



XXVIII CREEM

Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica
Santa Maria - RS



XXVIII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica
09 a 13 de maio de 2022, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA PARA AUTOMAÇÃO DA PREPARAÇÃO DE ENSAIOS COM GRÃOS DE FEIJÃO

Eugênio Piveta Pozzobon, eugenio.pozzobon@acad.ufsm.br¹
Henrique da Silva Argenta, henriqueargenta@hotmail.com¹

¹Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, Av Roraima, 1000

Resumo. A realização de estudos no cultivo de grãos de feijão depende de ensaios técnicos com o cozimento desses grãos, que é requisito no lançamento de novas cultivares de feijão. Pela metodologia desses ensaios, as amostras devem ser preparadas 8h antes do cozimento dessas mesmas amostras. A preparação delas é realizada em intervalos de 30min e normalmente efetuada no período noturno para que o cozimento seja realizado ao longo do dia. Em função desse problema ergonômico no trabalho, propõe-se a automação desse preparo, por meio de mecanismos acionados por um motor de passo, que despejam os grãos de feijão em seus respectivos potes com água destilada, no intervalo certo de preparo das amostras. O motor é controlado por um Arduino, que salva o tempo de preparo de cada amostra, e relata posteriormente aos operadores. Com esse projeto, espera-se melhorar a qualidade no preparo das amostras, flexibilizando a jornada de trabalho dos estagiários.

Palavras chave: Automação, Motor de Passo, Controle de Sistemas, Mecanismos

Abstract. The accomplishment of studies in the cultivation of bean grains depends on technical tests with the cooking of these grains. By the methodology of these tests, the samples must be prepared 8 hours before the cooking. Their preparation is carried out at 30-minute intervals, at night, so that cooking starts throughout the day. Due to this ergonomic problem at work, this paper aims automation for the process; through mechanisms driven by a stepper motor. The system must pour the beans into their respective pots with distilled water; at the correct interval of sample preparation. An Arduino controls the stepper motor, which saves the preparation time for each sample, and reports it later to the operators. Therefore, with this project, the samples production will be better. Also, reduce the working hours more flexible.

Keywords: Automation, stepper motor, control system

1. INTRODUÇÃO

O tempo de cozimento de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) é um importante fator a ser considerado dentro dos programas de melhoramento genético. A característica é um dos componentes da qualidade tecnológica de grãos e contribui na decisão de compra por parte dos consumidores. Além disso, é um dos descritores mínimos necessários para o registro de novas cultivares de feijão, pelo Registro Nacional de Cultivares, no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (RNC-MAPA) (Ministério da Agricultura, 2022).

A metodologia recomendada pelo RNC-MAPA é a de Proctor e Watts (1987) e é realizada no cozedor de Mattson. Nele, 25 hastes metálicas são posicionadas sobre grãos de feijão, como demonstra a Figura 1, e posteriormente levadas à uma panela com água destilada fervente, onde iniciará o cozimento (PROCTOR, 1987). Ao longo do processo de cozimento, o grão perderá sua dureza e ficará macio, fazendo com que a haste metálica posicionada acima, perfure o grão e fique visualmente abaixo das demais. O tempo de cozimento é determinado pela média de queda das 13 primeiras hastes.

A metodologia de cozimento de grãos de feijão, indica que os 25 grãos que serão avaliados, sejam embebidos por 8 horas em água destilada, para que se reduza as características anti-nutricionais do grão e simule a metodologia de cozimento caseira. Sabendo que o tempo de cozimento pelo cozedor de Mattson é capaz de avaliar uma parcela por vez, e que os programas de melhoramento avaliam dezenas à centenas de parcelas, a prática de embebição se torna dificultada. Isso porque normalmente os feijões são embebidos manualmente, fazendo com que, na prática, a metodologia de cozimento exija pelo menos duas pessoas para que seja realizada.

