

PROTÓTIPO DE REATOR EM BATELADA AUTOMATIZADO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL.

Marcos Eliel dos Santos¹, Rodrigo Ribeiro Santos²

¹Aluno do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do IFS - Campus Lagarto.
e-mail: marcos.eliel.2010@gmail.com

²Professor da Coordenadoria de Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do IFS - Campus Lagarto. e-mail: rodrigo.santos@ifs.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Lagarto
Rodovia Lourival Batista, S/N, Povoado Carro Quebrado - Lagarto/SE, CEP: 49400-000

RESUMO: Devido a importância de fontes de energia renováveis, a produção do biodiesel é uma alternativa para substituir o consumo do diesel, pois este é um combustível poluente derivado da destilação do petróleo bruto. Assim, no ambiente industrial faz-se necessárias ferramentas que manipulem variáveis físicas com confiabilidade e que sejam economicamente viáveis. Dessa forma, a automação da produção de biodiesel proporciona maior produtividade, redução de custos, melhor qualidade de produto final e redução de mão de obra. O objetivo principal desse trabalho é de desenvolver um protótipo automatizado para fabricação de biodiesel, utilizando a plataforma *open-source* Arduino para demonstrar, por meio de testes práticos reais, a viabilidade no controle de baixo custo de implementação. Para montagem da planta de testes em escala reduzida foram utilizados os seguintes componentes: Arduino NANO, sensores de vazão, sensor de temperatura, bombas centrífugas, motor homogeneizador, resistência de aquecimento, relés de comando elétrico e Interface-Homem-Máquina composta por display LCD e botões de comando. Através dos resultados práticos obtidos nos testes operacionais do sistema proposto, pode-se considerar os resultados satisfatórios em relação aos objetivos almejados. Demonstrou-se que o sistema proposto é viável, podendo produzir biodiesel através de um reator em batelada automatizado e de baixo custo.

Palavras-chave: Reator, Automação, Biodiesel, Produção, Baixo Custo.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao desequilíbrio ambiental proveniente das emissões de gases poluentes, e do possível esgotamento dos recursos naturais, faz-se necessário a aplicação de fontes de energias que tenham impactos reduzidos ao meio ambiente (BEZERRA *et al.* 2014). Atualmente, a maior parte dos combustíveis utilizados mundialmente é de origem fóssil, que além de não serem inesgotáveis, emitem grandes quantidades de poluentes (CARVALHHO *et al.* 2012).

Nesse contexto, os biocombustíveis, por serem originados de óleos residuais, tornaram-se uma alternativa viável. Devido a procura por fontes de energia renováveis, o biodiesel aparece de forma satisfatória para redução do consumo de diesel comum, já que pode ser utilizado em motores de combustão interna e é bem aceito ambientalmente, pois as emissões de gases poluentes na atmosfera são substancialmente reduzidas (EMBRAPA, 2015).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2016), o biodiesel pode ser obtido através do processo transesterificação, os triglicerídeos presentes no óleo são

transformados em moléculas menores de ésteres de ácido graxo a partir de um agente transesterificante álcool primário e um catalisador base. Produzindo o éster (depois de purificado vira biodiesel) e a glicerina. O biodiesel, sendo destinado principalmente à aplicação em motores de ignição por compressão, ou seja, ciclo Diesel.

A principal matéria-prima na obtenção de biodiesel são os óleos vegetais extraídos de oleaginosas e gorduras de origem animal (DELATORRE et al, 2011). Óleos e gorduras residuais (OGR), resultantes de processamento doméstico, comercial e industrial, também podem ser utilizados como matéria-prima para a produção de biodiesel.

