



MANUAL TÉCNICO PARA MONTAGEM DE UMA FERRAMENTA ANALÍTICA BASEADA EM ARDUINO PARA REALIZAÇÃO DE TESTES ANAERÓBIOS

Thales Lacerda Querino de Albuquerque
Wilton Silva Lopes



Universidade Estadual da Paraíba

Profª. Célia Regina Diniz | Reitora

Profª. Ivonildes da Silva Fonseca | Vice-Reitora



Editora da Universidade Estadual da Paraíba

Cidoval Morais de Sousa | Diretor

Conselho Editorial

Alberto Soares de Melo (UEPB)
Antonio Roberto Faustino da Costa (UEPB)
José Etham de Lucena Barbosa (UEPB)
José Luciano Albino Barbosa (UEPB)
Jordeana Davi Pereira (UEPB)
José Tavares de Sousa (UEPB)
Patrícia Cristina de Aragão (UEPB)

Conselho Científico

Afrânio Silva Jardim (UERJ)
Anne Augusta Alencar Leite (UFPB)
Carlos Henrique Salvino Gadêlha Meneses (UEPB)
Carlos Wagner Dias Ferreira (UFRN)
Celso Fernandes Campilongo (USP/ PUC-SP)
Diego Duquelsky (UBA)
Dimitre Braga Soares de Carvalho (UFRN)
Eduardo Ramalho Rabenhorst (UFPB)
Flávio Romero Guimarães (UEPB)
Germano Ramalho (UEPB)
Glauber Salomão Leite (UEPB)
Gonçalo Nicolau Cerqueira Sopas de Mello Bandeira (IPCA/PT)
Gustavo Barbosa Mesquita Batista (UFPB)
Jonas Eduardo Gonzalez Lemos (IFRN)
Jorge Eduardo Douglas Price (UNCOMAHUE/ARG)
Juliana Magalhães Neuwander (UFRJ)
Maria Creusa de Araújo Borges (UFPB)
Pierre Souto Maior Coutinho Amorim (ASCES)
Raffaele de Giorgi (UNISALENTO/IT)
Rodrigo Costa Ferreira (UEPB)
Rosmar Antonni Rodrigues Cavalcanti de Alencar (UFAL)
Vincenzo Carbone (UNINT/IT)
Vincenzo Milittello (UNIPA/IT)



Editora indexada no SciELO desde 2012



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Editora filiada a ABEU

Thales Lacerda Querino de Albuquerque
Wilton Silva Lopes

**MANUAL TÉCNICO PARA MONTAGEM
DE UMA FERRAMENTA ANALÍTICA
BASEADA EM ARDUINO PARA
REALIZAÇÃO DE TESTES ANAERÓBIOS**



Campina Grande - PB | 2021

Copyright © **EDUEPB**

A reprodução não-autorizada desta publicação, por qualquer meio, seja total ou parcial, constitui violação da Lei nº 9.610/98.



Editora da Universidade Estadual da Paraíba

Cidoval Morais de Sousa | *Diretor*

Expediente EDUEPB

Erick Ferreira Cabral | *Design Gráfico e Editoração*
Jefferson Ricardo Lima A. Nunes | *Design Gráfico e Editoração*
Leonardo Ramos Araujo | *Design Gráfico e Editoração*
Elizete Amaral de Medeiros | *Revisão Linguística*
Antonio de Brito Freire | *Revisão Linguística*
Danielle Correia Gomes | *Divulgação*
Gilberto S. Gomes | *Divulgação*
Efigênio Moura | *Comunicação*
Walter Wasconcelos | *Assessoria Técnica*

Depósito legal na Biblioteca Nacional, conforme decreto nº 1.825,
de 20 de dezembro de 1907.

A345m Albuquerque, Thales Lacerda de Quirino de.

Manual Técnico para montagem de uma ferramenta analítica baseada em arduíno para a realização de testes anaeróbicos [Livro eletrônico]. / Thales Lacerda de Quirino de Albuquerque, Wilton Silva Lopes - Campina Grande: EDUEPB 2021.

1900 kb - 64 p.: il.

Referências bibliográficas

ISBN 978-65-86221-59-6 (E-book)

1. Tecnologia (Ciência aplicada). 2. Tecnologias anaeróbica. 3. Arduíno. 4. Biorreatores. 5. Internet das Coisas (IoT). I. Lopes, Wilton Silva. II. Título.

21. ed. CDD 600

Ficha catalográfica elaborada por
Heliane Maria Idalino Silva – CRB-15ª/368

EDITORA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande-PB
CEP 58429-500 | Fone (83) 3315-3381
e-mail: eduepb@setor.uepb.edu.br | <http://eduepb.uepb.edu.br>

SUMÁRIO

Introdução,	7
Construção da ferramenta,	11
Configuração da ferramenta,	29
Software para análise de resultados,	41
Sugestões,	53
Considerações finais,	57
Referências,	61

INTRODUÇÃO



O desenvolvimento de metodologias e ferramentas que envolvem uma gestão ambiental “limpa” é algo imprescindível para o desenvolvimento sustentável. A criação do Sistema de Informação e Gestão Ambiental proporciona melhorias contínuas nos processos de tratamento de água e esgoto, por exemplo, sem agredir a natureza, com custo baixo, integrando equipes para o gerenciamento e monitoramento constante, tudo online o que possibilita mais organização, produtividade e segurança.

O monitoramento online reduz significativamente as demandas de mão de obra para a realização de testes de potencial de metano quando comparado aos métodos tradicionais, otimizando a coleta de dados, organizados na nuvem, facilitando o acesso aos pesquisadores envolvidos, ajudando diretamente a produção científica e tecnológica.

Podemos tirar o máximo proveito da tecnologia moderna para processar e distribuir dados medidos de um módulo da Internet das Coisas (IoT) que é como podemos classificar essa ferramenta analítica, levando em conta que a essência de um dispositivo IoT é, portanto, um chip eletrônico com capacidade

de comunicação com a internet, seja Wi-Fi, BLE (*Bluetooth Low Energy*), LoRa, ZigBee, Arduino e outros padrões.

Para a construção desse instrumento são necessárias algumas etapas essenciais, que serão explicadas nesse manual, que têm como objetivo apresentar um passo a passo para construção de uma ferramenta analítica que realiza testes anaeróbios em lote. Isso inclui a realização de testes de potencial bioquímico de metano (BMP), estudos de biodegradabilidade anaeróbia e ensaios de atividade metanogênica específica (AME). Isso é realizado com fácil acesso à amostragem, análise, registro e geração de relatórios; com a facilidade de monitoramento online através de qualquer dispositivo com acesso à internet (SILVA; MORAES JR; ROCHA, 2016).

Este projeto pode ser de grande interesse a cientistas e engenheiros ambientais, envolvidos em pesquisas de energia renovável e processos de produção de biogás, que buscam um mecanismo eficaz para as empresas e indústrias melhorarem seus processos de produção e meios de controlarem seus aspectos e impactos ambientais.

CONSTRUÇÃO DA
FERRAMENTA



A ferramenta proposta é um dispositivo analítico desenvolvido para medições *online* de baixos fluxos de metano e biogás, produzidos a partir da digestão anaeróbia de qualquer substrato degradável biológico em escala laboratorial.

Para avaliar a implementação e otimização de biotecnologias anaeróbias, são adotadas técnicas analíticas como o teste do Potencial Bioquímico de Metano (BMP) e teste de Atividade Metanogênica Específica (AME). O teste do Potencial Bioquímico de Metano (BMP) monitora o volume do biogás gerado em uma fração de resíduos sólidos urbanos, avaliando a capacidade de biodegradação dos resíduos através da produção total de metano (CH_4).

Os testes, mencionados acima, podem ser realizados através de equipamentos analíticos existentes no mercado, no entanto, o custo de aquisição é alto e muitas vezes se torna inviável. Buscando uma solução de custo acessível, utilizando a plataforma Arduino para informatização da ferramenta, tornando-a um dispositivo analítico de monitoramento *online* em tempo real.