Exemplificando, se o cozimento for ocorrer durante um dia inteiro e a primeira parcela de amostras avaliadas precise estar na panela às 9 horas da manhã; os grãos dessa parcela devem ser embebidos 8 horas antes, ou seja, à 1 hora da manhã. Além disso, a última parcela a ser avaliada no dia tem seu planejamento de cozimento a partir das 17 horas da tarde, e assim, precisa ser embebida às 11 horas. Considerando a embebição da primeira parcela até o tempo de cozimento da última parcela, se considera uma jornada de trabalho de 16 horas, tornando a avaliação



Figura 1. Cozedor de Mattson com 25 Feijões (Autores)

exaustiva e podendo induzir erros por cansaço. Por isso, normalmente a avaliação de cozimento dos grãos de feijão é realizada por duas pessoas, onde uma embebe os grãos e outra cozinha.

Então, faz-se necessário a automatização do processo de embebição de feijões, que é também uma inovação tecnológica para os programas de melhoramento genético. A automação permite otimizar o uso de recursos humanos no processo de avaliação, reduzindo carga horária na jornada de trabalho e o número de pessoas necessárias para a realização dos ensaios do tempo de cozimento.

2. Objetivo

Buscando inovar e melhorar o embebição dos feijões, este trabalho almeja desenvolver um equipamento que automatize o processo de preparar os grãos para ensaios no laboratório. Em função das limitações no ambiente, esse sistema deve ser o mais compacto e barato possível, além de ser simples e intuitivo, de forma que os alunos não tenham que entender de mecânica ou eletrônica para configurar qualquer parte do conjunto. Como não existe dispositivo similar para essa aplicação e efeitos de comparação e que seja de conhecimento dos autores, foi estabelecido um teto de gastos para esse projeto de R\$ 800,00.

3. Desenvolvimento Teórico

A automação da plataforma e o mecanismo que despejará os grãos em cada pote, no intervalo correto, são os principais problemas a serem abordados neste trabalho. Então, para que seja possível o desenvolvimento de uma solução eficiente, faz-se necessário a revisão de conceitos envolvendo Motores de Passo e sistemas eletrônicos.

3.1 Motor de Passo

O motor de passo é um atuador muito utilizado em aplicações de controle, como impressoras 3D, máquinas CNC, entre outros sistemas cujo requisito é precisão, velocidade constante, e a possibilidade de controlá-lo sem *feedback*. (Jones, c2004).

3.1.1 Driver

Para que a corrente flua pelas bobinas do motor é preciso um *driver* que realize o chaveamento dos sinais. Ele é necessário pois, normalmente, microcontroladores não conseguem fornecer corrente para energizar um motor de passo. O *driver*, portanto, atua o motor em alta corrente usando os sinais de baixa corrente enviados pelo microcontrolador.

3.1.2 Tamanho do Passo

Cada sinal que é enviado ao motor faz com que o rotor gire um passo e o tamanho desse passo varia entre os motores. Essa característica torna-se relevante dependendo da necessidade de precisão. Por exemplo, um motor que contenha 200 passos consegue ter uma precisão de $1,8^\circ$. Apesar da boa precisão dos motores de passo, eles ainda podem ter problemas mecânicos, derivados de falhas em mecanismos. Porém, não são cumulativas e oscilam de 3 a 5% no deslocamento total (System, c2021).

Existem três diferentes abordagens, usando *drivers*, para controlar o passo dos motores: *Full Step*, *Half Step* e *Microstep*. A forma *Full Step* é a forma mais simples de controlar o motor: para cada pulso do controlador, uma

bobina é ativada completamente. Nesse modo, o motor consome mais corrente, oferece mais torque e gera mais ruído (System, c2021).

Um controle *Half Step* reduz o torque máximo do motor para ganhar em eficiência. Essa abordagem funciona subdividindo as etapas de controle no modo *Full Step*, consumindo 400 pulsos do controlador que acionam 2 bobinas para cada pulso, com um sinal intermediário acionando somente uma bobina (Murta, 2016). Por fim, com o *Microstep* é possível subdividir ainda mais o controle das bobinas para ganhar mais eficiência. Esse método requer *drivers* especializados capazes de energizar as bobinas de forma suave ao longo do tempo.

3.2 Memória EEPROM

Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (EEPROM) é uma memória não-volátil; com ela, as informações guardadas não são perdidas quando o sistema é desenergizado. Geralmente, se compradas separadamente, possuem um preço mais elevado e, normalmente, uma quantidade de armazenamento reduzido. Contudo, elas costumam vir embarcadas em controladores, reduzindo o seu custo (Vieira, 2016).

