

Bomba de Infusão Peristáltica

EB EMH2 2022.1

Manual de Operação

Modelo EB EMH2 2022.1

Versão 1.0

Alunos : Breno, Erick, João, Juliana, Jullyo, Luana, Talita, Tatianne, Thifany, Vitória

Professora: Marilú Gomes.



Visão Geral

1. Vista Frontal
2. Vista Lateral
3. Vista Traseira



EB EMH2 2022.1

*Projeto Referente à disciplina de Equipamentos Médicos Hospitalares 2, ministrada pela Profa
Dra Marilú Gomes no Departamento de Engenharia Biomédica da
Universidade Federal de Pernambuco.*



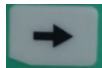
Definições de Símbolos



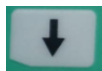
Botão de ligar o Equipamento.



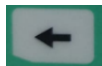
Botão de desligar o Equipamento.



Botão de Menu.



Botão de Configuração de modo KVO.



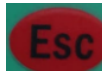
Parar Infusão.



Pausar Infusão.



Botão de confirmação dos dados inseridos (SIM)



Botão de confirmação dos dados inseridos (NÃO)



(Modo A) - Pede vazão (ml/h). $Vazão(ml/h) \times Volume(ml)$. Calcula o tempo(h:min) da infusão e velocidade correspondente do motor.



(Modo B) - Pede tempo (h:min). $Volume(ml) \times Tempo(h:min)$. Calcula vazão da infusão e velocidade correspondente do motor.



Sentido de colocação do equipo. Entrada do fluxo: Saindo do frasco.



Sentido de saída do fluxo: entrando no paciente.

- Teclado numérico de 0 a 9: adiciona os parâmetros numéricos escolhidos para a terapia.

ÍNDICE DE CONTEÚDO

1	Introdução	6
1.1	<i>Escopo e Proposta</i>	6
1.2	<i>Princípio Físico de Funcionamento</i>	11
2	Características Técnicas	12
2.1	<i>Especificação Funcional</i>	12
2.2	<i>Especificação Técnica e Física</i>	12
2.3	<i>Lista dos componentes formadores do protótipo</i>	12
2.4	<i>Especificação Técnica dos componentes formadores</i>	13
2.4.1	<i>Bomba Peristáltica Grothen G328</i>	13
2.4.2	<i>Arduino Mega 2560</i>	14
2.4.3	<i>TIP 120</i>	15
2.4.4	<i>Buzzer Passivo</i>	15
2.4.5	<i>Display 16x2 LCD Keypad Shield com Teclado para Arduino</i>	16
2.4.6	<i>Teclado Matricial De Membrana 4x5 de 20 Teclas</i>	17
3	Instruções de Uso	18
4	Problemas e Soluções	24
4.1	<i>Problemas de usabilidade</i>	24
4.2	<i>Dificuldades e soluções de implementação</i>	24
4.3	<i>Diferenças em relação ao equipamento original</i>	26
5	Perspectivas	27

Bomba de Infusão Peristáltica

EB EMH2 2022.1

1 Introdução

A Bomba de Infusão Peristáltica Modelo EB 2022.1 Versão 1.0 é uma versão inicial de um projeto que propõe a prototipagem do equipamento médico hospitalar (EMH) bomba de infusão, sendo o modelo peristáltico o escolhido a ser implementado, por ter um mecanismo de funcionamento mais simplificado. Esse equipamento consiste em um sistema microcontrolado de infusão realizado por Arduino MEGA 2560 que controla o fluxo de uma bomba peristáltica de acordo com os parâmetros digitados pelo operador. Este EMH tem, por finalidade, impulsionar de maneira programada agentes terapêuticos líquidos, através de um sistema peristáltico utilizando equipos de padrão universal.

A Bomba EB 2022.1 é de fácil utilização, pois possui um menu interativo que permite uma boa interação, boa funcionalidade e segurança para o profissional que irá operá-la, já que ela possui um sistema de dupla confirmação para evitar que comandos errados sejam executados, garantindo proteção ao operador e ao paciente que não irá receber doses diferentes da que foi pré-determinada para seu tratamento.

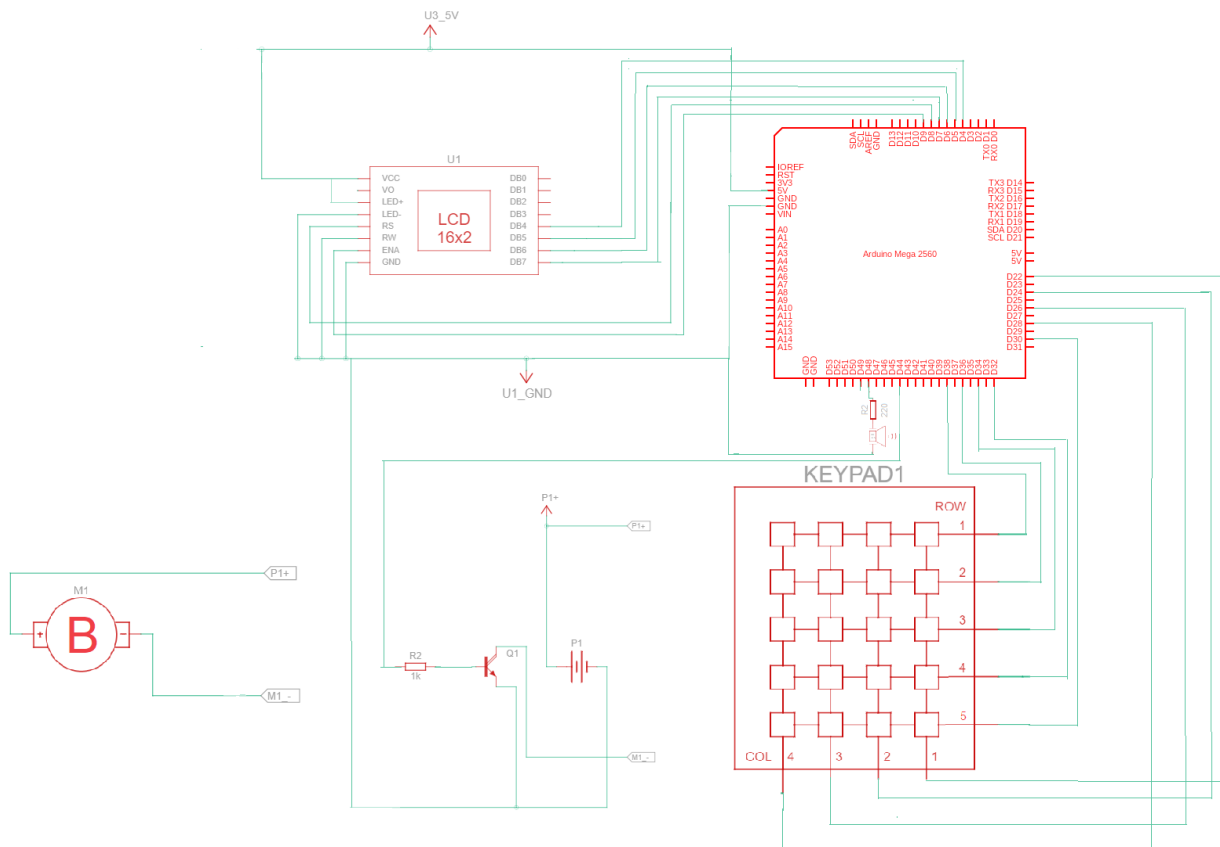
1.1 Escopo de Proposta

O presente modelo foi inspirado na bomba **MED PUMP MP 20** (Anexo 1). Esse modelo conta com alarmes como : Alarme de ar no equipo, Alarme de Oclusão ou fim de solução, Alarme de bateria fraca, Alarme de fim de infusão, Alarme de fluxo livre, Alarme de infusão interrompida, Alarme de porta aberta, Alarme de sensor de gotas desconectado, Alarme de Temperatura alta, Alarme de Temperatura baixa, Alarme de erro de Memória Flash, Alarme de erro de memória EEPROM, Alarme de erro Sensor de Gotas. Conta também com avisos visuais de: Aviso de ligado à rede, Aviso de funcionamento em bateria, Aviso de Bateria Fraca, Aviso de infusão, aviso de KVO, Aviso de teclado bloqueado, aviso de valores fora da faixa de infusão. Tendo sido implementados :

- Alarme sonoro e luminoso (o luminoso apenas em código) de fim de infusão.
- Aviso de Modo KVO.
- Aviso de Modos A ou B de infusão, baseados na vazão ou no tempo de infusão.
- Confirmação em duas etapas.
- Aviso de infusão.
- Aviso de Interrupção de Infusão.
- Aviso de valores fora de faixa de infusão, aplicado apenas para valores acima do máximo.