Esta ferramenta permite a realização de ensaios de BMP, biodegradabilidade anaeróbia e AME em tempo real, com amostragem, análise, registro e geração de relatórios totalmente integrados e online.

Para a proteção da ferramenta desenvolvida foram depositadas duas patentes de privilégio de inovação no Instituto Nacional da Propriedade Industrial, são elas:

ALBUQUERQUE, T.L.Q; RAMOS, R.O; LOPES, W.S. Ferramenta Analítica Baseada em Sistema Embarcado para Monitoramento Online de Produção de Biogás em Reatores Anaeróbios. 2020, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do Registro: BR102020025463-4, título: “Ferramenta Analítica Baseada em Sistema Embarcado para Monitoramento Online de Produção de Biogás em Reatores Anaeróbios”. Instituição de registro: INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito: 14/12/2020.

1. ALBUQUERQUE, T.L.Q; RAMOS, R.O; LOPES, W.S. Método Baseado em Medida Eletrônica de Pressão e Temperatura para Monitoramento da Produção de Biogás em Reatores Anaeróbios. 2020, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do Registro: BR102020025574-6, título: “Método Baseado em Medida Eletrônica de Pressão e Temperatura para Monitoramento da Produção de Biogás em Reatores Anaeróbios”. Instituição de registro: INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito: 15/12/2020.
2. A primeira etapa para construção da ferramenta analítica para realização de testes

anaeróbios em lote está relacionada com os componentes físicos e *hardwares* necessários para montagem, itens como incubadora, mesa agitadora, frascos de reação, placa microcontroladora Arduino, e sensores de pressão devem ser interligados e conectados conforme esquema ilustrado na Figura 1.

A segunda etapa, após montagem e conexão dos componentes físicos é configurar a placa microcontroladora Arduino, esta placa realiza a comunicação entre a ferramenta analítica construída e o software para monitoramento *online* dos experimentos, ou seja, a placa Arduino envia para o software dados de pressão obtidos através dos sensores. O código desenvolvido para realizar tal comunicação é apresentado na sobre configuração da ferramenta.

Após concluir as etapas um e dois, os requisitos necessários para construção estão concluídos, no entanto, para monitoramento *online* dos experimentos, uma terceira etapa é necessária, refere-se à solicitação de utilização do software. Esta solicitação deve ser realizada através do envio de um e-mail para o endereço sismonbio@gmail.com, com solicitação de cadastro de novo usuário e permissão de uso ao software SISMONBIO. Todas as informações relacionadas à utilização e acesso *online* ao software são descritas na seção sobre o software.

Para construção da ferramenta analítica, o esquema de conexão entre os componentes físicos e *hardwares* utilizados para estes dispositivos são ilustrados na Figura 1.

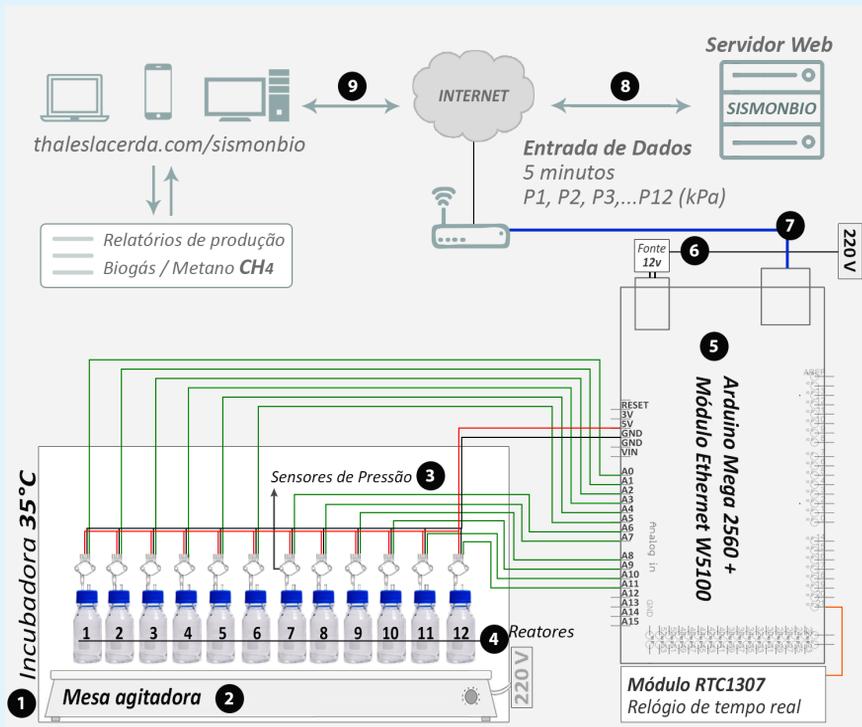


Figura 1 - Esquema de conexão entre dispositivos e hardwares utilizados para construção da ferramenta analítica para realização de testes anaeróbios em lote

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Incubadora

Com relação à temperatura, há consenso na literatura de que testes de biodegradabilidade anaeróbia devam ser feitos na faixa de 30 a 35 °C, para que os microrganismos metanogênicos mesofílicos tenham as melhores condições de crescimento. Alguns pesquisadores utilizam a temperatura de

30 °C (CHERNICHARO, 1997; SOUZA et al., 2005) enquanto outros preferem a temperatura de 35 °C (ALVES et al., 2005; MONTEGGIA, 1997; FDZ-POLANCO, 2005). O experimento é realizado em condições controladas de laboratório para viabilizar a atividade bioquímica máxima de conversão de substratos orgânicos a biogás. Para isso, pode ser utilizado qualquer equipamento que mantenha a temperatura estável no valor desejado, por exemplo, incubadoras.

Mesa agitadora

Sua principal função é agitar as amostras, promover agitação padrão, orbital e homogênea. Durante os testes anaeróbios, mantém o contato da biomassa com o substrato e evita a limitação de transferência de massa do substrato e nutrientes. Sendo assim, é comum incubar os frascos de reação sob agitação constante. Os frascos de reação são acoplados em uma mesa agitadora permitindo que as amostras sejam homogeneizadas de forma automática.

Sensores de pressão MPX5700AP

Antes de aprofundar no sensor de pressão MPX5700AP que faz parte deste objeto de estudo, é necessário para uma melhor compreensão delinear primeiramente o que é um sensor de pressão. De um modo geral, os sensores de pressão convertem a pressão da atmosfera, gás ou líquido a que estão expostos em um sinal elétrico. Existem três tipos diferentes de pressões que podem ser medidas: manométrica, absoluta e diferencial (MARTINS, 2019).

O sensor MPX5700AP é um sensor de pressão de silício integrado de porta única e absoluta em um pacote SIP de 6 pinos. Este transdutor piezo resistivo é um sensor de pressão de silício monolítico de última geração projetado para uma ampla gama de aplicações. Esse transdutor de elemento único patenteado combina técnicas avançadas de microssinagem, metalização de filme fino e processamento bipolar para fornecer um sinal de saída analógico preciso e de alto nível que seja proporcional à pressão aplicada (MORAES, 2016).

Entre suas características, Moraes (2016) destaca:

- Sinal on-chip condicionado, temperatura compensada e calibrada;
- Erro máximo de 2,5% entre 0 °C e 85 °C;
- Idealmente adequado para sistemas baseados em microprocessadores ou microcontroladores;
- Tensão de tensão de cisalhamento de silício patenteada;
- Faixa de pressão de 15KPa a 700KPa;
- Faixa de tensão de alimentação de 4,75 a 5,25 VCC;
- Sensibilidade de 6.4mV / KPa;
- Tempo de resposta de 1 ms;
- Elemento *unibody epoxy* durável;
- Faixa de temperatura de operação de -40 °C a 125 °C.

Um sensor de pressão MPX5700AP é instalado para cada frasco de reação, a conexão deste sensor com a placa Arduino é realizada através de seus pinos de conexão, este sensor possui seis pinos, no entanto, apenas os pinos um, dois e três são utilizados. Os detalhes técnicos deste sensor podem ser visualizados na Figura 2.