4. Desenvolvimento Prático

Então, projetou-se um sistema compacto, com capacidade para automatizar 20 potes. O projeto foi feito usando MDF 6mm, minimizando o preço e o custo total. Apesar do MDF não ser resistente à água, manteve-se essa escolha e optou-se por um MDF que possui uma cobertura de tinta, que posteriormente receberá uma camada de verniz nas regiões expostas à umidade.

Para cada pote, há um tubo de PVC onde estão armazenados os feijões, e que são impedidos de passar pelo tubo até o pote por meio de uma peça indicada em verde na Figura 2. Quando a peça, em azul, se move com a rotação do eixo, ela faz com que a peça em verde deslize para fora do sistema, e rotacione, liberando os feijões pelo furo indicado na Figura 3. Para reinserir novos grãos na plataforma, o operador deve se atentar em recolocar a peça e alinhar outro furo indicado na Figura 4 com a borda externa. Dessa forma, o mecanismo não correrá risco de travar internamente.

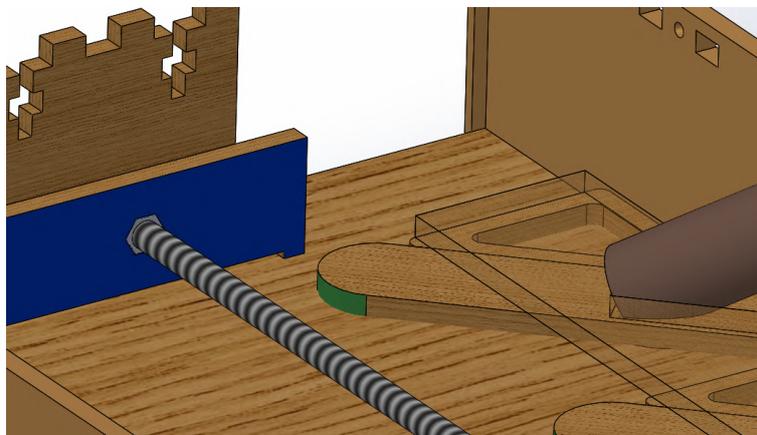


Figura 2. Mecanismo completo (Autores)

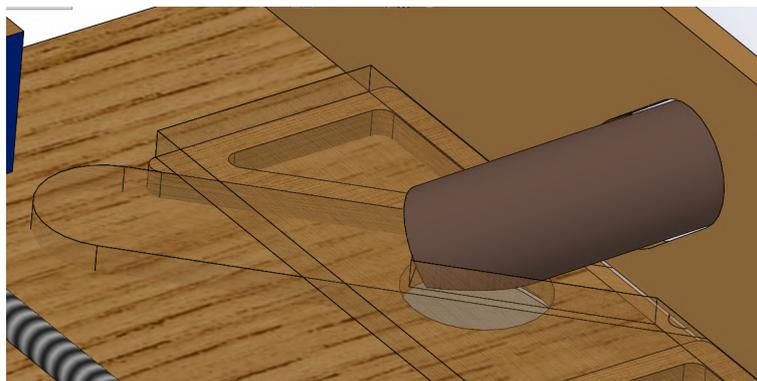


Figura 3. Furo por onde passam os feijões (Autores)

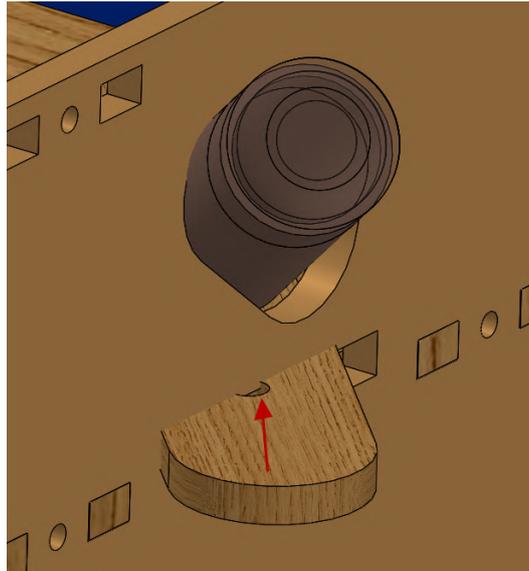


Figura 4. Furo limite para guiar o operador (Autores)