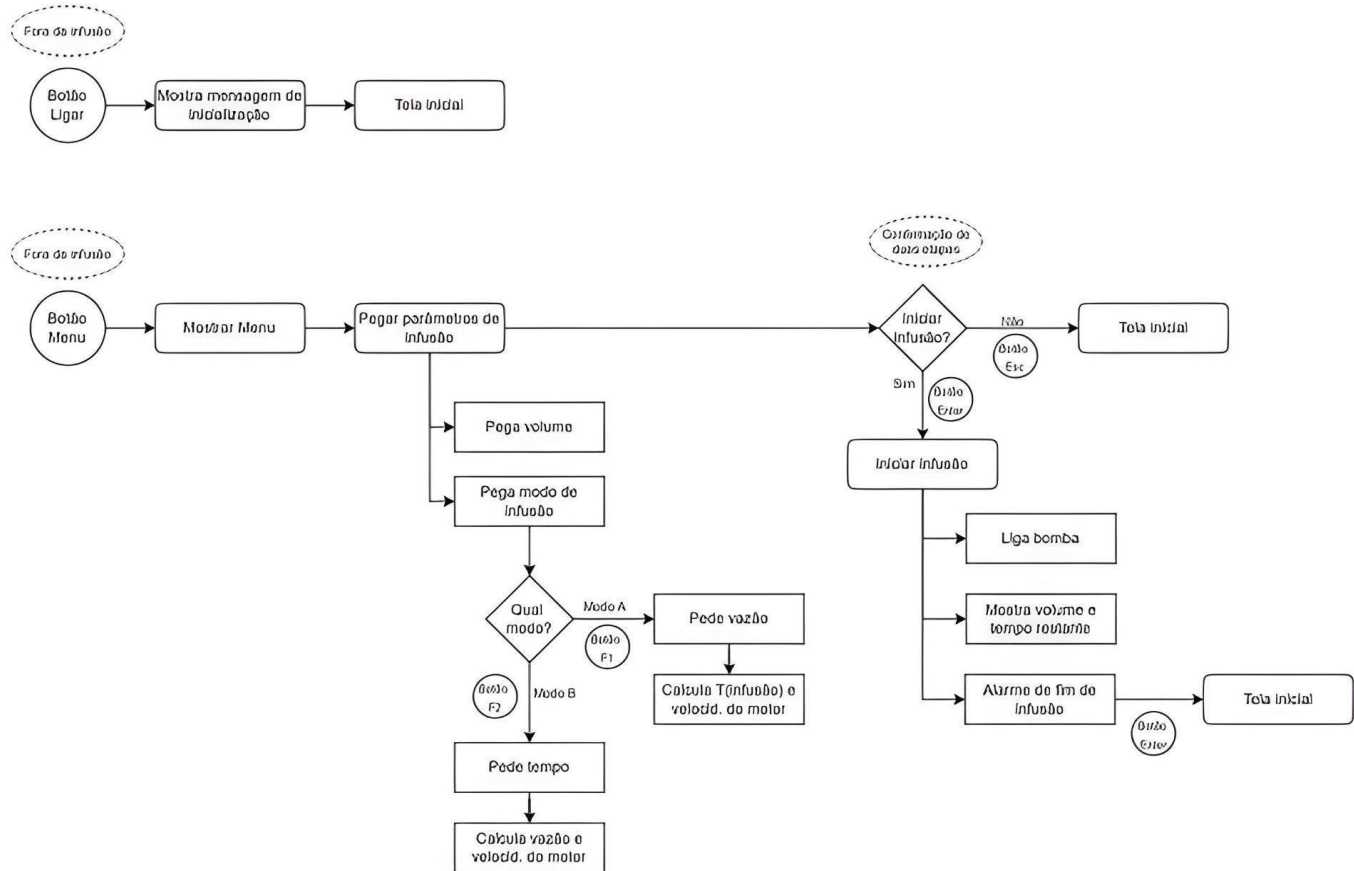
EB EMH2 2022.1

O sistema implementado teve o seguinte esquema elétrico, após a montagem completa de prototipagem:

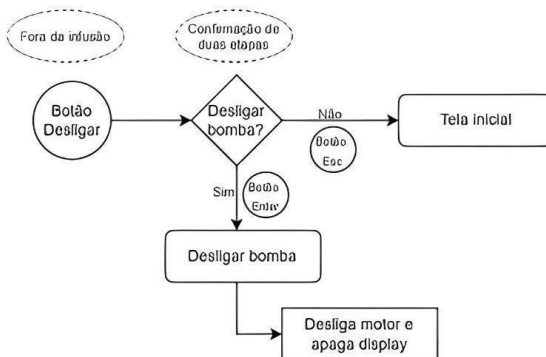
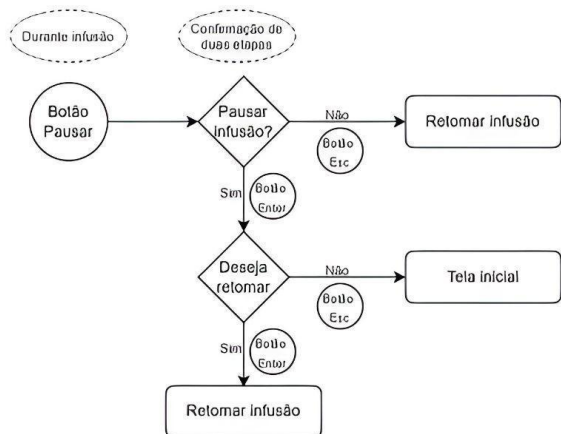
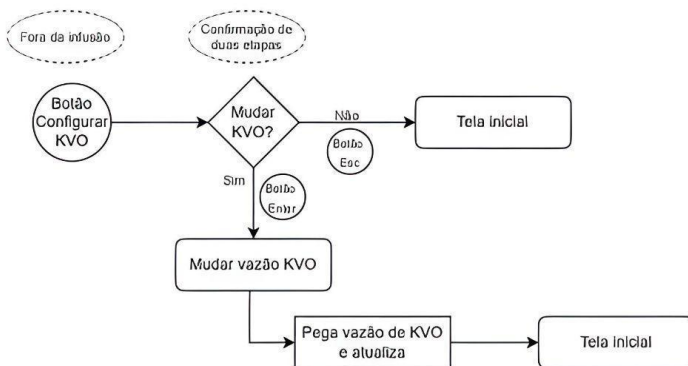
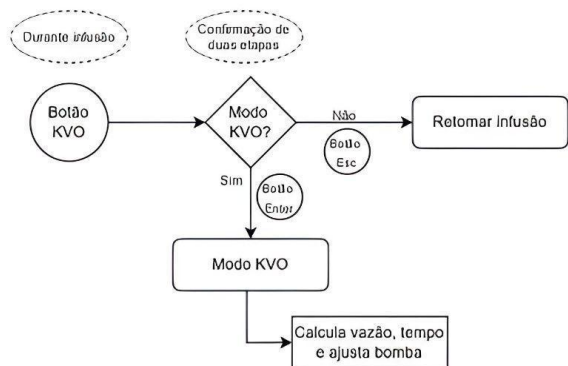