Figura 2 - Sensor de pressão MPX e seus pinos de conexão

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Ao conectar este sensor à placa Arduino, utiliza os pinos de alimentação um (V OUT), dois (GROUND) e três (VCC). No sensor, o pino 1 de saída é conectado à placa Arduino através da porta analógica definida, este apresentará variação na sua tensão conforme for a pressão apresentada no reator. Para instalação dos doze sensores de pressão, a seguinte conexão foi definida:

Tabela 1 - Conexão entre sensores de pressão e pinos da placa Arduino

Sensor	Pino 1	Pino 2	Pino 3
Reator 1	Porta analógica A0	GND	VCC
Reator 2	Porta analógica A1	GND	VCC
Reator 3	Porta analógica A2	GND	VCC
Reator 4	Porta analógica A3	GND	VCC
Reator 5	Porta analógica A4	GND	VCC
Reator 6	Porta analógica A5	GND	VCC
Reator 7	Porta analógica A6	GND	VCC
Reator 8	Porta analógica A7	GND	VCC
Reator 9	Porta analógica A8	GND	VCC
Reator 10	Porta analógica A9	GND	VCC
Reator 11	Porta analógica A10	GND	VCC
Reator 12	Porta analógica A11	GND	VCC

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

O pino 2 de ambos os sensores é conectado ao canal GROUND do Arduino e o pino 3 dos sensores é conectado ao canal 5V (Volts) do Arduino. Portanto, cada sensor é conectado a uma saída analógica do microcontrolador, de modo que, a partir do algoritmo implementado e a partir dos valores medidos através dos sensores, eles possam ser visualizados através do acesso ao software SISMOMBIO.

Reatores (1 a 12)

O equipamento construído para realização de testes anaeróbios em lote é constituído por doze frascos de reação tipo duran com tampa rosqueável, possibilitando a realização de testes anaeróbios em duplicata ou triplicata. As tampas dos frascos são adaptadas, permitindo

a instalação de um sensor para leitura da pressão interna no reator, e uma válvula para liberar o biogás acumulado (Figura 3).

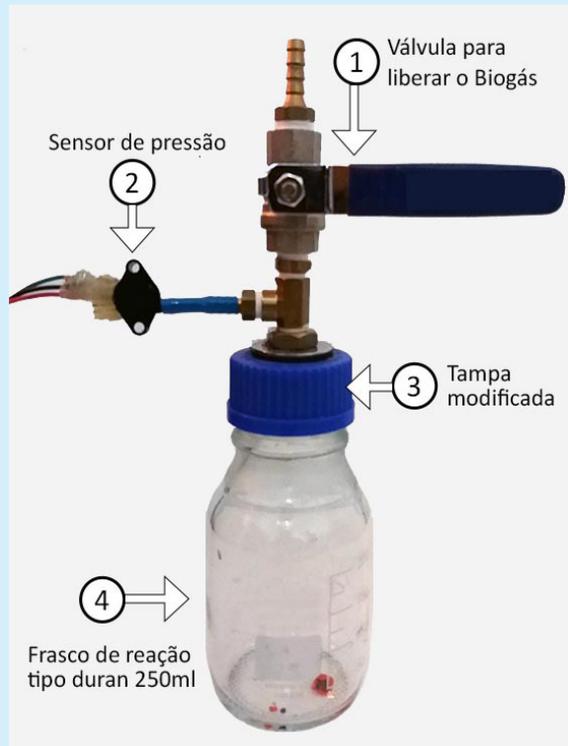


Figura 3 - Frasco de reação com tampa modificada para instalação de sensor de pressão e válvula para liberar biogás acumulado durante o experimento

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Com capacidade volumétrica de 250 mililitros (ml), 200 ml são destinados ao substrato e 50 ml são reservados para o headspace, proposto ao armazenamento do biogás gerado.

Conexão entre placa Arduino Mega 2560 e módulo Ethernet w5100

O Arduino é uma plataforma de código aberto usada para construir projetos de eletrônica. O Arduino consiste de uma placa de circuito físico programável (geralmente chamada de microcontrolador) e um software, ou IDE (*Integrated Development Environment*) que roda em seu computador, usado para escrever e fazer *upload* de código de computador para a placa física (FOLTYNEK, et al. 2019).

A plataforma Arduino tornou-se bastante popular entre as pessoas que estão começando com a eletrônica e por um bom motivo. Ao contrário da maioria das placas de circuito programáveis anteriores, o Arduino não precisa de um *hardware* separado (chamado programador) para carregar um novo código na placa, ou seja, pode-se simplesmente usar um cabo USB. Além disso, o Arduino IDE usa uma versão simplificada do C ++, facilitando o aprendizado do programa. Finalmente, o Arduino fornece um fator de forma padrão que divide as funções do microcontrolador em um pacote mais acessível (CAVALCANTE, et. al. 2014).

O *hardware* e *software* Arduino foi projetado para artistas, *designers*, amadores, *hackers*, novatos e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos. O Arduino pode interagir com botões, LEDs, motores, alto-falantes, unidades de GPS, câmeras, a internet e até mesmo *smartphones* ou TV. Essa flexibilidade combinada com o fato de que o *software* Arduino é gratuito, as placas de *hardware* são muito baratas e tanto o *software* quanto o *hardware* são fáceis de se aprender, levando a uma grande comunidade de usuários que contribuíram com código e lançaram instruções

para uma enorme variedade de projetos baseados em Arduino.

Existem muitas variedades de placas Arduino que podem ser usadas para diferentes propósitos. Vale ressaltar que o Arduino é constituído de uma série de placas denominadas “Família Arduino”, em que cada uma delas possui um conjunto de características próprias que adaptarão ao projeto. Dentre elas, (Arduino UNO R3, Arduino LilyPad, RedBoard, Arduino Mega R3 e Arduino Leonardo), este objeto de estudo abordará especificadamente sobre o modelo Arduino Mega R3, justamente por melhor atender às especificações do projeto de análise e monitoramento de pressão em sistemas de tratamento de esgoto.

O módulo Ethernet W5100 é um chip de interface de rede monolítica multifuncional, integrado internamente a um controlador Ethernet 10/100, que se aplica a um sistema embarcado que é de alta integração, alta estabilidade, alto desempenho, mas de baixo custo. Ao usá-lo, pode-se completar a ligação da internet sem suporte ao sistema operacional. W5100 é compatível com IEEE802.3 10BASE-T e 802.3u100BASE-TX. W5100 é integrado com TCP / IP, MAC, PHY com controle total de hardware. Basta ter uma simples programação de soquete em vez de considerar o controle da Ethernet quando se utiliza o W5100 (ARDUINO, 2019).

A conexão entre estes dois módulos possibilita que a ferramenta analítica realize requisições, de forma online, através da internet. Em cada requisição, são enviados os valores de pressão dos doze reatores, o identificador do sistema monitorado e a data e hora da leitura realizada. Requisições são realizadas para o software SISMONBIO hospedado em um servidor web. Estas são realizadas, a cada cinco minutos, conforme algoritmo armazenado

na placa Arduino, esta configuração de ciclo de medições pode ser alterada modificando o código e reenviando para a placa Arduino.

Conecta-se a placa Arduino Mega ao módulo Ethernet W5100, um sobre o outro utilizando os pinos de conexão disponíveis no módulo, conforme ilustrado na Figura 4. Esta conexão possibilita que os dados obtidos através dos sensores sejam enviados para o software SISMONBIO, hospedando em um servidor web.