O tubo PVC é colado na estrutura madeira usando Poxipol® – uma solda plástica que consegue fixar diversos materiais, incluindo madeira e PVC –. Cada tubo PVC é colado em 2 pontos, um na base do mecanismo e outro na parte externa, por onde sai ao ambiente de forma diagonal (Figura 5). Isso foi desenvolvido para que os operadores pudessem, com fácil acesso, repor novos grãos dentro do tubo.

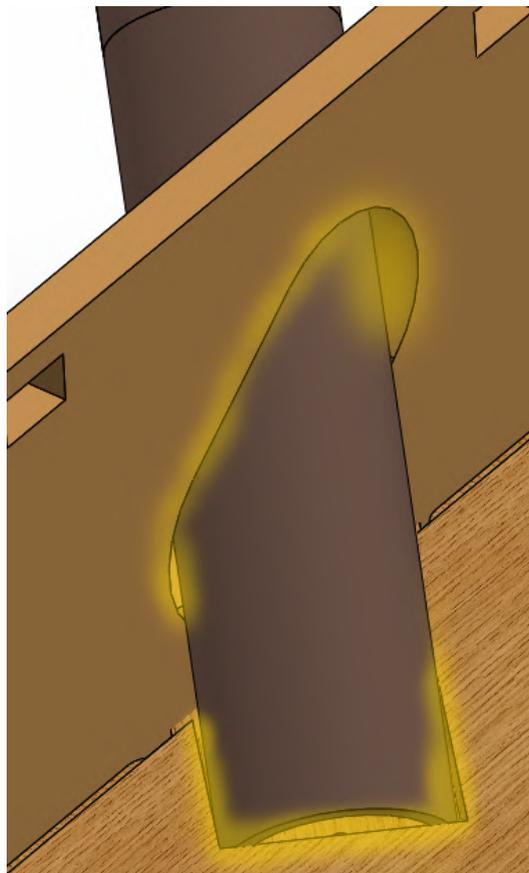


Figura 5. Regiões com cordão de cola em amarelo (Autores)

Para movimentar a barra roscada, que realiza o movimento das partes de cada conjunto de mecanismo, foi selecionado um motor de passo NEMA 17 com Driver A4988 (Figura 6). Esse motor e driver são muito utilizados em projetos de impressoras 3D ou CNC, e, por isso, certamente terão capacidade para rotacionar a barra. A conexão

entre ambos é realizada com um tubo grosso de silicone, que é amarrado com o eixo do motor por meio de abraçadeiras, e rosqueado na barra. A Figura 7 demonstra essa montagem na prática.

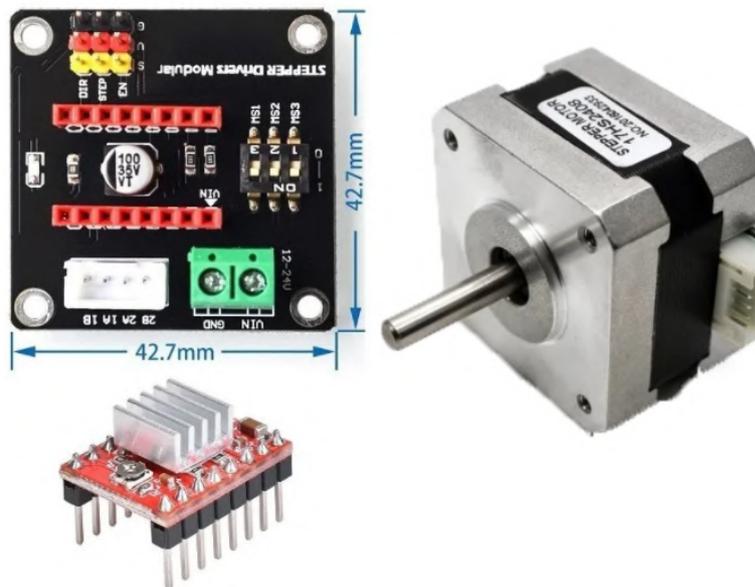


Figura 6. Motor de Passo utilizado com sua Placa e Driver de controle (Adaptado de Mercado Livre, 2022)



Figura 7. Conexão do motor com o eixo (Autores)

Para reduzir o número de componentes eletrônicos, o controle desse motor ocorre em malha aberta, o que também motivou a seleção do motor de passo. Com ele, é possível testar de forma prática quantos passos são necessários para disparar cada mecanismo, e parametrizar isso em código para que os feijões caiam em intervalos de tempo pré-definidos.