EB EMH2 2022.1

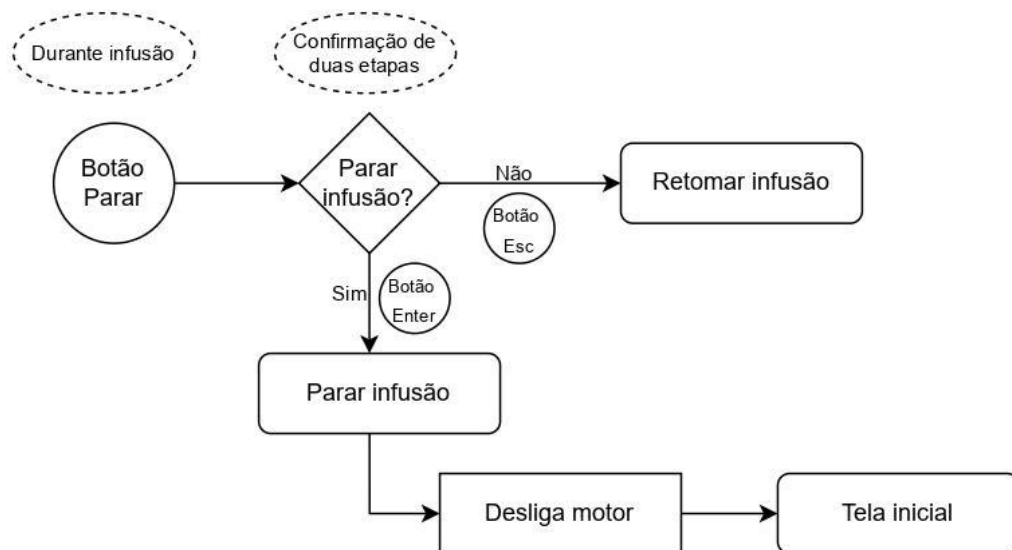
Bem como teve por fluxograma de operação geral o seguinte diagrama de blocos:



EB EMH2 2022.1



EB EMH2 2022.1



Bomba de Infusão Peristáltica

EB EMH2 2022.1

1.2 Princípio Físico de Funcionamento

A EB 2022.2 utiliza o princípio peristáltico de funcionamento. O peristaltismo é obtido através do esmagamento de um tubo de silicone e deslocamento desse esmagamento com o consequente deslocamento do líquido contido no interior do tubo.

Dentro da bomba existem duas sapatas que se movimentam esmagando o tubo de silicone. O vácuo criado pela primeira sapata atrai o líquido para dentro da mangueira e dessa forma, com o constante movimento entre as sapatas, o líquido é movimentado pela bomba em um único sentido.

As vantagens desse tipo de dispositivo é o menor custo com peças mecânicas como no caso de outras bombas, fácil instalação, operação e manutenção, pois na maioria dos defeitos que possam surgir, seria necessário apenas a troca da mangueira. O sentido único de infusão proporcionado pela bomba também permite segurança na infusão, além do líquido não ter contato direto com nenhuma parte interna da bomba, só com a mangueira por onde ele circula como em um sistema fechado. Esse mecanismo encontra-se ilustrado na figura abaixo.

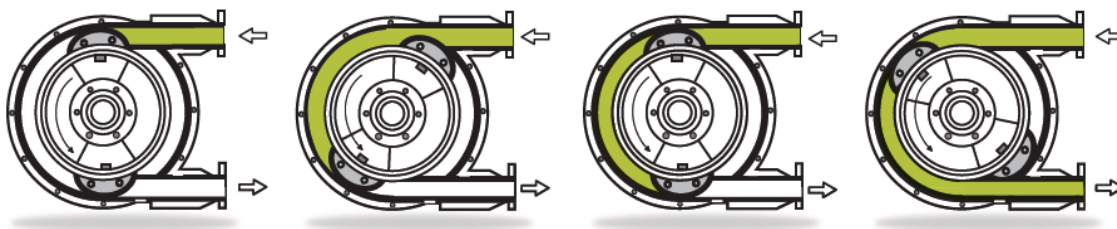


Ilustração do Princípio de Funcionamento

Display

Todos os parâmetros de volume, vazão e tempo são mostrados através do Display interfaceado com o microcontrolador Arduino Mega 2560. O display comunica-se com o teclado e a bomba através de barramento serial ou paralelo para o recebimento de dados do teclado e transmissão para os outros pinos de controle do arduino, estabelecendo-se assim a realização de comandos a partir dos dados inseridos pelo usuário.

2 Características técnicas

2.1 Especificação funcional

Modelo:	EB EMH2 2022.1
Princípio de infusão:	Peristáltica Rotativa
Equipos descartáveis:	Equipos universais
Vazão:	2600 a 4600 ml/h
Volume total a infundir:	1 a 4600 ml
Volume infundido	1 a 360 ml

Alarmes : - Alarme de fim de infusão

Avisos : - Aviso de Modo A de infusão, baseado na vazão desejada.
 -Aviso de Modo B de infusão, baseado no tempo desejado.
 - Aviso de infusão - Aviso de interrupção de infusão
 - Aviso de KVO - Aviso de pausa de infusão
 -Aviso para valores fora da faixa de infusão.

Vazão nominal de KVO : 3ml/h

2.2 Especificação técnica e física

Dimensões:	280mm x 120mm x 95mm
Peso:	0,5 Kg

Alimentação :	
Microcontrolador:	5V
Bomba peristáltica interna	12V

- Corrente de fuga Sem dados suficientes
- Fusíveis Internos Ausentes
- Precisão Dados Insuficientes
- Detecção de Ar Não implementada
- Pressão Máxima de Oclusão -
- Limite Operacional do ambiente Não foi implementado sensor de temperatura

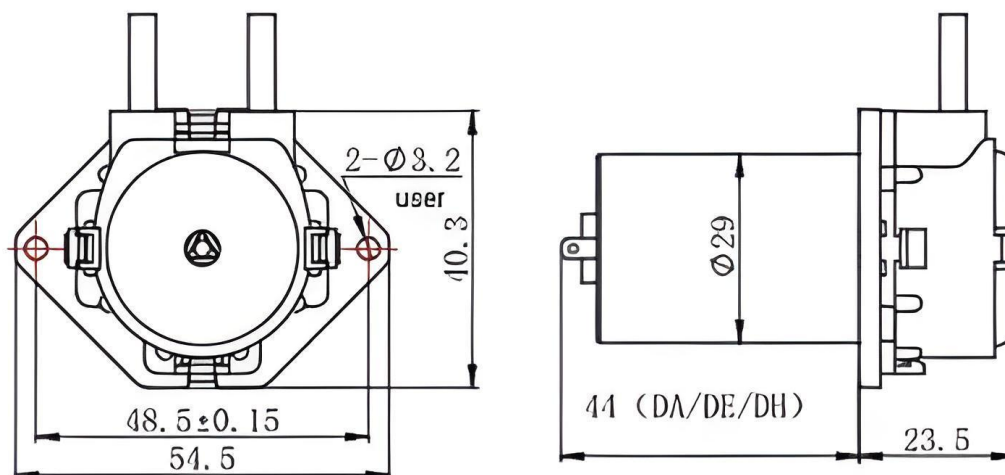
2.3 Lista de Componentes formadores do protótipo

- Bomba Dosadora Peristáltica Grothen, G328 12V 3X5
- Arduino Mega 2560
- TIP 120
- Buzzer passivo
- Display 16x2 LCD Keypad Shield com Teclado para Arduino
- Teclado Matricial De Membrana 4x5 de 20 Teclas
- Equipos universais
- Resistores



