

**SISTEMA EMBARCADO PARA COLORAÇÃO AUTOMÁTICA  
DE LÂMINAS HEMATOLÓGICAS**  
**EMBEDDED SYSTEM FOR AUTOMATIC STAINING OF HEMATOLOGICAL  
SLIDES**

**Felipe Eliseu Meireles<sup>1</sup>; Tayenne Lalesca Moreira Estevam<sup>2</sup>;  
Leonardo Henrique de Melo Leite<sup>3</sup>**

- 1 Engenheiro Eletricista. UNIBH, 2018. Belo Horizonte, MG.  
[felipeeliseu@gmail.com](mailto:felipeeliseu@gmail.com).
- 2 Engenheira Eletricista. UNIBH, 2017. Belo Horizonte, MG.  
[tayenne.lalesca@yahoo.com.br](mailto:tayenne.lalesca@yahoo.com.br).
- 3 Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais. UFMG. Engenheiro Sênior da FITec – Fundação para Inovações Tecnológicas. Professor Ajuento do Curso de Eng. Elétrica do Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH. Belo Horizonte, MG.  
[leonardo.leite@prof.unibh.br](mailto:leonardo.leite@prof.unibh.br).

Recebido em 03/10/2017; Aceito em 26/12/2018; Publicado em 28/12/2018

*RESUMO: O processo de coloração de lâminas hematológicas para análise microscópica é utilizado para que seja possível realizar a contagem das células do sangue. Atualmente existem as formas automática, semiautomática e manual para a realização deste processo. Esse artigo apresenta o desenvolvimento do protótipo de um sistema embarcado para coloração automática de lâminas hematológicas, concebido para torná-lo flexível, confiável e de custo atrativo. O protótipo desenvolvido foi testado em laboratório comercial seguindo os protocolos de coloração estendida e de colocação rápida. A partir da obtenção de fotos microscópicas das lâminas, certificadas por laboratoristas credenciados, pode-se comprovar a qualidade do resultado da coloração e, conseqüentemente, a eficiência do protótipo desenvolvido.*

*PALAVRAS CHAVE: Automação. Coloração. Lâminas hematológicas.*

*ABSTRACT: The staining hematological slides process for microscopic analysis is used to be possible perform the count of the blood cells. Currently there are the automatic, semi automatic and manual forms for carrying out this process. This article presents the development of the prototype of an embedded system for automatic staining of haematological slides, designed to make it flexible, reliable and cost-effective. The prototype developed was tested in commercial laboratory following the protocols of extended staining and fast staining. By obtaining microscopic photos of the slides, certified by accredited laboratoristas, it is possible to prove the quality of the coloring result and, consequently, the efficiency of the developed prototype.*

*KEYWORDS: Automation. Coloring. Hematologic blades.*

## 1 INTRODUÇÃO

A palavra automação é proveniente do latim *automatus* e significa mover-se por si. Várias definições estão disponibilizadas, mas pode-se resumir o conceito de automação como a aplicação de técnicas maquinizadas e/ou computadorizadas com o intuito de tornar um processo mais eficiente, aumentando a produção, reduzindo o tempo de realização das atividades, os desperdícios, e a utilização de mão de obra humana. Nas últimas décadas, a introdução da automação na medicina laboratorial foi destacada na busca de eficiência e viabilidade das empresas atuantes nesse setor (CAMPANA; OPLUSTIL, 2011).

Atualmente, diversos exames clínicos têm seus processos realizados de forma automatizada. Este artigo está focado na automação de um dos processos do Hemograma, exame que realiza a análise celular quantitativa e qualitativa para suporte ao diagnóstico dos pacientes (FAILACE; PRANKE, 2004). O objetivo do hemograma é contar as células da série branca (leucócitos), vermelha (hemácias) e as plaquetas. Os equipamentos que estão à disposição no mercado oferecem confiabilidade em seus resultados e rapidez na liberação desses exames, dando condição para trabalho contínuo. Os resultados dos hemogramas considerados normais são liberados diretamente sem revisão de lâmina em microscopia complementar (BANDEIRA *et al.*, 2014), enquanto as demais seguem para o preparo, coloração e revisão microscópica. Essas tarefas são classificadas como mais demoradas do laboratório de hematologia e exigem o envolvimento de profissionais com elevada competência técnica (GULATI *et al.*, 2009; PIERRE, 2002).