Contudo, é importante que as informações a respeito desses intervalos de tempo sejam armazenadas, de forma que possam ser consultadas posteriormente pelo operador, confirmando que a automação foi realizada com sucesso. Então, fez-se necessário o uso de um módulo *Real-Time-Clock* (RTC), que fornece dados com data e hora para que o controlador possa armazenar as informações e reportá-las ao operador. Esse armazenamento pode ser realizado com uma memória EEPROM.

O controlador selecionado para comandar o motor e o RTC foi o ATMEGA328P com a placa Arduíno Uno. Esse componente possui um número de portas dentro do necessário e contém uma memória EEPROM interna que pode ser utilizada, sendo compatível, também, com o *driver* do motor de passo. Além disso, é amplamente conhecido, possui uma vasta documentação disponível na internet, e permite comunicação serial pela USB de um computador (Atmel, 2015).

Por meio da comunicação serial com a IDE do Arduíno, é possível implementar um sistema para o operador ler os dados da memória EEPROM, e controlar a plataforma de modo geral. O controlador é programado em C/C++ por meio da biblioteca `<Arduíno.h>`.

O módulo RTC utilizado foi o modelo DS3231, compatível com o controlador, que se comunica via protocolo

I2C (integrated, 2015). Para a alimentação do sistema, utilizou-se uma Fonte RTX (Figura 8) com capacidade para 17A, que conseguirá fornecer energia suficiente para alimentar os dois Motores de Passo, que não devem exceder 3A em operação.

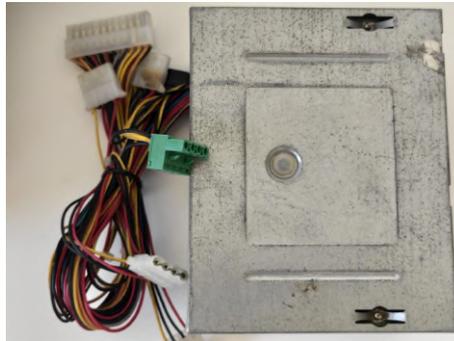


Figura 8. Fonte ATX utilizada (Autores)

Com isso, têm-se o esquema elétrico do projeto (Figura 9), que será implementado com uma *shield* de Arduino (Figura 10) e fixado internamente na plataforma. A fonte ATX, devido o seu tamanho, irá ser fixada na parte externa, sobre o conjunto de madeira. O projeto do sistema pode ser visualizado de forma completa na Figura 11. Salienta-se ainda que, para automatizar o processo em todos esses potes, de forma compacta, o sistema foi pensado para ter duas seções sobrepostas para armazenar potes (Figura 12), pois, dessa maneira é ocupado o mesmo espaço em largura e comprimento.