2.4 Especificações técnicas dos componentes formadores

2.4.1 Bomba Peristáltica Grothen G328



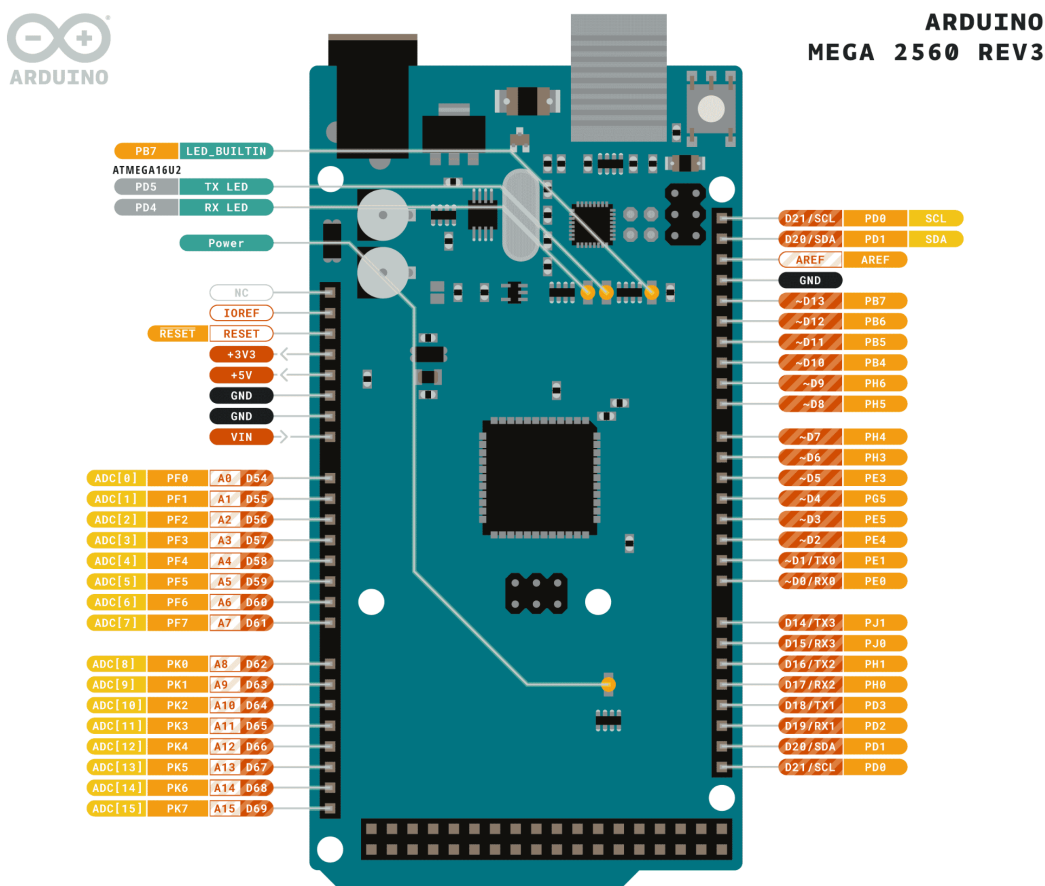
Modelo:	G328
Corrente de carga nominal:	Peristáltica Rotativa
Tensão de entrada:	Equipos universais
Vazão nominal:	100ml/min ou 6000ml/h
Temperatura de Trabalho:	entre 0 e +40°C
Umidade Relativa de trabalho:	até 80%
Velocidade da Bomba:	até 100 rpm
Velocidade do Motor:	até 5000 rpm



Diâmetro externo do tubo: 4 mm

Diâmetro interno do tubo: 2.5mm

2.4.2 Arduino Mega 2560



Ground	Internal Pin	Digital Pin	Microcontroller's Port
Power	SWD Pin	Analog Pin	
LED	Other Pin	Default	



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Tensão de funcionamento: 5V

Tensão de entrada: 7-12V

Tensão de limite: 6-20V

Pinos I/O digitais: 64

Pinos de Entrada Analógicos: 16

Corrente por pino DC I/O: 40mA

Corrente DC para pino 3.3V: 50mA

Memória FLASH: 256kB com 8kB utilizados pelo bootloader

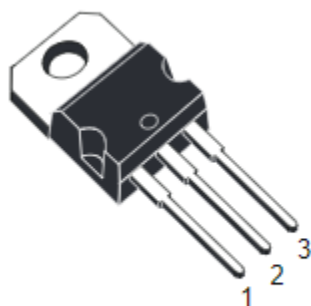
SRAM: 8kB



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

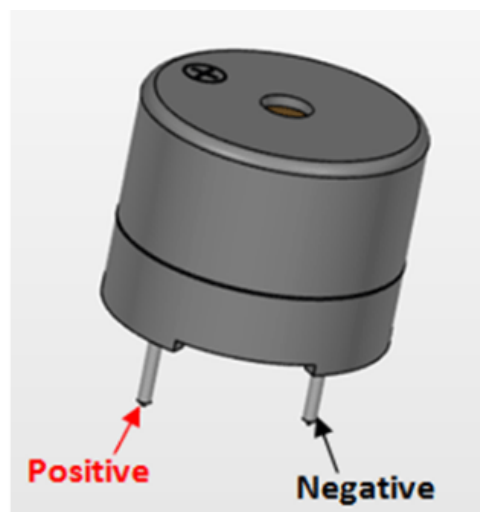
EEPROM:	4kB
Velocidade do Relógio:	16 MHz

2.4.3 TIP 120



Coletor - Base:	60V
Coletor - Emissor:	60V
Emissor - Base:	5V
Corrente do coletor:	5A
Corrente na base:	0,1A

2.4.4 Buzzer Passivo

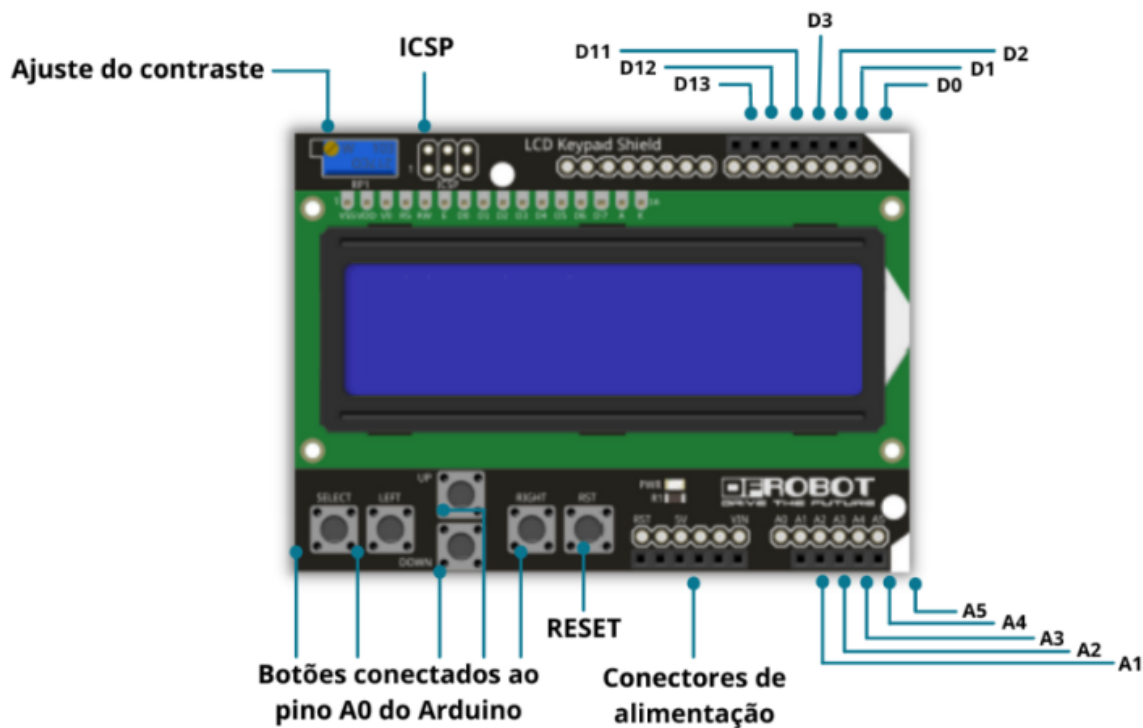


Tensão nominal:	6V DC
Tensão de operação:	4-8V DC
Corrente nominal:	<30mA



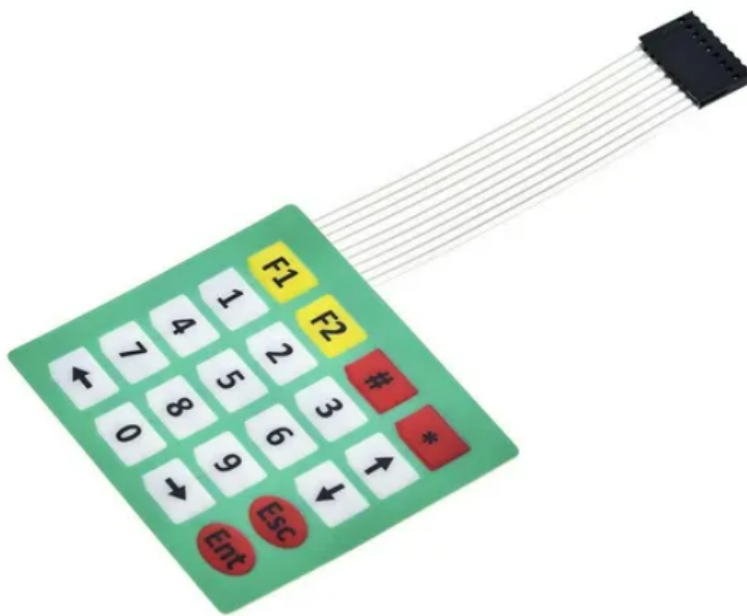
Tipo de som: Bip contínuo
 Frequência de ressonância: 2300Hz