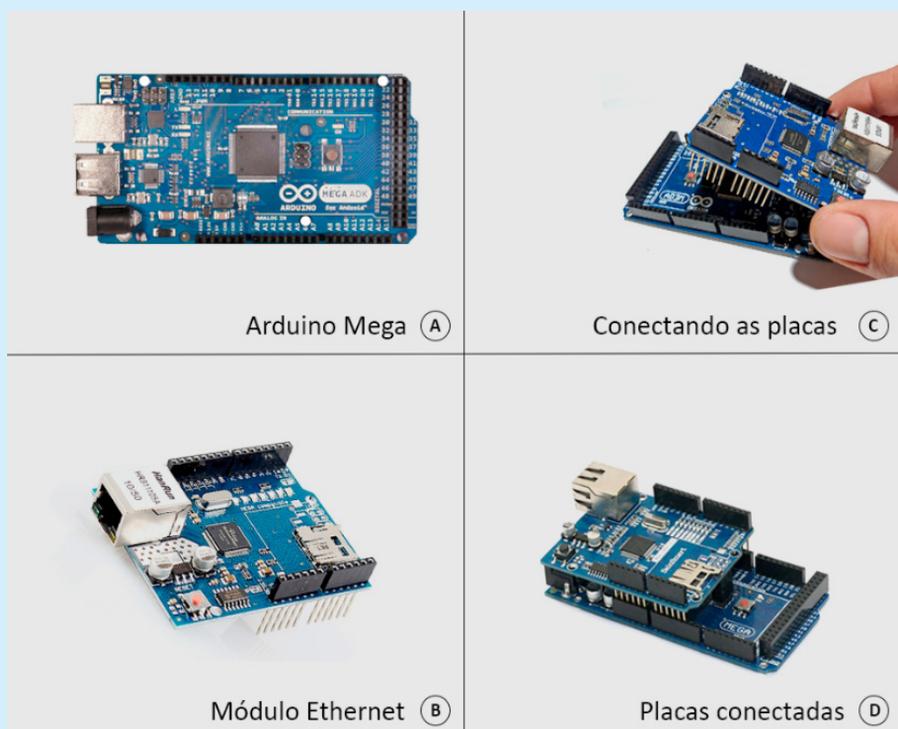


Figura 4 - Conexão placa Arduino ao módulo Ethernet W5100

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Conexão placa Arduino à rede de energia

Esta placa pode funcionar com uma fonte de alimentação externa de 6 a 20 volts. No entanto, se a alimentação for inferior a 7V, o pino 5V pode fornecer menos de cinco volts e a placa pode se mostrar instável. E se a alimentação for maior do que 12V, o regulador de voltagem pode superaquecer e danificar a placa. A faixa recomendada é de 7 a 12 volts.

Conexão módulo Ethernet ao roteador

Esta conexão é realizada através de um cabo de rede do tipo par trançado com conectores RJ-45. Primeiramente, conecta-se uma extremidade do cabo à placa Ethernet, a outra ponta deste cabo deve ser conectada a uma porta LAN disponível no roteador que possui acesso à internet.



Figura 5 - Conexão placa Arduino à rede de energia (A) e conexão módulo Ethernet ao roteador (B)

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Entrada de dados

Após conexões dos dispositivos e conexão com a internet estabelecida, a placa Arduino é programada para enviar, a cada cinco minutos, dados de pressão dos doze reatores para o servidor Web de hospedagem; neste servidor, estão armazenados o software e o banco de dados que compõem o sistema SISMONBIO.

Acesso online ao software

O endereço eletrônico para acesso *online* ao software SISMONBIO é <http://thaleslacerda.com/sismonbio>. Após cadastro e autenticação neste endereço, o usuário está apto a realizar experimentos, o que inclui testes de BMP, estudos de biodegradabilidade anaeróbia e ensaios de atividade metanogênica específica (AME). O acesso pode ser realizado a partir de qualquer dispositivo (*notebooks, tablets, desktops* ou *smartphones*) que disponha de acesso à internet, após autenticação o usuário terá acesso *online* ao software. O software armazena os dados e disponibiliza relatórios de forma integrada e personalizada, com padronização de procedimentos de medição, interpretação de dados e relatórios de forma operacional, amigável e com acesso *online*.

Essa seção descreveu o primeiro passo para construção da ferramenta analítica para realização de testes anaeróbios em lote, em que os componentes físicos, suas conexões e os *hardwares* necessários foram listados e descritos. A Figura 6 mostra uma foto do equipamento construído conforme itens mencionados anteriormente.

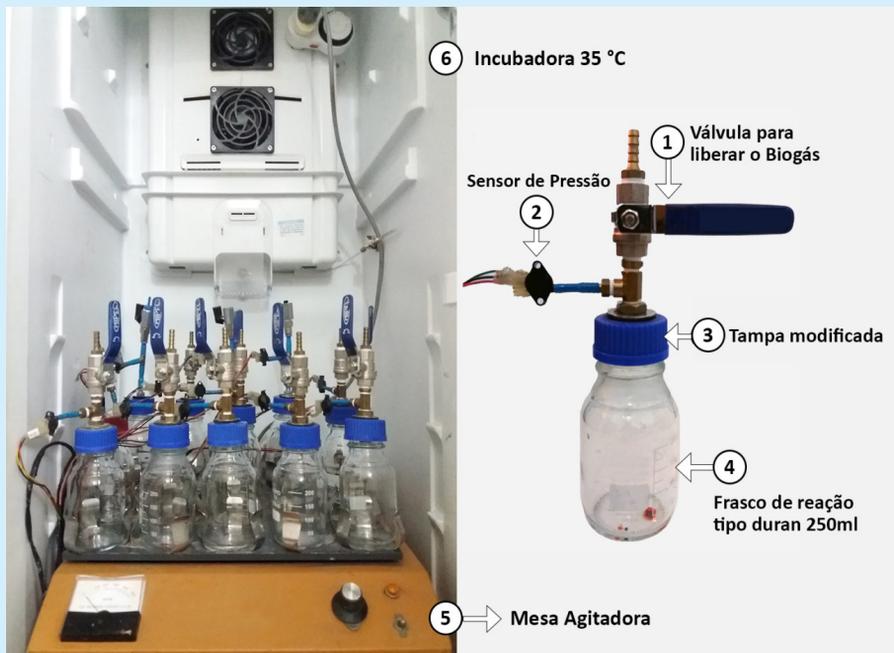


Figura 6 - Foto da ferramenta analítica construída

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Após concluir o procedimento indicado nessa seção, que corresponde à parte física do projeto (conexão e ligação dos componentes e placas), a etapa seguinte é relacionada à parte lógica, referente à implementação do código fonte Arduino e envio para a placa microcontroladora. Este procedimento é descrito em detalhes na seção seguinte.



CONFIGURAÇÃO DA **FERRAMENTA**



Esta seção apresenta o algoritmo do projeto desenvolvido através da IDE do Arduino, que é um aplicativo da plataforma escrito em funções de C e C++, um ambiente de desenvolvimento integrado, usado para gravar e fazer *upload* de programas em placas compatíveis com esta plataforma. Um projeto do Arduino é chamado *sketch*, e pode ser dividido em três partes principais: valores (variáveis e constantes), estruturas e funções. O código foi dividido em partes para melhor compreensão do leitor, no entanto, através da numeração das linhas é possível compreender a sequência do código.

A Figura 7 mostra a parte inicial do algoritmo que corresponde aos valores definidos através de variáveis e constantes do programa.

```

1 #include <SPI.h>
2 #include <SD.h>
3 #include <Ethernet.h>
4 #include <Wire.h>
5 #include "RTClib.h"
6
7 File myFile;
8 RTC_DS1307 RTC;
9
10 byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
11
12 IPAddress ip(192, 168, 241, 245);
13 IPAddress gateway(192, 168, 241, 1);
14 IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);
15 IPAddress myDns(200, 129, 73, 131);
16 EthernetClient client;
17
18 char server[] = "www.thaleslacerda.com";
19 unsigned long lastConnectionTime = 0;
20 const unsigned long postingInterval = 300L * 1000L;
21
22 // MPX5700 pressure sensor (700kPa)
23 int rawValue; // A/D readings
24 int offset = 163; // zero pressure adjust
25 int fullScale = 9630; // max pressure (span) adjust
26 float pressure; // final pressure

```

Figura 7 - Tipos de dados e constantes do código desenvolvido

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Na linha 1 até a linha 5, algumas declarações de *include*, usadas para incluir bibliotecas externas ao sketch. Isso dá acesso a um grande número de bibliotecas padrão da linguagem C (grupos e funções prontas) e, também, bibliotecas escritas especialmente para a linguagem Arduino.