A reação da matéria-prima pode ocorrer na presença de vários tipos de álcoois de cadeia curta como o metanol, etanol, propanol, butanol e o álcool amílico. O metanol é o álcool mais utilizado pelo seu baixo preço, contudo, o etanol produzido a partir de matérias-primas vegetais, exerce um efeito menos prejudicial sobre o meio ambiente além de ser mais vantajoso para o Brasil, pois o país já é produtor de etanol (SOARES, 2015). Com relação ao catalizador necessário para o processo de transesterificação, atualmente, o hidróxido de sódio (NaOH) é o mais usado nos estudos brasileiros e mundiais, tanto por razões econômicas como pela sua disponibilidade no mercado.

Na produção do biodiesel em reator, acrescenta-se o óleo pré-aquecido junto com o álcool já misturado com o catalizador. A reação de transesterificação deve ocorrer em um ambiente com temperatura controlada além de ser agitada continuamente (STANGE et al, 2013). A reação álcool óleo vegetal não interfere no índice de acidez, mas é um dos principais fatores que influencia a extensão da reação de transesterificação. Após a reação, a massa que deixa o reator é constituída de duas fases, separáveis por decantação e/ou centrifugação. A fase mais densa é composta de glicerina enquanto que a fase leve é constituída de uma mistura de ésteres solúveis. Caso a transesterificação tenha sido incompleta, o biodiesel produzido pode ficar contaminado com glicerol, triglicerídeos e álcool, e a presença desses contaminantes pode ser prejudicial para os motores e para o meio ambiente (MARTINS, 2006).

Deste modo, a automação do processo descrito anteriormente é de relevante importância, visto que a relação entre álcool e óleo devem ser mantidas em valores ou faixas específicas para que a reação possa acontecer com maior rendimento possível. Além disso, a proporção entre as matérias-primas deve ser realizada de forma correta para atender o balanço da reação química. Sendo assim, com a automação da fabricação do biodiesel, pode-se obter benefícios técnicos e econômicos, tais como aumento da produtividade, redução de custos, melhoria da qualidade, maior nível de segurança e supervisão da planta produtiva (PEREIR e VASCONCELOS, 2003).

Arduino, é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* e *software* livre e de placa única, projetada com um microcontrolador Atmel AVR com suporte de entrada/saída embutido, e linguagem de programação padrão, a qual tem origem em Wiring, e é essencialmente C/C++.

Portanto, dada a importância da automação nos sistemas produtivos, o objetivo desse trabalho será de desenvolver o protótipo de um reator em batelada automatizado para a produção de biodiesel utilizando ferramentas que tem custos bem mais reduzidos 5% do valor dos produtos comerciais. Existem no mercado diversos vendedores de pequenas usinas de biodiesel, custos entre 200 e 300 mil reais. Como este trabalho está voltado para parte de produção, e não da qualidade, a produção da planta

será simulada com água, visando a verificação do desempenho operacional para, em atividades futuras, produção real com óleo residual e álcool etílico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do reator em batelada automatizado proposto nesse trabalho foram realizadas as seguintes atividades: montagem da estrutura física, ligação dos circuitos elétricos, especificação e instalação dos sensores e atuadores, implementação física do controlador com Interface-Homem-Máquina (IHM), programação do sistema de controle e testes de verificação funcional do processo simulado de produção de biodiesel. Avaliar os resultados funcionais da operação do sistema de controle, calibração da instrumentação aplicada e, por fim, avaliar a produção de biodiesel do protótipo sugerido.

Na Figura 1 é apresentada a planta em escala reduzida desenvolvida para realização dos testes experimentais deste trabalho. Esta planta é composta por quatro tanques de armazenamento, destinados aos produtos de entradas (álcool mais catalizador; óleo vegetal) e aos produtos de saída (glicerina; biodiesel); um reator tanque batelada de vidro, constituído por tubulações de entrada e saída de produtos, resistência de aquecimento, sensor de temperatura e motor agitador; um módulo de controle automático, formado pelo controlador Arduino NANO, *Liquid Crystal Display* (LCD), botões de comando e elementos de condicionamento de sinal; um sistema de instrumentação dedicado a automação do processo, composto por dois sensores de vazão de entrega, módulo do sensor de temperatura, bombas centrífugas, elementos de interface lógica e circuitos de alimentação elétrica.