2.4.5 Display 16x2 LCD Keypad Shield com Teclado para Arduino



Controlador: HD44780
 Tensão de operação: 5VDC
 Corrente de operação: 26mA
 Quantidade de botões: 6

2.4.6 Teclado Matricial De Membrana 4x5 de 20 Teclas



Teclado Matricial de Membrana:	4x5 20 teclas
Conector:	9 pinos (2.54mm)
Limites de operação:	35VDC, 100mA
Tempo de contato:	5ms
Durabilidade:	1 milhão de ciclos por tecla
Temperatura de funcionamento:	0~70°C
Composição:	Metal, plástico
Tamanho:	85mm Largura x 73mm Comprimento x 0.8mm Altura
Peso:	15g





3 Instruções de Uso

Nesse passo a passo, será possível ao operador entender de forma mais completa acerca da correta instalação e operação do equipamento, sendo então possível operá-lo com segurança.

INSTALAÇÃO DO EQUIPO:

O equipo deve ser instalado conforme indicação das figuras no corpo do equipamento. O

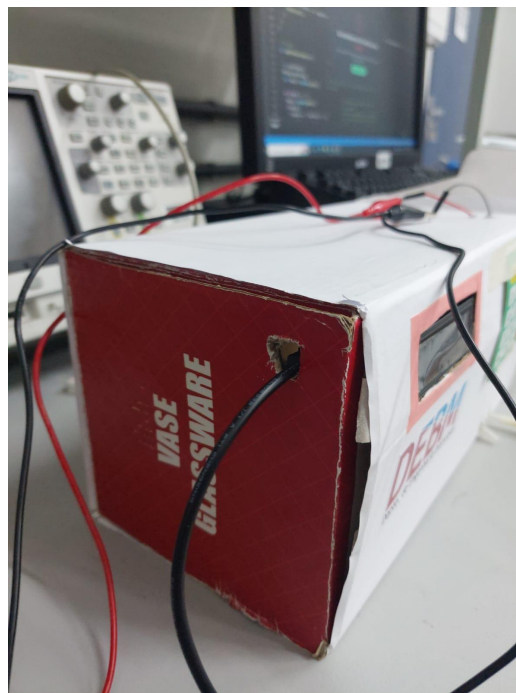
símbolo  indica a entrada do fluido e o símbolo  indica a saída do fluido que seguirá em direção ao paciente.




ATENÇÃO: ESTE EQUIPAMENTO NÃO DEVE SER OPERADO COM O EQUIPO VAZIO, PARA NÃO GERAR DANOS À BOMBA.


COMO LIGAR O EQUIPAMENTO E A BOMBA:


A bomba deve ser ligada em uma fonte de tensão de 12V. O jumper vermelho corresponde ao VCC 12V e o jumper cinza corresponde ao terra da fonte (Vide conexão na figura abaixo). Conectar o cabo USB do arduino Mega ao PC, o qual pode ser visto lateralmente ao equipamento. Ao fazer isso, o sistema será alimentado e o display acenderá na cor azul.




INICIALIZANDO A BOMBA EB 2022.1

Para inicializar a bomba, pressione por alguns segundos o botão  (asterisco - ligar) do teclado até que apareça a seguinte mensagem de apresentação: “BOMBA DE INFUSÃO EB 2022.1” por alguns instantes e logo após a mensagem “CLICAR EM MENU PARA INICIAR”.

Pressione por alguns segundos  (seta para direita - menu) para adicionar volume total a ser infundido (ml), o display mostrará “SELECIONE VOLUME V.TOT(ml):”

Digite o valor do volume utilizando o teclado numérico e logo após  para confirmar.



Escolha entre os dois modos de funcionamento:  (Modo A - Vazão(ml/h) X

Volume(ml): calcula o tempo(h:min)) e  (Modo B - Volume(ml) X Tempo(h:min): calcula a vazão(ml/h)) ao verificar no display a mensagem “SELECIONE MODO: F1-VAZ F2-TEMP:”


ATIVANDO MODO A - DETERMINAR A VAZÃO DE INFUSÃO

 (Vazão(ml/h) X Volume(ml): calcula o tempo(h:min))

Ao escolher esse modo, deverá inserir por meio do teclado numérico a vazão do fluido que

deseja que seja administrada para o paciente e teclar  para confirmar ou  para corrigir. Para essa última situação, o valor será totalmente apagado e o usuário deverá preencher novamente com o valor exato que deseja.

Após a escolha do parâmetro anterior, haverá uma pergunta de confirmação “TEM

CERTEZA? SIM: ENT | NÃO: ESC”, deve-se clicar  para confirmar o parâmetro

escolhido ou  para voltar e corrigir.

A seguinte mensagem aparecerá: INICIANDO INFUSÃO...

Logo após, o display mostrará o Volume restante a ser infundido(V.Rest: ml) e o Tempo restante(Tempo: hh:mm:ss).

V.total(ml) deve ter valores abaixo de 4600ml, caso contrário apresentará erro FORA DOS LIMITES.


O limite máximo da vazão também é de 4600ml/h. Logo, não se pode colocar vazões acima desse valor, como 4601ml/h, porque aparecerá o erro FORA DOS LIMITES.


Ao inserir o valor da vazão e pressionar ENT, caso pressione ESC para a pergunta “INICIAR INFUSÃO?” o display voltará para o modo de inserção de vazão, porém aparecerá a palavra AR no lugar dos números da vazão e não tem como apagar a palavra totalmente, nem apertando ESC novamente. Se for inserido algum valor de vazão nessa situação e pressionado ENT para as perguntas seguintes, aparecerá tela azul. Nenhuma informação de infusão é apresentada, mesmo o equipamento tendo dito INICIANDO INFUSÃO. Nesse caso é preciso DESLIGAR o equipamento e INICIALIZÁ-LO novamente, Caso não funcione, reinicie o sistema desconectando o cabo USB do Arduino e INICIALIZE novamente.

ATIVANDO MODO B - DETERMINAR O TEMPO DA INFUSÃO

F2 (Volume(ml) X Tempo(h:min): calcula a vazão(ml/h))

Ao escolher esse modo, deverá inserir por meio do teclado numérico o tempo de infusão do

fluido que deseja que seja administrada para o paciente e teclar  para confirmar ou

 para corrigir. Para essa última situação, o valor será totalmente apagado e o usuário deverá preencher novamente com o valor exato que deseja.

Após a escolha do parâmetro anterior, haverá uma pergunta de confirmação “TEM CERTEZA? SIM: ENT | NÃO: ESC”.

Pressione  para confirmar o parâmetro escolhido ou  para voltar e corrigir.

Ao confirmar, a seguinte mensagem aparecerá: INICIANDO INFUSÃO...

Logo após, o display mostrará o Volume restante a ser infundido(V.Rest: ml) e o Tempo restante(Tempo: hh:mm:ss).

É preciso acrescentar os minutos no caso de horas com menos de 2 dígitos. Exemplo 2h0min. Caso isso não seja feito, aparecerá um erro de FORA DOS LIMITES e retornará para o modo de inserção das horas.

Teoricamente a bomba funcionaria acima de 24h, porém para 25h ou 25h0min apresenta erro FORA DOS LIMITES.



Ao testar com 999h0min o programa apresentou erro FORA DOS LIMITES.


Ao testar com 999h, o programa aceitou e iniciou a infusão normalmente, porém com tempo de 2h12min para diferentes volumes totais, como 100ml e 1000ml que foram os testados.





PAUSANDO A INFUSÃO

Ao pressionar por alguns instantes o botão , o display mostrará a seguinte mensagem “DESEJA PAUSAR? SIM: ENT | NÃO: ESC”.

Pressione  para confirmar ou  para cancelar.

Ao clicar , haverá uma pergunta de confirmação “TEM CERTEZA? SIM: ENT | NÃO: ESC”

Deve-se clicar  para confirmar a escolha ou  para cancelar.