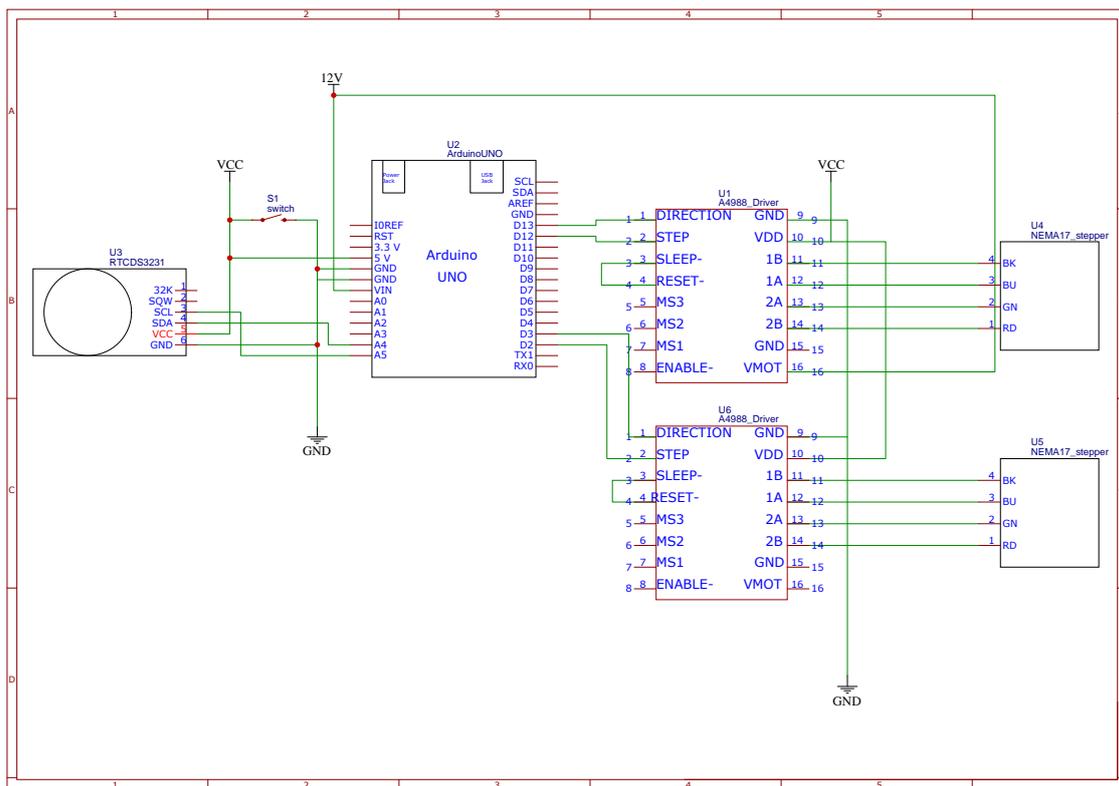


Figura 9. Diagrama Elétrico simplificado do sistema (Autores)

5. Resultados Esperados

O projeto ainda não foi testado e implementado na prática, com todos os recursos. O conjunto geral de peças ainda não foi fabricado, somente a estrutura principal e peças para 1 mecanismo. Os primeiros testes com essas peças e com a estrutura principal montada demonstrou que o sistema é promissor pois o mecanismo base funciona. Além disso o motor de passo foi montado com a barra rosca e conseguiu movimentar todo o sistema, com velocidade acima do mínimo necessário. Por esses motivos, espera-se que, com a implementação de todos os

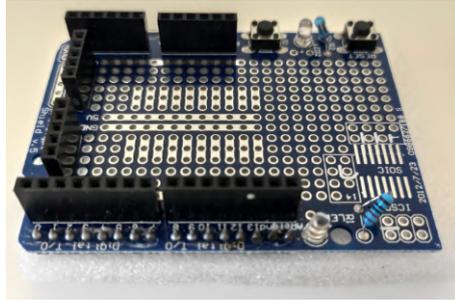


Figura 10. Shield que será usada para conectar o Arduino aos demais componentes (Autores)