Figura 1 – Planta de testes desenvolvida neste trabalho.

Para o corpo do reator utilizou-se um recipiente de vidro, com 16 cm de diâmetro interno e 20 cm de altura, com capacidade de quatro litros. Na parte superior do reator, conforme mostrado na Figura 1, foram fixados: o suporte para do motor que aciona o sistema de agitação; rolamento para introdução do eixo do agitador; conectores das tubulações de matéria-prima. Já na parte inferior do reator foram instalados: o sensor de temperatura e o conector da tubulação de saída de produção.

O aquecimento dos reagentes no reator foi realizado através de processo de condução de calor por imersão de uma resistência de 150 W, sendo inserida pela tampa do reator e fixada com sistema de rosca e vedada com silicone, para que fosse perfeitamente encaixada e evitar qualquer tipo de vazamento devido a dilatação do metal da tampa. Já o sistema de agitação foi realizado através de uma haste metálica cilíndrica com hélice na extremidade acoplada a um motor CC, com velocidade máxima de rotação de 5000 rpm.

O sensor de temperatura utilizado dentro do reator foi um termopar tipo K (range -200 a 1260°C) associado ao módulo de comunicação MAX6675, que é um conversor serial digital com resolução 12-bits para termopar tipo K, realizando, ainda, a compensação de junção fria, a correção de linearidade e a detecção de defeito do elemento sensor. A comunicação do referido módulo com o controlador foi realizada através do protocolo de três fios.

A proporção das matérias-primas no reator de produção é realizada através dos sensores de fluxo nas linhas de entrada do reator, isto é, um sensor para quantificar o volume, em mililitros (Modelo: YF-S401), do álcool mais catalizador, e outro sensor para medição do volume de óleo vegetal. Para inserção das matérias-primas no reator bem como a retirada do produto final, foram utilizadas bombas centrífugas. O controle do processo foi implementado na plataforma Arduino.

Para a interação com os operadores do processo, elaborou-se uma IHM, composta por um LCD com 16 colunas e 2 linhas, para exposição de informação do sistema de controle aplicado na planta, visando informar ao operador do sistema o estado de operação do processo. Para o operador do processo interagir com o sistema de controle, foram utilizadas uma chave geral, botoeiras de acionamento e potenciômetro de controle de velocidade do motor.

Na Figura 2 é apresentada a arquitetura eletrônica do sistema de controle desenvolvido nesse trabalho.