Ao confirmar, a seguinte mensagem aparecerá: INFUSÃO PAUSADA!



Logo após, ficará na tela a mensagem “DESEJA RETOMAR? SIM: ENT | NÃO: ESC”.


Ao confirmar, retornará a infusão de onde parou.



Ao cancelar, ativará o fim da infusão. Isso pode ser verificado no display pela mensagem “FIM DE INFUSÃO!”

PARANDO A INFUSÃO

Ao pressionar por alguns instantes o botão , o display mostrará a seguinte mensagem “DESEJA PARAR?SIM: ENT | NÃO: ESC.

Pressione  para confirmar ou  para cancelar.

Ao clicar , haverá uma pergunta de confirmação “TEM CERTEZA? SIM: ENT | NÃO: ESC”.

Deve-se clicar  para confirmar a escolha ou  para cancelar.

Ao confirmar, a seguinte mensagem aparecerá: “FIM DE INFUSÃO!”


Ao cancelar, o equipamento continuará com a infusão já programada.






MODO KVO

Mudando a vazão do modo KVO antes da infusão


Enquanto estiver na tela inicial que apresenta a mensagem “CLICAR EM MENU PARA

INICIAR”, ao pressionar por alguns instantes o botão  sem ter iniciado nenhuma infusão, o display mostrará a seguinte mensagem “MUDAR VAZÃO KVO? SIM: ENT | NÃO: ESC”.

Pressione  para confirmar ou  para cancelar.

Ao clicar , haverá uma pergunta de confirmação “TEM CERTEZA? SIM: ENT | NÃO: ESC”

Aparecerá a mensagem “DIGITE VAZÃO KVO | VAZ(ML/H):”

Digite valores entre 1 e 10 e pressione  para confirmar.

Ao confirmar, a seguinte mensagem aparecerá: VAZÃO KVO MUDADA | VAZÃO KVO: ML. O display retorna para a tela inicial “CLICAR EM MENU PARA INICIAR” e aguarda até que o operador clique em menu (seta para direita) para definir os parâmetros da infusão.



Caso o valor da vazão de KVO inserida esteja fora do limite mencionado acima (1 a 10ml/h), a mensagem de erro FORA DOS LIMITES aparecerá.


O display retorna para o modo de inserção de valores para a vazão, assim o usuário poderá corrigir e inserir um valor dentro dos limites, seguindo os passos citados acima para confirmar a mudança da vazão.

Sempre que o aparelho for reiniciado, a vazão de KVO retorna para seu valor padrão de 3ml/h. Caso deseje alterar, deve seguir os passos mostrados acima.

Ativando modo KVO durante a infusão

Ao pressionar por alguns instantes o botão  após ter iniciado uma infusão, o display mostrará a seguinte mensagem “DESEJA MODO KVO? SIM: ENT | NÃO: ESC”.

Pressione  para confirmar ou  para cancelar.

Ao clicar , haverá uma pergunta de confirmação “TEM CERTEZA? SIM: ENT | NÃO: ESC”

Ao confirmar, a seguinte mensagem aparecerá: KVO ACIONADO!

Por padrão, a vazão de KVO é de 3ml/h para esse equipamento.

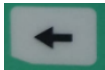
O operador da máquina poderá alterar a vazão de KVO para valores entre 1ml e 10ml antes de iniciar uma infusão, caso não configure este parâmetro antes de iniciar a infusão, ao acionar o modo KVO durante uma infusão em andamento, o aparelho operará em uma vazão padrão de 3ml/h.



Ao clicar novamente nesse menu e em não, o modo KVO deveria ser desativado e a vazão voltar para as configurações dadas inicialmente pelo operador para assim continuar com a infusão, mas percebe-se que o tempo continua igual ao do modo KVO, logo, a vazão continua a mesma, mesmo que se clique no modo pausar infusão (seta para cima) e retome a infusão, o tempo não volta para o estipulado inicialmente para a vazão escolhida de tratamento.

Ou seja, uma vez acionado o modo KVO, não há como desativá-lo e voltar para as configurações iniciais do tratamento. Isto verifica-se ao observar o tempo de infusão mostrado no display.

DESLIGANDO O EQUIPAMENTO

Só funciona quando o equipamento não estiver em modo de infusão. Apenas funciona quando a tela está azul sem mensagem alguma ou quando estiver com a mensagem “CLICAR EM MENU PARA INICIAR.”

Ao pressionar por alguns instantes o botão , o display mostrará a seguinte mensagem: DESLIGAR BOMBA? SIM: ENT | NÃO: ESC

Pressione  para confirmar ou  para cancelar.

Ao confirmar, a seguinte mensagem aparecerá: “DESLIGANDO...” e ficará com tela azul.

Ao cancelar, a seguinte mensagem aparecerá: CLICAR EM MENU PARA INICIAR (exceto quando o display estiver completamente azul, nesse caso será preciso reiniciar o equipamento, desconectando o USB do Arduino).

Para inicializar novamente, basta efetuar os mesmos passos do INICIALIZANDO A BOMBA

EB 2022.1



4 Problemas e Soluções

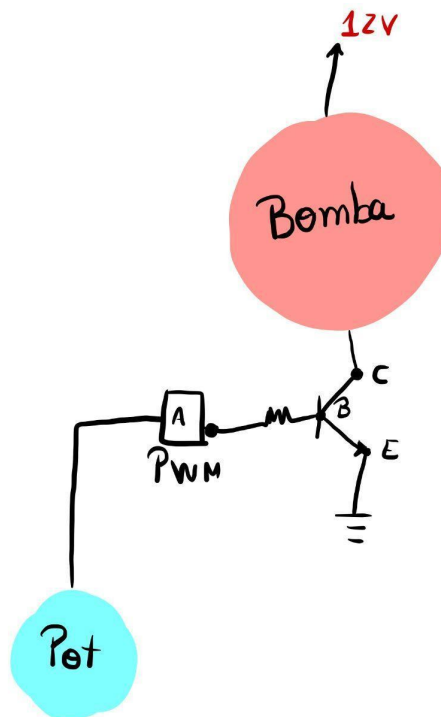
4.1 Problemas de usabilidade

Os problemas de usabilidade foram reportados em vermelho ao longo do passo a passo operacional do equipamento.

4.2 Dificuldades e soluções de implementação

→ Troca de Transistor:

A primeira implementação de circuito foi uma testagem em que o acionamento da bomba seria controlado por uma onda PWM a partir da leitura de um potenciômetro, tendo um transistor em configuração de emissor comum representando uma chave liga e desliga. Esse primeiro teste foi implementado como um dos primeiros indicativos acerca de como compreender a caracterização da bomba de infusão presente no projeto. Porém, tal processo para implementação prática, apresentou algumas dificuldades. Em primeiro plano, foram utilizados: Potenciômetro, resistor de 1kOhms, o transistor TIP-31C e a bomba conectada. O circuito de teste tomou a seguinte configuração:

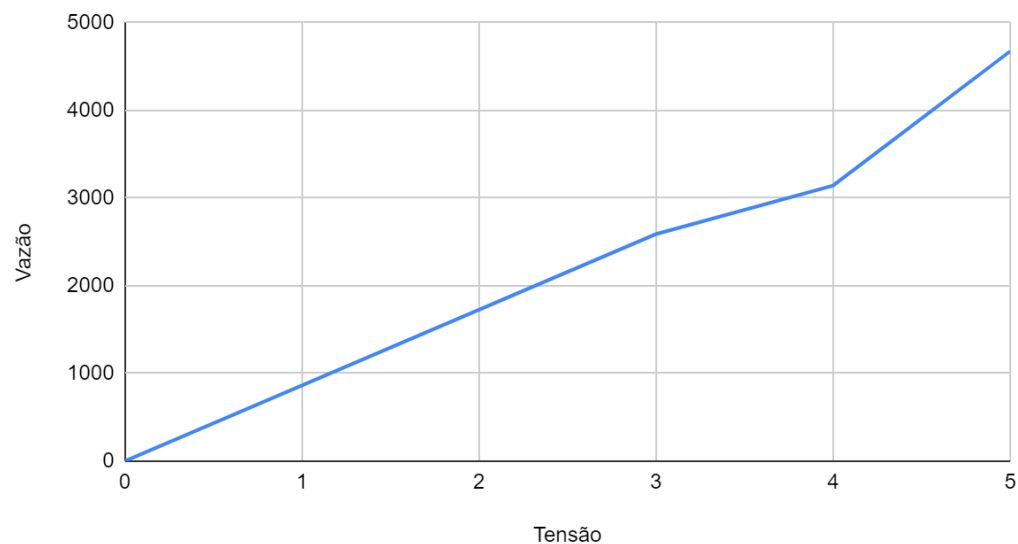


Durante esse processo, o transistor TIP 31C demonstrou incompatibilidade com o arduino, pois opera com uma alta corrente de base (1A) o que desfavorece a implementação desejada. A fim de fazer o equipamento funcionar, esse primeiro teste foi adaptado, sendo alterado o Transistor para o TIP 120, o qual funciona com valor de corrente de base bem menor (cerca de 100mA), o que é bastante próximo da corrente nominal da bomba, o que tornou seu funcionamento mais possível.