A preparação da lâmina é feita a partir de uma técnica denominada distensão, na qual uma gota de sangue é depositada na lâmina a ser analisada e, outra lâmina, denominada distensora, é posicionada a um ângulo de

25° a 30° na frente da gota de sangue e recuada até tocá-la. Nesse momento, o material preenche toda borda da lâmina distensora que deve ser estendida de forma uniforme, com o intuito de criar uma fina película de sangue sobre a lâmina a ser analisada (BAIN, 2007).

A coloração da lâmina, processo a ser automatizado pelo protótipo desenvolvido neste artigo, consiste em três fases: fixação, coloração e lavagem (BAIN, 2007).

- **Fixação:** A preparação a ser corada deverá ser previamente fixada através de metanol absoluto.
- **Coloração:** Para realização da contagem das células, as mesmas devem ser classificadas, sendo possível somente através da coloração, que torna-as visíveis e diferenciáveis, permitindo a análise microscópica. Os componentes que se coram com corantes básicos são chamados basófilos e os que se coram com corantes ácidos são chamados acidófilos. O azul-de-metileno é um exemplo de corante básico e a eosina um exemplo de corante ácido, sendo que não há consenso entre os laboratórios quanto à escolha do melhor corante.
- **Lavagem:** Nesta etapa as lâminas são lavadas com o uso de água e em seguida secas ao ar livre. Depois de finalizado esse processo a lâmina estará pronta para ser analisada em microscópio.
- 

Atualmente existem três formas utilizadas no processo de coloração:

- **Completamente Automatizado:** Neste processo o próprio equipamento prepara a lâmina, porém os corantes são aplicados nas

mesmas por meio de tubulações hidráulicas. Nesse caso, manutenções nos tubos e agulhas são recorrentes devido ao entupimento por partículas de fluidos, podendo ocasionar a quebra de algumas lâminas e o mau funcionamento do equipamento pelos estilhaços. Outro problema apresentado pelo processo completamente automatizado é a limitação de intervenção dos técnicos que manuseiam o sistema, impossibilitando o ajuste do tempo de coloração das lâminas e, conseqüentemente, limitando o uso exclusivo dos corantes comercializados pela empresa responsável pela venda e distribuição do equipamento.

Esses equipamentos normalmente são utilizados em hospitais de grande porte, como por exemplo o João XXIII e o Ipsemg, localizados em Belo Horizonte, MG.

- **Semiautomatizado:** Neste processo o usuário precisa preparar a lâmina previamente, uma vez que o equipamento só realiza a coloração de maneira automatizada. Os corantes também são aplicados por meio de tubulações hidráulicas e o tempo de coloração também é pré-determinado pelo sistema. Portanto, esse equipamento apresenta os mesmos problemas do anterior, ou seja, alto número de manutenções e fidelização dos corantes a serem utilizados.
- **Modo Manual:** É o método que permite maior intervenção ao técnico da área, possibilitando a escolha dos corantes e a determinação da cor adequada da lâmina, pois o tempo que esta fica imersa é manipulado pelo próprio técnico. A desvantagem desse processo é a utilização da mão de obra humana em uma tarefa demorada e repetitiva, que está sujeita a erros e

ineficiência, gerando um custo mais elevado ao laboratório.

Este artigo tem o objetivo de apresentar o desenvolvimento de do protótipo de um sistema embarcado para coloração automática de lâminas hematológicas, testado em laboratório. Esse protótipo foi desenvolvido para possibilitar ao usuário a flexibilidade de utilizar qualquer corante disponível no mercado, proporcionar o acesso sobre o controle da cor da lâmina, uma vez que torna-se possível manipular o tempo que ela ficará imersa nos corantes e, conseqüentemente, possibilitar um número inferior de manutenções devido a não utilização de sistemas hidráulicos.