Na linha 7, tem-se a definição de uma variável para trabalhar com arquivos do tipo texto (.txt). Uma variável do tipo RTC (Real Time Clock) é definida na linha oito, isto possibilita obter a hora e data atual. As configurações relacionadas ao módulo Ethernet estão

escritas entre as linhas 10 e 16 e devem ser definidas de acordo com a conexão de internet do local onde o equipamento será instalado.

Finalizando, entre as linhas 23 e 26, estão os valores de variáveis utilizados no cálculo da pressão implementado através da função `getPressao`.

Na parte da estrutura, todo código criado para o Arduino deve obrigatoriamente possuir duas funções: `setup` e `loop`. A função `setup` é chamada quando um sketch inicia. Usada para iniciar variáveis, configurar o modo dos pinos e inicializar as bibliotecas, esta função será executada apenas uma vez, após a placa ser alimentada ou acontecer um reset.

```
28 void setup()
29 {
30   Serial.begin(9600);
31   Wire.begin();
32   RTC.begin();
33
34   if (!RTC.isrunning()) {
35     Serial.println("RTC is NOT running!");
36   }
37   if (!SD.begin(4)) {
38     Serial.println("Falha na inicialização do cartão SD");
39   }
40   delay(1000);
41   Ethernet.begin(mac, ip, myDns, gateway, subnet);
42 }
43
44 void loop()
45 {
46   if (client.available()) {
47     char c = client.read();
48     Serial.write(c);
49   }
50   if (millis() - lastConnectionTime > postingInterval) {
51     httpRequest();
52   }
53 }
```

Figura 8 - Função `setup` e `loop`

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

A função `setup` escrita conforme mostrada na Figura 8, entre as linhas 28 e 42, inicializa as bibliotecas `RTC` (utilizada para obter data e hora em tempo real) e `Ethernet`, para obter conexão com a internet para envio dos dados de forma *online*. A função `loop` verifica se existe conexão com a internet, em caso de sucesso, verifica se passaram cinco minutos desde sua última conexão, conecta-se novamente e envia os dados, através da função `HttpRequest`.

O código implementado, na placa Arduino, é escrito com o propósito de ler os valores de pressão dos doze reatores e enviar, a cada cinco minutos, os dados através de uma requisição `GET` para o software `SISMONBIO`. O código que realiza esta requisição pode ser visualizado na Figura 9, entre as linhas 65 e 88.

```

65 // this method makes a HTTP connection to the server:
66 void httpRequest() {
67     client.stop();
68     if (client.connect(server, 80)) {
69         String getUrl = "";
70         getUrl += "?id_sis=1";
71         getUrl += "&p1=" + String(getPressao(0)) + "&p2=" + String(getPressao(1));
72         getUrl += "&p3=" + String(getPressao(2)) + "&p4=" + String(getPressao(3));
73         getUrl += "&p5=" + String(getPressao(4)) + "&p6=" + String(getPressao(5));
74         getUrl += "&p7=" + String(getPressao(6)) + "&p8=" + String(getPressao(7));
75         getUrl += "&p9=" + String(getPressao(8)) + "&p10=" + String(getPressao(9));
76         getUrl += "&p11=" + String(getPressao(10)) + "&p12=" + String(getPressao(11));
77         client.println("GET /sisonbio/arduino.php" + getUrl + " HTTP/1.1");
78         client.println("Host: www.thaleslacerda.com");
79         client.println("User-Agent: arduino-ethernet");
80         client.println("Connection: close");
81         client.println();
82         lastConnectionTime = millis();
83     } else {
84         Serial.println("connection failed...Saving the data in the sd card");
85         salvaSD();
86         delay(300000);
87     }
88 }
89
90 /*
91  * Returns the pressure obtained through the MPX5700AP sensor
92  * Param: SensorPort (Analog port of verified sensor)
93  */
94 float getPressao(int SensorPort)
95 {
96     rawValue = 0;
97     for (int x = 0; x < 10; x++)
98         rawValue = rawValue + analogRead(SensorPort);
99     pressure = (rawValue - offset) * 700.0 / (fullScale - offset);
100     return pressure;
101 }
102

```

Figura 9 – Função httpRequest realiza requisição http através do método GET e função getPressao que retorna a pressão obtida através do sensor MPX5700AP
Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Ainda em relação à função `HttpRequest`, na linha 70, define-se o identificador do sistema através do parâmetro (`id_sis`). Este identificador corresponde ao código obtido pelo usuário após solicitação de utilização enviada ao administrador do software, o procedimento a ser realizado para solicitação de acesso é detalhado na seção sobre software para análise dos resultados neste manual.

Entre as linhas 71 e 76, a `url` é escrita com passagem dos parâmetros (`p1`, `p2`, `p3`, ..., `p12`) relacionados aos sensores de pressão, estes valores são obtidos com a chamada da função `getPressao`. Entre as linhas 77 e 80, é estabelecida a conexão com o servidor web e os parâmetros são enviados para a `url` definida. Caso seja retornado algum problema de conexão com a internet, uma mensagem é exibida através do monitor serial e os valores de pressão são armazenados no cartão de memória, evitando que os dados sejam perdidos.

Ainda relacionada à Figura 9, a função `getPressao`, definida entre as linhas 94 e 101, recebe como parâmetro a porta analógica a qual o sensor é conectado, converte o valor obtido em Kilopascal (kPa) e retorna este dado.

A Figura 10 traz algumas funções complementares. A função denominada zero verifica se um número é menor que dez, quando verdade, acrescenta o numeral 0 antes deste número. A função `getDataHora` retorna data e hora no formato estabelecido e a função `getData` retorna apenas a data atual.

```

102
103 // Check if the number is less than ten, and if it is, add 0 before
104 String zero(int n)
105 {
106     int num = n < 10 ? "0" + String(n) : String(n);
107     return num;
108 }
109
110 // Returns date and time in format dd-mm-YYYY hh:mm:ss
111 String getDataHora()
112 {
113     DateTime now = RTC.now();
114     String data = zero(now.day()) + "/" + zero(now.month()) + "/" + now.year() + " ";
115     data += zero(now.hour()) + ":" + zero(now.minute()) + ":" + zero(now.second());
116     return data;
117 }
118
119 // Returns date in format dd-mm-YYYY
120 String getData()
121 {
122     DateTime now = RTC.now();
123     String data = zero(now.day()) + zero(now.month()) + now.year();
124     return data;
125 }
126

```

Figura 10 - Funções complementares

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Finalizando o sketch, a Figura 11 mostra o código implementado através da função *salvaSD*. Esta função tem como objetivo principal salvar os dados em um arquivo de texto armazenado em um cartão de memória introduzido no módulo Ethernet W5100, o mesmo formato salvo no servidor web é utilizado para armazenamento local; portanto, cada registro é constituído por data, hora, e valores de pressão de doze reatores.

```

128 // Saves pressure data to a TXT file on the SD card
129 void salvaSD()
130 {
131     String arquivo = getData() + ".txt";
132     myFile = SD.open(arquivo, FILE_WRITE);
133     String dados = getDataHora() + ";";
134     dados += getPressao(0) + ";" + getPressao(1) + ";" + getPressao(2) + ";"
135     dados += getPressao(3) + ";" + getPressao(4) + ";" + getPressao(5) + ";"
136     dados += getPressao(6) + ";" + getPressao(7) + ";" + getPressao(8) + ";"
137     dados += getPressao(9) + ";" + getPressao(10) + ";" + getPressao(11) + ";";
138
139     if (myFile) {
140         myFile.println(dados);
141         myFile.close();
142     } else {
143         Serial.println("error opening " + arquivo);
144     }
145     // re-open the file for reading:
146     myFile = SD.open(arquivo);
147     if (myFile) {
148         Serial.println(arquivo);
149         while (myFile.available()) {
150             Serial.write(myFile.read());
151         }
152         myFile.close();
153     } else {
154         Serial.println("error opening " + arquivo);
155     }
156 }

```

Figura 11 - Função criada para armazenamento dos dados localmente no cartão de memória

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

O arquivo referente a este projeto pode ser baixado para seu computador local através do endereço eletrônico <http://thaleslacerda.com/sismonbio/download>. Após download, realize as modificações necessárias e realize o envio do arquivo para sua placa Ardiomp. Para fazer o envio (upload) de um sketch para uma placa Arduino, siga as instruções a seguir:

- Conecte seu Arduino usando o cabo USB;
- Escolha Ferramentas → Placa → Arduino Mega - para encontrar sua placa no menu Arduino;

- Escolha a porta serial correta para sua placa;
- Clique no botão *Upload*.

Ao realizar o envio com sucesso do sketch para a placa Arduino, a ferramenta analítica está pronta para iniciar e realizar experimentos. Após concluir a etapa de desenvolvimento e envio do sketch e a etapa de montagem de componentes e hardwares necessários, a placa Arduino está programada e configurada para se comunicar com o software SISMONBIO.

SOFTWARE PARA
ANÁLISE DE RESULTADOS



SISMONBIO (Sistema de Monitoramento *On-line* de Biorreatores) é o nome do software utilizado para monitoramento *online* de biorreatores. Este software possibilita aos seus usuários que realizem análises dos dados e resultados dos experimentos realizados através da ferramenta analítica para realização de testes anaeróbios em lote.

O software foi registrado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial, como ALBUQUERQUE, T.L.Q; RAMOS, R.O; LOPES, W.S. Sistema de Monitoramento *On-line* de Biorreatores (SISMOBIO). 2020, Brasil. Patente: Programa de Computador. Número do Registro: BR512020002858-6. Linguagem: HTML; JAVA SCRIPT; PHP. Campo de aplicação: BL-04; EN-02; EN-03; EN-04; SM-01; SM-02; SM-05. Tipo de programa: IT-04. Expedido: 22/12/2020. O registro é válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 20/02/2020, em conformidade com o § 2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de fevereiro de 1998.

Para acessar o software, primeiramente o operador da ferramenta construída deverá enviar uma solicitação de uso para o endereço eletrônico

sismonbio@gmail.com, com solicitação de cadastro de novo usuário e permissão de uso ao software.

Após obter dados de acesso, considera-se que a ferramenta analítica construída está configurada e conectada com o software SISMONBIO. O endereço eletrônico para acessar o software, que permite realizar experimentos e analisar os dados da ferramenta construída é <http://thaleslacerda.com/sismonbio/> e deve ser realizado através de qualquer navegador de internet de sua preferência.

O software possui algumas funcionalidades, que estão relacionadas aos experimentos, como listagem e modo de exibição dos dados e disponibilização de gráficos. Os usuários podem acessar a página de experimentos através do menu principal do SISMONBIO (Configurações/Experimentos). Nesta página, são listados todos os experimentos vinculados ao usuário conectado. Algumas opções são disponibilizadas, os experimentos podem ser iniciados, encerrados, ou transferidos para seu computador local através da opção *download*.

A Figura 12 mostra a tela principal do software SISMONBIO que exibe o status (iniciado ou finalizado), data de início, data de encerramento e usuário responsável para cada experimento criado. Na última coluna desta listagem, denominada “Ação”, o usuário pode fazer o *download*, apagar ou encerrar um experimento, para executar alguma destas ações é necessário clicar sobre a ação desejada e confirmar a operação.

Home | Teste BMP Sistemas ▾ Gráficos ▾ Configurações ▾ Sair

Olá, Thales

[Home](#) / [Sistemas](#) / [Teste BMP \(Thales Lacerda\)](#) / [Configurações](#) / [Experimentos](#)

Experimentos (8)

[Iniciar novo experimento](#)

Status	Data início	Data final	Usuário	Ação
Iniciado	28.05.2020 22:57		Thales Lacerda	Deletar Download Encerrar
Finalizado	13.01.2020 15:08	24.02.2020 09:15	Timóteo Ferreira	Deletar Download
Finalizado	06.01.2020 22:12	13.01.2020 11:43	Timóteo Ferreira	Deletar Download
Finalizado	06.01.2020 12:07	06.01.2020 22:11	Thales Lacerda	Deletar Download
Finalizado	18.02.2019 10:39	27.05.2019 08:40	Wliza Silva Lopes	Deletar Download
Finalizado	19.12.2018 00:09	04.02.2019 16:40	Tales Tavares	Deletar Download
Finalizado	10.10.2018 11:01	20.11.2018 23:59	Tales Tavares	Deletar Download
Finalizado	03.09.2018 00:00	10.10.2018 11:00	Tales Tavares	Deletar Download

Figura 12 - Página de experimentos do software SISMONBIO

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Após obter acesso ao software, o operador precisa acessar o software através das credenciais obtidas por meio do administrador do sistema e endereço de acesso. Após digitar seu nome de usuário e senha, o usuário é direcionado para a página principal do software; nesta página, são exibidos os valores mais recentes obtidos do seu experimento, no entanto, ao acessar pela primeira vez, o usuário deve iniciar um novo experimento através do acesso ao menu principal (Configurações/Experimentos) e clicar sobre o botão Iniciar novo experimento, confirme a ação e seu experimento está iniciado e os dados começam a ser coletados, a partir deste momento, os dados são obtidos com intervalo de atualização de cinco minutos.

O software possibilita que apenas um experimento seja executado individualmente. Para iniciar um novo experimento, você deve encerrar o experimento que não foi finalizado. Caso haja tentativa de iniciar dois experimentos ao mesmo tempo, uma mensagem de erro é exibida, informando que já existe um experimento em andamento. Certifique-se de encerrar o experimento após concluir sua análise.

Ao concluir sua pesquisa, ou seu teste anaeróbio em lote, você deve “informar” ao software que o experimento foi finalizado. Esta ação deve ser realizada através do menu principal (Configurações/ Experimentos). Uma listagem com todos os experimentos vinculados ao seu usuário é exibida, escolha qual experimento deseja finalizar e clique sobre o botão Encerrar localizado abaixo da coluna “Ação” na tabela de listagem de experimentos. Confirme a operação e seu experimento será finalizado.

O software possibilita que os dados sejam importados da ferramenta para seu computador pessoal; com acesso ao software, esta ação pode ser realizada a qualquer momento, ou seja, durante todo o experimento ou após concluí-lo. O software armazena em seu banco de dados todas as informações de cada experimento, estas informações podem ser acessadas através do menu principal (Configurações/ Experimentos). Escolha o experimento e clique sobre o botão *Download* para importar os dados para seu computador; após importar estas informações, você pode trabalhar os dados em um editor de planilhas eletrônicas de sua preferência.

A página listar dados sempre é exibida para o usuário, após entrar com seu nome de usuário e senha, ou seja, esta é a “página principal” do software

SISMONBIO. Nesta página, os valores de pressão são exibidos para cada um dos doze reatores, estes valores são exibidos em formato kPa com intervalo de atualização de cinco minutos entre as leituras, nesta tela é possível selecionar uma data para filtrar os valores de acordo com a data escolhida.