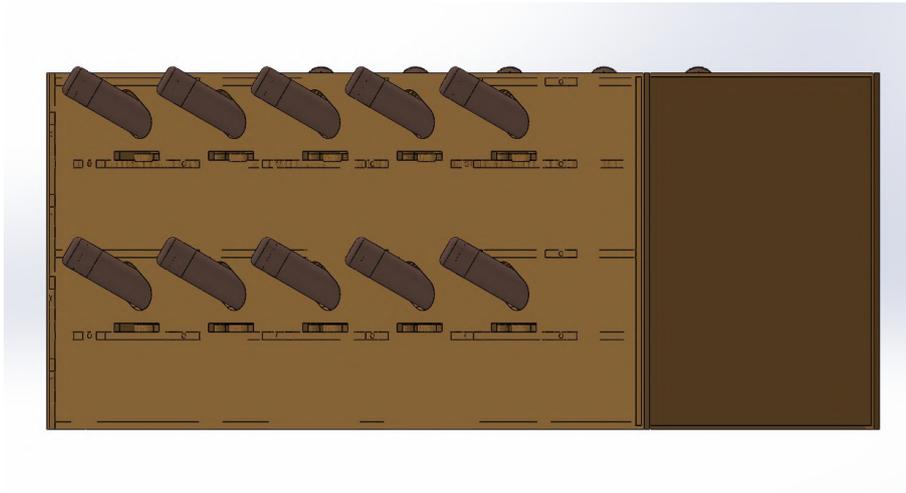


Figura 11. Visualização Lateral do sistema completo (Autores)

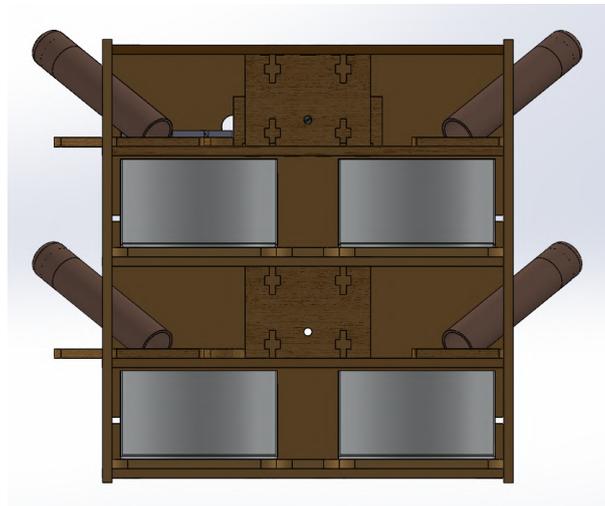


Figura 12. Visualização Frontal do sistema completo sem a tampa (Autores)

mecanismos, tudo funcione e a plataforma seja finalmente instalada em laboratório de forma definitiva.

Por fim, destaca-se que o custo total do sistema não ultrapassou o teto estabelecido pelos autores. A tabela 1 descreve o custo de cada componente¹, onde o total repete o limite de R\$ 800,00.

6. Conclusões Esperadas

Portanto, com os resultados promissores, espera-se que a plataforma possibilite uma flexibilização na jornada de trabalho na preparação dos ensaios de feijões, e permita que os resultados sejam obtidos com mais ergonomia e segurança. Considerando que a plataforma oferece suporte a 20 amostras, e considerando que são preparadas

¹Componentes doados para o projeto, como a Fonte ATX, não estão considerados nos custos

Tabela 1. Descrição do Custo Total

Componente	Custo
MDF	R\$ 220,00
Corte a Laser	R\$ 200,00
Motores	R\$ 130,00
Eletrônicos	R\$ 120,00
Outros Materiais	R\$ 50,00
Total	R\$ 720,00

amostras com intervalos fixos de 30min, têm-se uma automação de até 10h no embeбimento dos feijões.

7. REFERÊNCIAS

- Atmel, 2015. "Atmega328p datasheet". Atmel Corporation.
- integrated, M., 2015. "Extremely accurate i2c-integrated rtc/tcxo/crystal". Maxim Integrated Products, Inc.
- Jones, D.W., c2004. "Stepping motors fundamentals". Microchip Technology, <<http://www.t-es-t.hu/download/microchip/an907a.pdf>>.
- Ministério da Agricultura, P.e.A..M., 2022. "Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares – rnc". MAPA 23, mai. 2006 <<https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/semntes-emudas/publicacoes-semntes-e-mudas/INN25de23demaio2006.pdf/view>>.
- Murta, J.G.A., 2016. "Guia completo do motor de passo 28byj-48 e driver uln2003". Eletrogate <<https://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-motor-de-passo-28byj-48-driver-uln2003>>.
- PROCTOR, J. R.; WATTS, B.M., 1987. "Development of a modified mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation". *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, Vol. 20, pp. 9–14.
- System, A.M., c2021. "Stepper motor system basics". Step Control.
- Vieira, G.T., 2016. *Projeto de Um Sistema Embarcado Para Controle de Temperatura Utilizando o Atmel ATX-MEGA32A4U*. Master's thesis, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.