## 2 METODOLOGIA

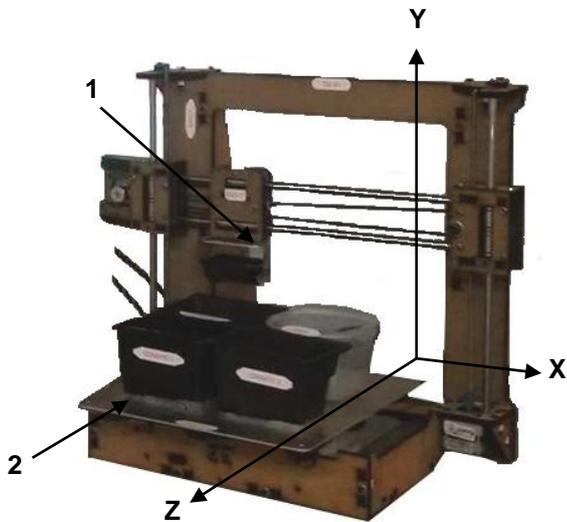
A metodologia foi baseada na concepção de um protótipo para automatizar o processo de coloração de lâminas hematológicas, a partir de estudos dos principais processos envolvidos, do funcionamento de equipamentos similares de mercado e da possibilidade de se criar um produto flexível, confiável e de custo atrativo.

Numa primeira fase, os equipamentos existentes no mercado foram analisados e necessidades de melhorias no processo de coloração utilizadas foram identificadas. Com base nessa análise, o protótipo funcional foi idealizado, desenvolvido e testado, conforme apresentado neste artigo.

### 2.1 ASPECTOS CONSTRUTIVOS

O protótipo desenvolvido foi construído a partir de uma estrutura em MDF dotada de três eixos cartesianos com motores de passo acoplados em seus eixos. A Figura 1 demonstra a estrutura em questão.

Figura 1 - Estrutura em MDF com três eixos cartesianos



Fonte - Próprio autor.

Em que:

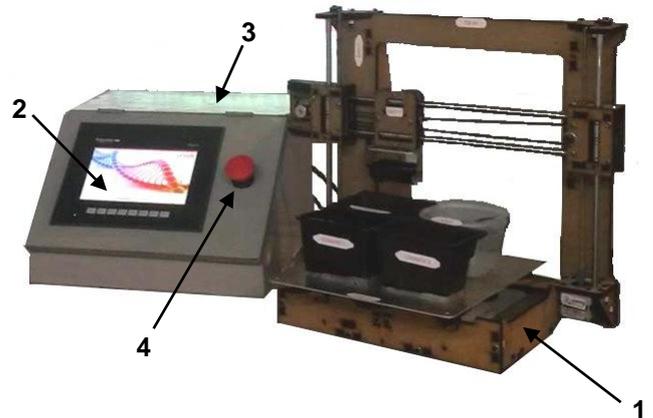
- 1 – Rack para dispor 20 lâminas, já preparadas, a serem imersas nos corantes.
- 2 – Recipientes para depósito dos corantes.

Como pode-se perceber, no eixo Z, que se movimenta para frente e para trás, foi fixada uma chapa metálica com os recipientes nos quais os corantes serão depositados. No eixo X foi fixado um rack para disposição das lâminas, que se movimenta para direita e para a esquerda. O eixo X se movimenta para cima e para baixo através dos parafusos do tipo rosca sem fim que existem em ambas as extremidades do eixo Y.

Para promover o acionamento dos motores acoplados em cada um desses eixos e atender as informações recebidas do usuário pela interface homem-máquina, foram utilizados componentes de *hardwares* e *softwares* que estão descritos neste artigo.

A Figura 2 apresenta o protótipo completo. A caixa acoplada à esquerda da estrutura, além de ter a função de uma mesa de comando, armazena os *hardwares* e *softwares* do sistema.