Data / Hora	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
05.02.2020 23:56	109,8	129,84	143,96	155,05	109,21	108,62	113,87	129,99	167,4	128,58	119,93	106,48
05.02.2020 23:51	109,88	128,51	143,96	155,94	109,21	108,55	114,39	129,91	168,96	134,79	117,71	106,77
05.02.2020 23:46	109,65	124	143,89	250,36	109,21	108,62	116,16	130,58	168,96	122,3	117,42	106,7
05.02.2020 23:41	109,8	129,54	143,67	148,55	109,14	108,62	116,01	130,14	173,54	121,26	119,93	106,7
05.02.2020 23:36	109,65	128,21	142,56	154,61	109,21	108,69	115,64	129,91	174,72	121,04	120,01	106,55
05.02.2020 23:30	109,73	128,29	142,56	154,61	109,43	108,47	115,2	129,91	174,87	128,21	120,01	106,55
05.02.2020 23:25	109,73	128,14	142,63	154,83	109,21	108,62	115,72	129,91	174,72	132,13	119,93	106,48
05.02.2020 23:20	109,95	129,99	142,56	154,39	109,21	108,55	116,75	130,14	174,35	114,68	119,71	106,84
05.02.2020 23:15	109,88	130,06	142,48	143,45	109,21	108,77	116,46	138,57	174,57	120,38	118,82	106,55
05.02.2020 23:10	109,88	129,25	142,48	399,13	109,21	108,47	116,83	139,23	174,72	126,88	118,9	106,62
05.02.2020 22:55	109,58	127,99	143,67	150,1	109,14	108,55	114,46	129,99	171,69	125,55	119,56	106,33
05.02.2020 22:50	109,73	123,26	143,45	145,81	109,14	108,77	117,34	131,32	169,84	116,09	119,34	106,77
05.02.2020 22:45	109,73	124	143,22	149,07	109,21	108,69	114,61	132,06	174,43	134,72	118,75	106,25
05.02.2020 22:29	109,58	126,14	143,89	151,28	109,21	108,62	113,65	129,25	171,99	120,45	118,16	106,25

Figura 13 - Página principal do software SISMONBIO para listagem dos dados

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

A Figura 13 mostra uma tela de listagem de dados referente a um experimento realizado pelo usuário Timóteo, durante o mês de fevereiro de 2020. É possível observar, ao lado superior direito desta tela, que existe uma opção para filtrar os dados, clique sobre a caixa de texto para escolher uma data, e as informações relacionadas serão listadas.

Ao realizar um experimento através da ferramenta analítica Teste BMP, o usuário pode configurar cada reator conforme seu experimento, as opções de configurações são: gramas por litro de Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Totais (ST), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Demanda Química de Oxigênio (DQO), porcentagem de metano e volume do headspace, que é o espaço entre o lodo e a tampa do frasco. Ao iniciar um experimento, configurar valores do experimento é opcional, porém ao serem definidos pelo usuário através desta funcionalidade, os gráficos de volume e produção de biogás e metano podem ser gerados e visualizados instantaneamente.

O acesso a esta página de configurações de biorreator deve ser realizado através do menu principal (Configurações/Biorreator), uma cópia desta página é exibida na Figura 14.

A imagem mostra a interface de usuário do software 'Teste BMP' para configurar um biorreator. No topo, há um menu de navegação com 'Home | Teste BMP', 'Sistemas', 'Gráficos', 'Configurações' e 'Sair'. Abaixo, uma barra de boas-vindas diz 'Olá, Wilza'. O caminho de navegação é 'Home / Sistemas / Teste BMP / Configurações / Biorreator'. O título da seção é 'Configurações de Biorreator'. O formulário contém os seguintes campos:

Parâmetro	Valor	Unidade
Experimento	18.02.2019	
Reator	R1	
STV	58	g/L
ST	0	g/L
SSV	0	g/L
DQO	0.435	g/L
Metano (CH4)	60	%
HEAD Space	50	mL

Um botão azul 'Salvar' está localizado na base do formulário.

Figura 14 – Página do software referente às configurações de biorreatores e experimentos

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Defina os parâmetros solicitados de acordo com seu experimento e clique sobre o botão Salvar. Após concluir estas configurações, algumas opções de visualização de dados em formato gráfico serão disponibilizadas.

Os usuários podem gerar gráficos de pressão para auxiliar na visualização dos resultados e podem ser do tipo pressão a cada hora, pressão a cada 12 horas, pressão por dia e pressão acumulada. A Figura 15 apresenta um modelo de gráfico de pressão do por dia, em que os valores são agrupados a cada vinte e quatro horas. Nesta tela, é possível selecionar o experimento no qual se deseja visualizar o gráfico.

Os valores são calculados a partir das médias de pressão dos registros obtidos no banco de dados para cada reator. O decaimento da pressão no gráfico indica a abertura da válvula para liberar o biogás acumulado no reator selecionado. Este decaimento só é possível de ser visualizado em gráficos de pressão do tipo: pressão por hora, pressão a cada 12 horas e pressão por dia. Nos gráficos de volume e pressão acumulada, os valores são calculados de forma acumulativa durante todo o período do experimento.

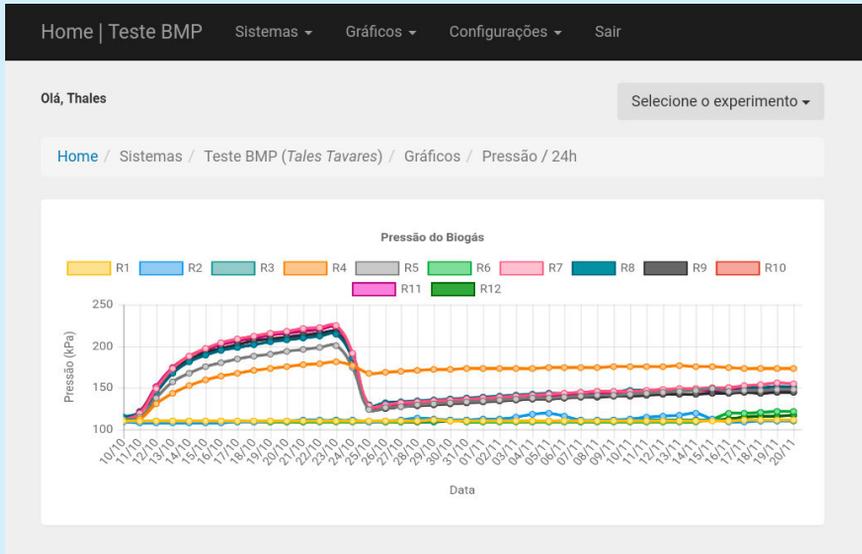


Figura 15 - Gráfico de pressão a cada 24 horas

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

De acordo com Holliger, Alves, et al. (2016), ao utilizar o método manométrico para medir a produção de metano, a pressão no frasco de análise não deve exceder 300 kPa para evitar a dissolução excessiva de CO_2 e acidentes por explosão. No entanto, para este experimento, foi definido que ao atingir valores próximos a 200 kPa o biogás acumulado deve ser liberado. Conforme gráfico exibido, na Figura 15, é possível observar que o biogás foi liberado em alguns reatores no dia 24-10 após atingir valores próximos ao estabelecido.

O software possui a funcionalidade de gerar gráficos de volume no qual, é possível visualizar o volume acumulado de: biogás, biogás por gramas de STV, biogás por gramas de DQO, metano, metano

por gramas de STV e metano por gramas de DQO. A seguir, na Figura 16, é apresentado um gráfico de volume de biogás acumulado.

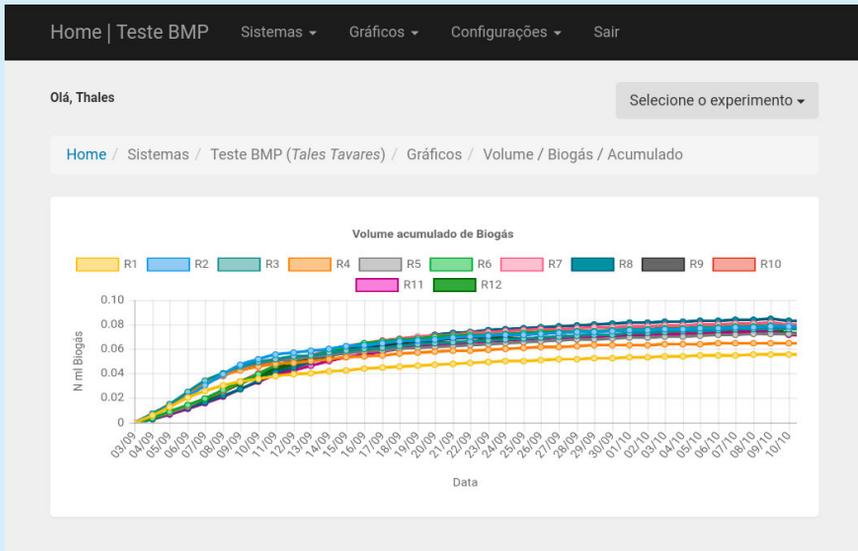


Figura 16 - Gráfico do tipo volume de biogás acumulado

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

O gráfico de volume apresentado na figura 16 exhibe o resultado de um experimento realizado por um dos usuários, através da ferramenta analítica construída nesta pesquisa para realização de testes anaeróbios em lote.