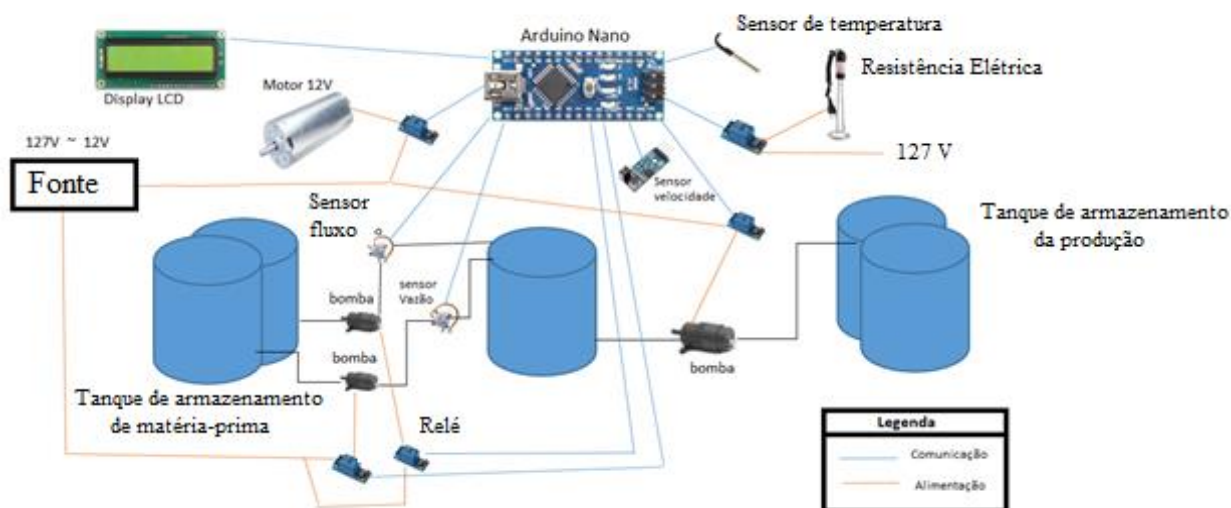


Figura 2 – Arquitetura eletrônica de comunicação e alimentação do sistema.

O sistema de controle aplicado no processo consiste em transferir o líquido dos reservatórios de armazenamento de matéria prima (óleo) e do agente de transesterificação (álcool mais catalizador) para reservatório dentro do reator de batelada, controlar a quantidade na proporção corrente da reação através do medidor de fluxo, controlar a temperatura dentro do reator e controlar a velocidade durante

a reação. Após o período de produção e de decantação das fases, o fluido do reator será transferido para os reservatórios de armazenamento da produção.

A operação básica do sistema de produção seguiu um conjunto de procedimentos indicados em (SILVA, 2014), realizando as seguintes etapas: primeiro o controlador envia o sinal para ligar a bomba 1 (referente ao tanque de óleo pré-aquecido 30°C) de forma a colocar um volume de 3200 ml no reator, o sensor de fluxo associado ao óleo mede a quantidade do fluido; em seguida, a bomba 1 é desligada e bomba 2 é acionada (tanque 2 referente ao etanol com catalizador), de forma a inserir 800 ml, também medido através do sensor de fluxo; com a bomba 2 desligada e os fluidos já transferidos dos tanques de armazenamentos para o reator faz-se o controle de temperatura tipo *on-off* em torno de 45°C; posteriormente é ligado o misturador, sendo possível, para um melhor ajuste, controlar sua velocidade manualmente através da IHM. O misturador ficará ligado por cerca de 20 minutos. A bomba 3 é ligada, a mistura do reator é transferida para o reservatório onde ocorrerá a decantação e o sistema é desligado. Durante a execução de cada etapa, o LCD fica apresentando informações do processo.

O sistema de controle foi projetado para uma vez que iniciado o processo, as operações acontecem de forma sequencial e automática, e, a cada produção, reinicia-se um novo ciclo produtivo. Durante a execução, é possível controlar, manualmente, apenas a velocidade do misturador. O sistema pode ser interrompido a qualquer momento se identificado algum erro, uma vez que seja interrompido é necessário que seja iniciado todo o processo novamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A calibração do sensor de temperatura foi realizada comparando a medição de temperatura informada no display LCD com a medição através do multímetro marca Minipa modelo ET-1649, ambos os sistemas de aquisições compartilharam o mesmo elemento sensor (termopar) inserido no reator. Através dos resultados obtidos, considerou-se a calibração adequada para o sistema produtivo proposto, conforme uma medição específica apresentada na Figura 3 e registro de valores apresentados na Tabela 1. Os dados coletados pelo controlador do sistema foram considerados satisfatório tendo uma faixa de erro em comparação ao multímetro de 2%.

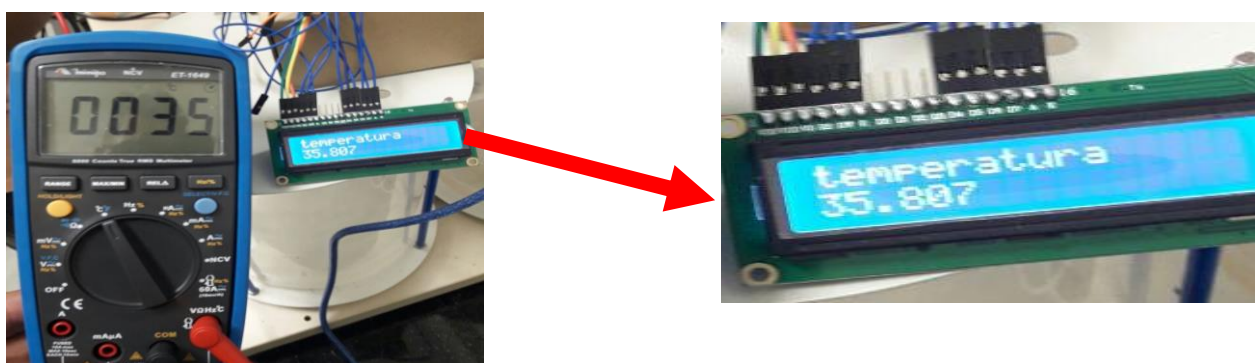


Figura 4 – Calibração do sensor de temperatura.

Tabela 1 – Registro da calibração do sensor de temperatura.

Medição	Temperatura medida pela sistema de controle (°C)	Temperatura indicado no Multímetro (°C)
---------	--	---

1	30.45	30
2	32.83	33
3	35.80	35
4	40.54	40
5	45.76	45
7	50.32	50
8	60.21	59
9	80.10	81

A calibração dos sensores de fluxo foi realizada através de quantidades de volumes específicos de fluido, nesse caso água, após 10 medição, chegando-se ao resultado de 5880 pulsos por litro (tendo um erro de 3%). Cabe ressaltar que ao mudar o tipo do líquido, a relação de pulsos continuará igual, uma vez que o sensor é de fluxo (volume), podendo alterar o tempo para se alcançar 5880 pulsos, assim alterando-se o fluido, muda-se a vazão, que é o volume por tempo.

Após a conclusão do *software* como também das etapas preliminares de instrumentação fez-se vários testes operacionais para verificar e analisar o desempenho do sistema de controle em torno dos valores desejados, bem como a correção da parte da ligação elétrica de vários componentes com mau contato. Os testes iniciais tiveram por finalidade analisar a execução do processo, utilizando, para isso, água como matéria-prima.

Após os testes de conformidade da instrumentação e do controle do sistema produtivo, foram realizados os testes operacionais visando a produção do biodiesel, entretanto, devido à falta de tempo hábil no cronograma semestral para trabalhar com matérias-primas reais, não foi possível, verificar neste trabalho, a viabilidade técnica da produção real de biodiesel. Dessa forma, os testes operacionais foram realizados utilizando água como matéria-prima e avaliação dos resultados foi com base na sequência de procedimentos técnicos de manipulação da matéria-prima com vista a produção do referido biocombustível.

Ao ligar o sistema foi informado ao operador do processo uma mensagem para pressionar o botão de início da operação. Ao realizar tal procedimento, o sistema de controle automático iniciou a entrada da matéria-prima (óleo vegetal), simulada com água, dentro do reator de batelada, correspondente a 3200ml de volume. Em seguida, verificou-se o desligamento da bomba centrífuga referente ao óleo e o ligamento da bomba referente ao agente de transesterificação (álcool mais catalizador), simulado com água, para inserir 800 ml de volume no reator. Então, a resistência elétrica foi acionada para controle da temperatura interna do reator, e ao atingir a temperatura de 45° o agitador foi acionado na velocidade definida pelo operador do sistema, a qual é manipulada através de um potenciômetro na IHM. O tempo da reação, após o ligamento do agitador, foi informado no display da IHM. Após 20 minutos de operação o misturador foi desligado, a bomba 3 foi acionado para retirada do material do reator, com o reator vazio os atuadores foram desligados.

4. CONCLUSÃO E PERSPECTICAS FUTURAS

O reator de baixo custo que foi construído neste trabalho para a produção de biodiesel apresentou um desempenho operacional satisfatório. Quanto ao sistema de aquecimento adotado, verificou-se dinâmica térmica suficiente para aquecer e controlar a reação, uma vez que a instalação da resistência dentro do reator permitiu que a mesma ficasse totalmente em contato com os reagentes, evitando perda de energia ou danos nesse atuador. O fato de o reator ser de vidro contribuiu na manutenção da temperatura desejada, devido a reduzida perda térmica com o ambiente.

Por fim, o protótipo que foi montado, instrumentado e automatizado permitiu realizar a sequência de operação para a reação de transesterificação do biodiesel, conforme os objetivos almejados neste trabalho.

A planta teve um satisfatório desempenho operacional considerando o objetivo do trabalho, a simulação do processo real com água mostrou que todas as etapas da produção real de biodiesel foram realizadas de forma eficaz. A falta de teste de produção de biodiesel foi ocasionada devido ao cronograma semestral reduzido para esta atividade específica.

Os resultados obtidos favorecem ao desenvolvimento de sistemas de baixo custo. Além disto, ficou evidente que a plataforma Arduino, com os componentes projetados para auxiliá-la, foi capaz de controlar e monitorar todo o processo produtivo.

Como perspectivas futuras para este projeto, sugere-se: realizar teste real para produção de biodiesel utilizando a matéria-prima já disponível no IFS Campus Lagarto; implementar no *software* do sistema a função de limpeza automática do reator; implementar o sistema supervisor *open-source* SCADABR, para análise de interface gráfica processo e comando remoto via computador.

5. AGRADECIMENTOS

Quero aqui deixar expressa minha gratidão a todos, colegas e professores que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho. Agradeço, primeiramente, a Deus que, pela sua infinita misericórdia, me propiciou todos os meios para esta formação, e segundo a meus heróis: Joseildo Bispo dos Santos “PAINHO” e Marlene Bispo dos Santos “MAINHA”, sem o apoio deles eu não teria chegado onde estou hoje. E por fim citar os professores que nunca esquecerei, pois marcarão e tenho profundo respeito e admiração; Antônio, Lucas Tenório, Francisco Mendes, Marcos Oliveira, Irai Tadeu e Rodrigo Ribeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP, Biodiesel, 2016.

Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biodiesel>

Acesso: 12 de setembro de 2017.

PEREIRA, A.; VASCONCELOS, C. Uma rápida análise sobre automação industrial 2003.

EMBRAPA, Biodiesel reduz em 70% a emissão de Gases do Efeito Estufa, 2015.

Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2723697/biodiesel-reduz-em-70-a-emissao-de-gases-do-efeito-estufa>

Acesso: 12 de setembro de 2017.

DELATORRE, A. et al. Produção de Biodiesel: Considerações sobre as Diferentes Matérias-Primas e Rotas Tecnológicas de Processos, Perspectivas Online: Ciências Biológicas e da Saúde, v.1, n.1, 2011.

STANGE, A.; ESCAFURA, A.; QUESADA, D.; SILVA, M.; SANTOS, R.; PEREIRA, J. O processo de construção de um reator artesanal para produção de biodiesel. VIII International Conference on Engineering and Computer Education 346, 2013.

BEZERRA, J.; SILVA, K. Óleo residual de frituras: impactos ambientais, educação e sustentabilidade no biodiesel e sabão, 2014.

SILVA, L. C. Processo de produção de biodiesel e análise de parâmetros de qualidade, 2014.

CARVALHO, H. RIBEIRO, A. Biodiesel: vantagens e desvantagens numa comparação com o diesel convencional, Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense v. 2, n. 1, p. 49-53, 2012.

MARTINS, C. Transesterificação de óleos vegetais 2006.

SOARES, L. Produção de biodiesel em reator contínuo irradiado com micro-ondas via transesterificação com catalisador homogêneo, novembro de 2015.

SANTOS, João; VELOSO, Yago; ARAUJO, Paulo; LEITE, Manuela. Controle e monitoramento de uma planta de produção de biodiesel, I Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2015

SILVA FILHO, João. Produção de biodiesel etílico de óleos e gorduras residuais (OGR) em reator químico de baixo custo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, 2010

.