Figura 2 - Protótipo completo



Fonte - Próprio autor.

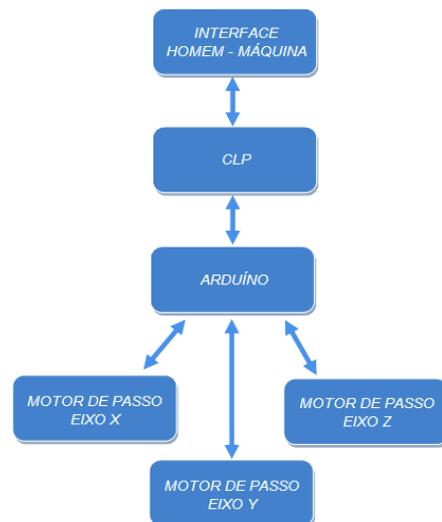
Legenda:

- 1 – Estrutura em MDF detalhada na Figura 1
- 2 – Tela da IHM
- 3 – Caixa que comporta o Arduino, o PLC, o Driver dos motores de passo e 2 fontes.
- 4 – Botão de Emergência

## 2.2 FUNCIONAMENTO

O funcionamento do protótipo pode ser descrito através do fluxograma de processo apresentado pela Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma do processo de Coloração de Lâminas



Fonte - Próprio autor.

O processo se inicia a partir da interface homem-máquina, em que se faz toda a configuração das variáveis (tempo de imersão da lâmina em cada corante, ordem de deslocamento, uma vez que os recipientes são numerados em 1, 2 e 3, etc.) pelo usuário. O CLP, por sua vez, é o responsável por promover a comunicação entre a IHM e o Arduino, plataforma responsável por programar o funcionamento dos motores de passo.

O motor de passo é um transdutor capaz de converter pulsos elétricos em movimentos mecânicos angulares discretos. Esses possuem a característica de fácil controle e precisão do seu deslocamento (QUEIROZ, 2002). Existem três tipos de motor de passo: imã permanente, relutância variável e híbrido. No protótipo, foram utilizados os do tipo imã permanente modelo Nema 17.

Para que os motores conseguissem receber os pulsos provenientes da plataforma Arduino e convertê-los em movimento dos motores de passo, utilizou-se o Driver modelo A4988 (DMOS A4988, 2017).

O Arduino, plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* e *software* de fácil entendimento (McROBERTS, 2011), foi utilizado para programar os deslocamentos dos motores, bem como os tempos em que cada lâmina deve ficar imersa nos respectivos corantes, além de disponibilizar ao usuário opções de modo de operação Manual/Automático e função Liga/Desliga. O modelo utilizado foi o AT-MEGA, que, juntamente com uma placa extensora, disponibilizou a quantidade necessária de portas demandas pelo protótipo. A programação foi desenvolvida na linguagem C e as saídas foram interligadas a um CLP a partir de uma placa de relés.

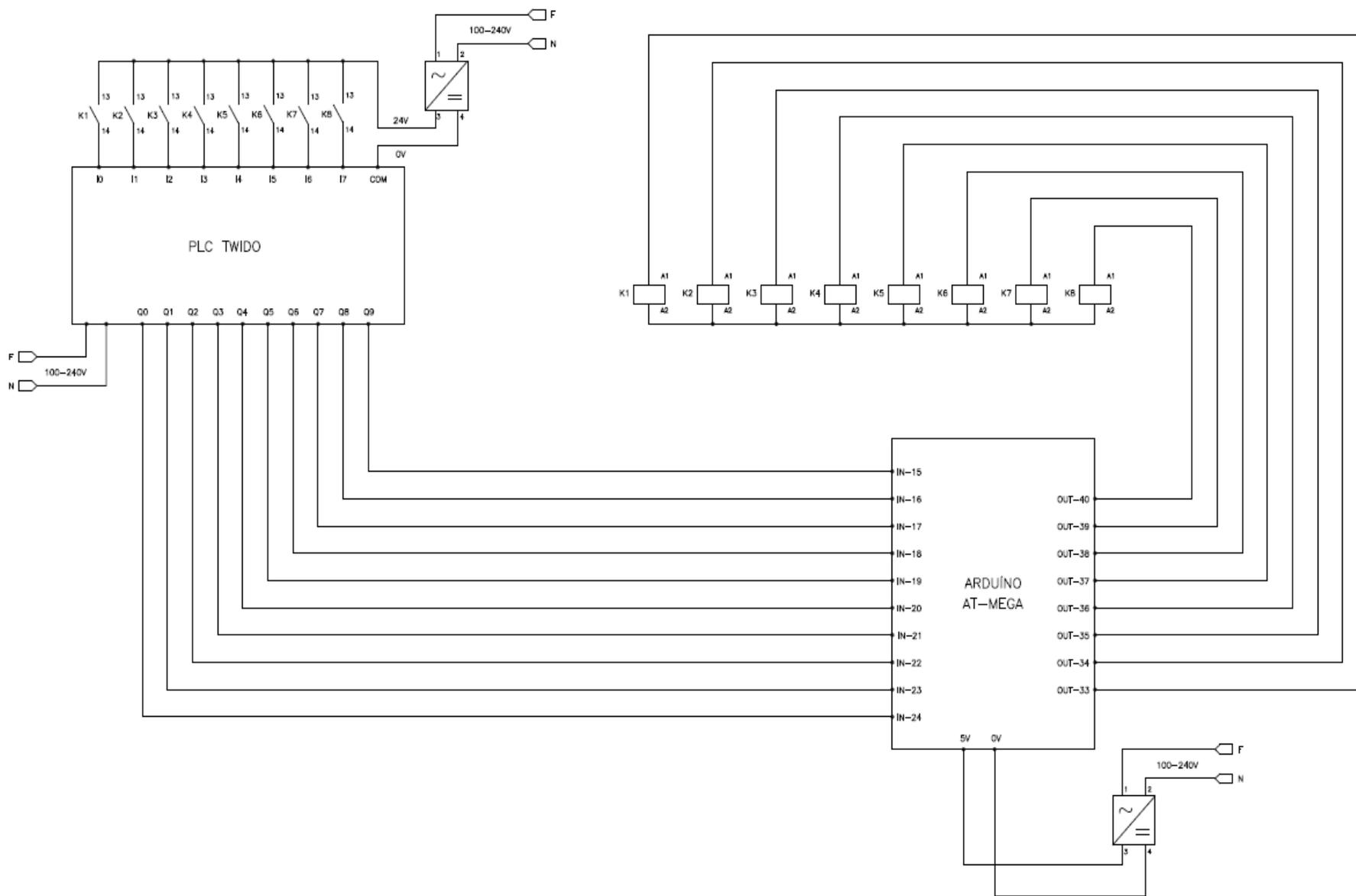
Por motivo de particularidade do CLP utilizado, não foi possível promover a comunicação serial pelo arduino, por isto foi necessária a confecção de uma placa de relés. O diagrama eletroeletrônico apresentado na Figura 4 demonstra como foi realizada essa interface.

Pode-se perceber que as bobinas dos relés foram alimentadas com 5 V (tensão disponibilizada pelo arduino) e os contatos dos mesmos foram alimentados com 24 V (tensão necessária para acionar entradas de um CLP).

O CLP (Controlador Lógico Programável), usado tipicamente em aplicações industriais (SILVEIRA; LIMA, 2003), foi utilizado com o intuito de promover a comunicação entre o Arduino e a IHM. O modelo utilizado foi o Twido, da Schneider Eletric, devido ao seu formato compacto e sua flexibilidade nos serviços. Para programar o CLP foi criada uma lógica numa estrutura de programação denominada LADDER, linguagem que se assemelha a diagramas elétricos comuns.

Para fazer a interface entre o usuário e o equipamento, foi utilizada uma IHM HMIS5T, também da Schneider Eletric, que permite ao usuário o controle e diagnóstico do processo (GUTIERREZ; PAN, 2008). O *software* escolhido foi o Vijeo Designer, que permite fazer a programação da estrutura lógica do processo e também a construção da área gráfica, tornando possível a criação de telas interativas que, permitem ao usuário preencher o tempo e a sequência dos corantes, bem como acompanhar o processo em tempo real.

Figura 4 – Diagrama de interface entre o CLP e o Arduino



Fonte - Próprio autor.

## 2.3 CUSTO DO PROTÓTIPO

A composição do preço do protótipo foi baseada em um levantamento dos custos dos principais componentes que o compõem, conforme identificados na Tabela 1.

Tabela 1 - Orçamento dos principais componentes que compõe o protótipo proposto

| Tabela de Orçamento dos materiais utilizados no protótipo |  |      |        |                     |              |
|---|--|------|--------|---------------------|--------------|
| Item  | Descrição do produto                         | Und. | Quant. | Loja 1              | Loja 2       |
| 1   | Estrutura completa MDF                       | Pç   | 1      | <b>R\$ 605,10</b>   | R\$ 738,40   |
| 2   | Driver 4988                                  | Pç   | 4      | <b>R\$ 72,00</b>    | R\$ 75,00    |
| 3   | Fonte Alimentação 100 a 240 V Vca para 12vcc | Pç   | 1      | <b>R\$ 25,90</b>    | R\$ 59,00    |
| 4   | Kit Arduino                                  | Pç   | 1      | <b>R\$ 335,35</b>   | R\$ 354,51   |
| 5   | Motor de Passo - NEMA 17 - 1,1 kgf.cm        | Pç   | 4      | <b>R\$ 298,00</b>   | R\$ 313,20   |
| 6   | PLC TWIDO                                    | Pç   | 1      | <b>R\$ 603,38</b>   | R\$ 798,00   |
| 7   | IHM (Magellis HMISTO511                      | Pç   | 1      | <b>R\$ 809,00</b>   | R\$ 1.122,63 |
| 8   | Diversos                                     | Pç   | 18     | <b>R\$ 228,20</b>   | R\$ 248,52   |
| <b>TOTAL</b>  |  |      |        | <b>R\$ 2.976,93</b> | R\$ 3.709,26 |

Fonte - Próprio autor.

O custo do protótipo totaliza-se em aproximadamente R\$3.000,00, desconsiderando gastos referentes à mão de obra e licenças de programas.

Levando-se em consideração a estimativa de custos de produção e obtenção de licença de *software*, o valor médio total do protótipo foi estimado em R\$ 10.000,00.

Uma pesquisa de mercado foi feita para avaliar a viabilidade econômica de se produzir o protótipo proposto em comparação com os equipamentos completamente automatizados e semiautomatizados. A Tabela 2 expõe o resultado dessa pesquisa.

Tabela 2 - Comparativo de preço entre o protótipo proposto e os equipamentos existentes no mercado atual

| Comparativo de preço |                |
|----------------------|----------------|
| Equipamento          | Preço          |
| Automatizado         | R\$ 100.000,00 |
| Semiautomatizado     | R\$ 16.000,00  |
| Proposto             | R\$ 10.000,00  |

Fonte - Próprio autor.

Esse resultado se torna ainda mais satisfatório, quando o fator manutenção é analisado, uma vez que o equipamento proposto demandará potencialmente um número inferior de manutenções, por não utilizar tubulações hidráulicas, causa principal do maior número de manutenções nos demais equipamentos.

## 3 TESTES DO PROTÓTIPO

Para comprovar o funcionamento do protótipo foram realizados testes a partir de dois cenários: o primeiro seguindo o protocolo de coloração estendida (May-Grunwald-Giemsa (SILVA *et al.*, 2009)) e o segundo seguindo o protocolo de coloração rápida. Esses são os dois métodos utilizados pelos técnicos para realizar a coloração de forma manual e, em ambos, é necessário que a lâmina fique submersa em diferentes corantes por diferentes intervalos de tempos. