processing: Process Intensification v. 48, n. 6: 1146-1151, 2009.
- DAUTA, A., DEVAUX, J., PIQUEMAL, F., and L., B. **Growth rate of four freshwater algae in relation to light and temperature.** Hydrobiologia, 207, 221-226, 1990.
- DERNER, R.B. **Efeitos de fontes de carbono no crescimento e na composição bioquímica das microalgas *Chaetoceros muelleri* e *Thalassiosira fluviatilis*, com ênfase no teor de ácidos graxos poliinsaturados.** Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciências dos Alimentos. Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.
- DUARTE, I C S. **Influência do meio nutricional no crescimento e composição centesimal de *Chlorella sp* (Chlorophyta, Chlorococcales).** 2001.148 f. Dissertação - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.
- INSTITUTO DE MICROBIOLOGIA PAULO DE GÓES. **O Futuro Verde: Microalgas e Biotecnologia.** 2015. Disponível em: <O Futuro Verde: Microalgas e Biotecnologia - Microbiologia (ufrj.br)> Acesso em: 23 agosto 2021.
- K. OGATA. **Designing Linear Control Systems with MATLAB.** Prentice-Hall, 1994.
- MATA, T. M. M., A.; CAETANO, N. S. **Microalgae for biodiesel production and other applications: A review.** Renewable and Sustainable Energy Reviews v. 14, n. 1: 217-232, 2010.
- MENDEL, J.M., (1995). **"Fuzzy logic systems for engineering: a tutorial"**. Proc. IEEE, Vol. 83(3): 345-377.
- PÉREZ, B.E., PINA, C.I. and RODRIGUEZ, L.P. **Kinetic model for growth of *Phaeodactylum tricorutum* in intensive culture photobioreactor.** Biochemical Engineering Journal, 2008.
- RICHMOND, A. (Ed). **Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology.** Oxford: Blackwell Science, 2004. 566p.
- SILVA, André, et al. **Análise Comparativa entre Controladores PID e Fuzzy Utilizando LabVIEW e Arduino Aplicados em um Sistema de Controle de Nível.** Disponível em:<Análise Comparativa entre Controladores PID e Fuzzy Utilizando LabVIEW e Arduino Aplicados em um Sistema de Controle de Nível - PDF Free Download (docplayer.com.br)> Acesso em: 23/08/2021.