Ainda é possível visualizar, através de gráficos, a produção média diária de: biogás, biogás por gramas de STV, biogás por gramas de DQO, metano, metano por gramas de STV e metano por gramas de DQO. A seguir, na Figura 17, é apresentado um gráfico de produção média diária de biogás.

Olá, Thales

Selecione o experimento ▾

Home / Sistemas / Teste BMP (Wilza Silva Lopes) / Gráficos / Produção diária de Biogás

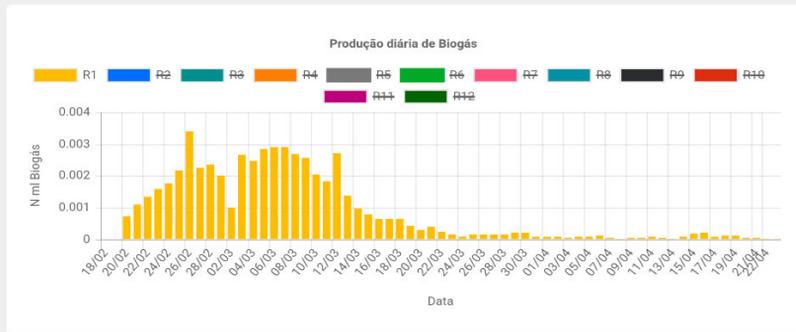


Figura 17 - Gráfico de produção média diária de biogás

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Nessa tela, é possível selecionar o experimento no qual se deseja visualizar o gráfico, como também a visualização de cada reator pode estar visível ou oculta de acordo com clique do mouse sobre o retângulo que identifica cada reator.

SUGESTÕES



Este tópico propõe algumas ideias que podem ser adotadas para melhoria do projeto desenvolvido neste manual.

Como proposta para uma primeira melhora seria expandir as funcionalidades para permitir que a liberação do biogás dos reatores através da ferramenta analítica possa ser realizada de forma automatizada. Para tal, é necessária a instalação de uma válvula solenoide em cada reator. Após instalação da válvula, torna-se necessário programar a placa Arduino, bem como desenvolver uma nova função, criando a funcionalidade para liberar o gás de forma automática, tarefa esta que poderia ser realizada através do software de monitoramento *online*, tornando a ferramenta totalmente automatizada.

O problema neste sentido seria a geração de custo extra, que para este projeto seria inviável no momento, porém ressalta-se que esta melhoria ajudaria na gerência e monitoramento *online*, ficando como proposta para projetos futuros.

Outra proposta seria adicionar aos sistemas monitorados um módulo denominado Arduino GSM GPRS, em que este sistema permitiria realizar chamadas

telefônicas e envio de mensagens de texto (SMS) de forma automática, após configuração e programação.

Com esta tecnologia, será possível enviar alertas informando o estado de um sensor ou sistema. Para biorreatores anaeróbios de membrana, alertas poderiam ser enviados caso a pressão transmembrana chegasse a um valor maior que o desejado, indicando a necessidade de manutenção da membrana, evitando problemas futuros no sistema de tratamento. Para a ferramenta analítica Teste BMP, alertas poderiam ser enviados caso a pressão em um reator ultrapasse o valor limite de 200 kPa, valor estabelecido nesta pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS



O foco principal deste manual foi detalhar o procedimento realizado para construção da ferramenta analítica para realização de testes anaeróbios em lote, utilizando o software SISMONBIO que é capaz de fornecer subsídios de gerenciamento e monitoramento *online* de biorreatores, com foco em testes BMP (Potencial Bioquímico de Metano) e AME (Atividade Metanogênica Específica).

Através da determinação de testes de AME (Atividade Metanogênica Específica) e BMP (Potencial Bioquímico de Metano) juntamente com a construção de um equipamento capaz de realizar testes anaeróbios em lote, foi possível proporcionar a professores e alunos um conjunto específico de *hardware* e *software* de custo baixo capaz de monitorar tais ações.

Através do SISMONBIO, produto deste objeto de estudo, é possível monitorar testes anaeróbios em lote de forma *online*, ou seja, não é mais necessária a presença do técnico no local, além do *software* permitir a realização de testes através de parâmetros de configuração, relatando a amostra dos resultados, ajudando a técnicos e alunos na compreensão dos resultados e controle de biogás.

Ressalta-se também que este objeto de estudo buscou, durante sua compreensão e empregabilidade, destacar possíveis processos de melhorias para analisar e empregar novas ferramentas (*hardware* e *software*) proporcionando maior aplicabilidade aos processos de monitoramento, porém a um certo custo que para esta proposta ficou inviável financeiramente.

Destacam-se ainda a importância e compreensão dos processos que envolvem uma gestão ambiental “limpa”, voltada para uma tecnologia verde, ou seja, Sistemas de Informação Ambiental de Gestão, proporcionando às empresas projetos de melhoria contínua nos processos de tratamento de água e esgoto (no caso deste objeto de estudo) sem agredir a natureza, com custo baixo, integrando equipes para o gerenciamento e monitoramento, além de proporcionar uma constante “vigília” *online*.

REFERÊNCIAS



ARDUINO, CC. **What is Arduino?** (2019) Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>. Acesso em: 25 mar. 2019.

CAVALCANTE, Michele M.; SILVA, João Lucas; VIANA, Esdriane C.; DANTAS, Jamilson R. **A Plataforma Arduino para fins didáticos: Estudo de caso com recolhimento de dados a partir do PLX-DAQ.** Departamento de Engenharia Elétrica – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia – Paulo Afonso-BA – 2014. Disponível em: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wei/2014/0037.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2019.

FOLTYNEK, P; BABIUCH, M; SURANEK, P. Measurement and data processing from Internet of Things modules by dual-core application using ESP32 board. **Measurement and Control**, vol. 52(7-8) 970-984, 2019.

HOLLIGER, C. et al. Towards a standardization of biomethane potential tests. **Water Science & Technology**, 2016.

MARTINS, Leonardo de Lucena. **Desenvolvimento de um regulador de pressão microprocessado.** Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo. 2012. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11_143/tde-14092012-160419/publico/Leonardo_de_Lucena_Martins_revisada.pdf. Acesso em: 03 abr. 2019.

MORAES, Diogo Luiz. **Desenvolvimento de um sistema de controle e medição de vazão para bombas peristálticas.** Universidade Federal de Ouro Preto – UPOP: Colegiado de Engenharia e Controle e Automação – CECAU – Ouro Preto-MG – 2016. Disponível em: http://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/277/1/MONOGRAFIA_DesenvolvimendoSistemaControle.pdf. Acesso em: 03 abr. 2019.

SILVA, G. A.; MORAIS JUNIOR, J. A.; ROCHA, E. R. **Proposta de procedimento operacional padrão para o teste do Potencial Bioquímico do Metano aplicado a resíduos sólidos urbanos.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n. 1, p.11-16, mar. 2016.

Sobre o livro

Revisão Linguística e Normalização | Elizete Amaral de Medeiros

Design da capa | Jéfferson Ricardo Lima Araujo Nunes

Projeto Gráfico e Editoração | Jéfferson Ricardo Lima Araujo Nunes

Tipologia Utilizada | Nunito Sans 12/ 14 pt

Este manual pode ser de grande interesse a cientistas e engenheiros ambientais, envolvidos em pesquisas de energia renovável e processos de produção de biogás, que buscam um mecanismo eficaz para as empresas e indústrias melhorarem seus processos de produção e meios de controlarem seus aspectos e impactos ambientais.

ISBN 978-65-86221-59-6



 **eduepb**