→ Construção de curva de proporcionalidade

Diante do problema anterior, foi também implementado um teste para aquisição dos parâmetros de vazões máxima e mínima em função da tensão aplicada à bomba. Chegando ao seguinte resultado :

Vazão versus Tensão



A partir desses valores foi possível estabelecer um valor mínimo e máximo para a Vazão.

x	y	Aproximação	Unidade
Tensão (V)	Vazão (ml/h)		
0	0		
3	2589,93	2600	ml/h
4	3144,11		
5	4675,33	4600	ml/h



4.3 Diferenças em relação ao equipamento original

- No equipamento original, como o manual do equipamento inspirador, bem como de vários outros, independentemente de marca, o processo de KVO é automaticamente iniciado durante a “pausa” de infusão, a fim de garantir conforto e menor risco de perda de acessos pelo paciente. A equipe realizou uma implementação diferente, com apenas um processo de pausa tradicional, trazendo a configuração de KVO em um botão separado.
- Temos um problema no fato de que ao se desejar a continuidade do fluxo, após a ativação do KVO esse processo não pode mais ser revertido, diferenciando do funcionamento do equipamento encontrado nos hospitais.
- Após a colocação do dado de vazão, em caso de erros, há uma dificuldade no processo de apagamento dos dados, o que acaba sendo diferenciado do original.
- Não houve aparentemente testes acerca da precisão do equipamento, com a utilização de vidrarias de precisão, como buretas, beakers ou erlenmeyers, por exemplo. Nesse processo, seria possível saber se a vazão selecionada pelo usuário seria próxima a de saída pela bomba, sendo um experimento interessante e sem a necessidade de implementação de sensores.
- Apesar de no código ter sido implementado alarmes visuais luminosos, esses não foram também exercidos pela equipe de hardware, bem como a efetivação de outros vários alarmes e avisos visuais que poderiam ter sido implementados em concordância com o manual do equipamento escolhido. Tal diferenciação traz dificuldade aos implementadores de software trazerem soluções mais simplificadas acerca do equipamento, bem como de aproximá-lo da conformação original.
- Apesar do teste de proporcionalidade ter trazido dados interessantes acerca do equipamento, outras formas mais simplificadas poderiam ter sido implementadas, porém devido ao breve tempo de realização da atividade, demonstrou-se satisfatória, pois os testes da bomba original ocorrem no geral de forma um pouco diferenciada, coletando-se um maior número de dados bem como utilizando-se de vidrarias volumétricas de precisão.



5 Perspectivas

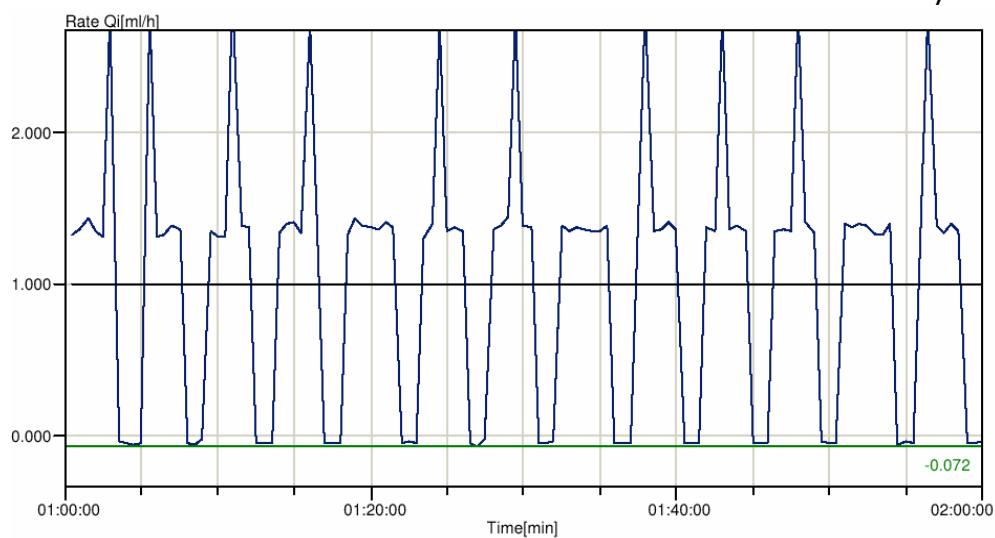
Dentre as principais perspectivas desse projeto, podemos destacar a implementação de alguns sensores como :

1. Sensor de Ultrassom: Esse poderia ser implementado para a execução de um alarme de ar no equipo, com interrupção de infusão, ativação de modo KVO e acionamento de alarmes.
2. Sensor de gotas: Este poderia ser implementado para diferentes aplicações, indo desde a possibilidade de medir o fluxo através do gotejamento, bem como notar alterações nesse, tornando possível a execução de alarmes de oclusão, de fim de solução, de fluxo livre, de infusão interrompida, e até mesmo de ar no equipo, pois a presença de bolhas de ar também altera a quantidade de gotas no equipo.
3. Sensor de temperatura : Esse seria interessante para a observação das temperaturas ideais para o equipamento trabalhar, bem como a possibilidade de notar quais temperaturas seriam possíveis de se trabalhar com diferentes tipos de medicamentos, alimentos, etc; a depender do tipo de infusão ou de material a ser infundido, garantindo assim uma maior precisão e preservação do equipamento e do líquido a ser infundido no paciente.
4. Sensor de pressão: Esse ao ser implementado na bomba, pode automatizar o processo de calibração deste equipamento, bem como tornar possível testes acerca da precisão do equipamento, como a construção dos gráficos de trombeta, essenciais para a validação do equipamento segundo as normativas vigentes. O teste de exemplo abaixo foi retirado do manual do modelo de inspiração do equipamento (MEDPUMP MP 20).



→ Testes de Exatidão pela Sub Cláusula 50.4 da NBR IEC 60601-2-24

Gráfico de trombeta da 2ª hora de infusão a 1 ml/h



Curva de Trombeta de 60 a 120 minutos

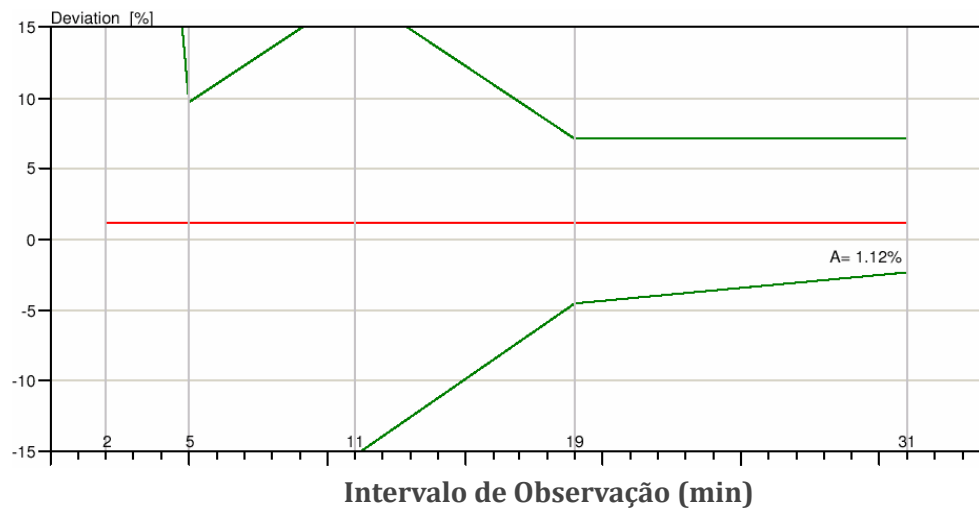
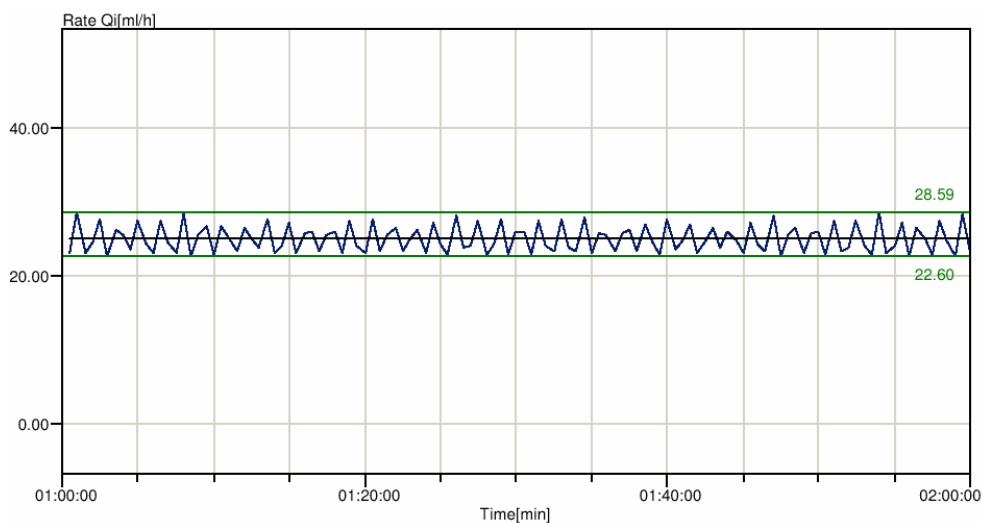
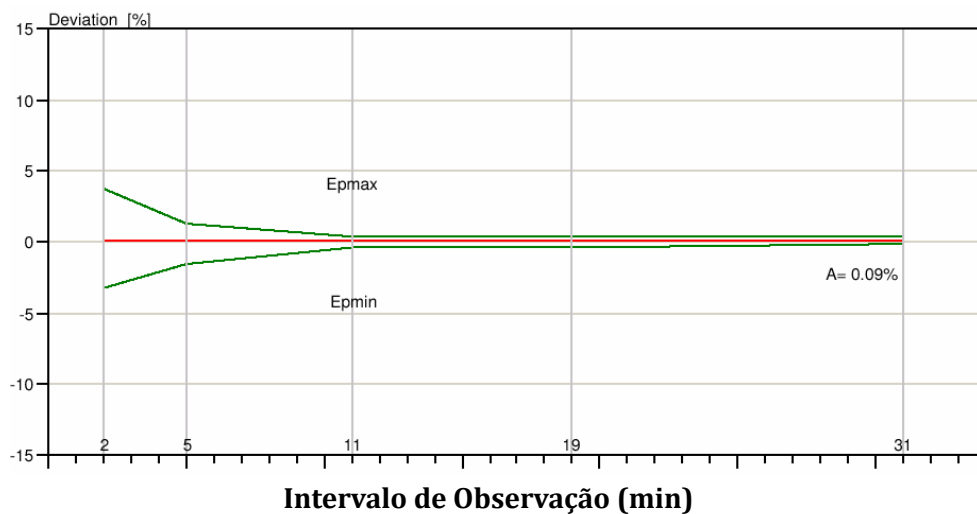


Gráfico de trombeta da 2ª hora de infusão a 25 ml/h**Curva de Trombeta de 60 a 120 minutos**

Já os alarmes necessários para o correto funcionamento deste equipamento e que podem ser futuramente implementados, são:

1. **ALARME DE AR NO EQUIPO** – Qualquer bolha de ar com volume superior a 50 μ l, é detectada pelo sensor de ultra-som. Um alarme sonoro intermitente é acionado, a infusão é interrompida e o display mostra a mensagem “AR NO EQUIPO”. A bomba continua se infundindo no modo KVO.



2. ALARME DE OCLUSÃO OU FIM DE SOLUÇÃO – Quando houver oclusão na linha de infusão por obstrução da veia do paciente ou corta-fluxo fechado, um alarme sonoro intermitente é acionado com a mensagem no display “OCLUSÃO OU FIM DE SOLUÇÃO”.
3. ALARME DE BATERIA FRACA - Quando a bateria estiver com aproximadamente 30 minutos de carga, o aviso de bateria fraca se acenderá em vermelho (item 2 da figura 5) e, simultaneamente, o alarme sonoro intermitente será acionado. Deve-se então, conectar o equipamento à rede elétrica. Caso isso não seja feito, quando a bateria atingir a sua carga mínima, a bomba interrompe a infusão e aciona o alarme sonoro contínuo e visual com a mensagem “BATERIA FRACA, LIGUE À REDE”.
4. ALARME DE FIM DE INFUSÃO – Quando o tempo de infusão chegar a zero, um alarme sonoro intermitente é acionado com a mensagem no display “FIM DE INFUSÃO”. A bomba continuará se infundindo no modo KVO.
5. ALARME DE FLUXO LIVRE – Quando ocorre fluxo livre com a bomba ligada, um alarme sonoro intermitente é acionado com a mensagem no display “FLUXO LIVRE”.
6. ALARME DE INFUSÃO INTERROMPIDA – Quando a infusão é interrompida por um período superior a 2 minutos, um alarme sonoro intermitente é acionado com a mensagem no display “INFUSÃO INTERROMPIDA”.
7. ALARME DE PORTA ABERTA – Quando a porta é aberta durante uma infusão, a infusão é interrompida e um alarme sonoro intermitente é acionado com a mensagem no display “PORTA ABERTA”.
8. ALARME DE SENSOR DE GOTAS DESCONECTADO – Quando o sensor de gotas é desconectado, a infusão é interrompida e um alarme sonoro intermitente é acionado com a mensagem no display “SENSOR DE GOTAS DESCONECTADO”.
9. ALARME DE TEMPERATURA ALTA – Quando a temperatura ambiente ultrapassa o valor aceitável de temperatura para a garantia de uma infusão correta (temperatura > 38°C) a infusão é interrompida e um alarme sonoro intermitente é acionado com a mensagem no display “TEMPERATURA ALTA”.
10. ALARME DE TEMPERATURA BAIXA – Quando a temperatura ambiente é inferior ao valor aceitável de temperatura para a garantia de uma infusão correta (temperatura < 10°C) a infusão é interrompida e um alarme sonoro intermitente é acionado com a mensagem no display “TEMPERATURA BAIXA”.
11. ALARME DE ERRO MEMÓRIA FLASH – O microprocessador da bomba fica constantemente verificando se o programa foi corrompido. Caso ele verifique alguma anomalia, a infusão é interrompida e um alarme sonoro intermitente é acionado com a mensagem no display “ERRO MEMÓRIA FLASH”. Sempre que ocorrer esse erro, desligar a bomba e chamar a assistência técnica
12. ALARME DE ERRO MEMÓRIA EEPROM – O microprocessador da bomba fica constantemente verificando a memória não volátil, aonde ficam armazenados os valores programados pelo operador. Caso ele verifique alguma anomalia, a infusão é interrompida e um alarme sonoro intermitente é acionado com a mensagem no display “ERRO MEMÓRIA EEPROM”. Sempre que ocorrer esse erro, desligar a bomba e chamar a assistência técnica
13. ALARME DE ERRO SENSOR DE GOTAS – Quando ocorrer algum problema com o sensor de gotas, a infusão é interrompida e um alarme sonoro intermitente é acionado com a mensagem no display “ERRO SENSOR DE GOTAS”. Sempre que ocorrer esse erro, desligar a bomba e chamar a assistência técnica
14. ALARME DE ERRO MOTOR/ROTOR – Quando, por algum motivo técnico, o motor ou o rotor não estiverem se movimentando durante a infusão, a infusão é interrompida e um alarme sonoro intermitente é acionado com a mensagem no display “ERRO MOTOR / ROTOR”. Sempre que ocorrer esse erro, desligar a bomba e chamar a assistência técnica

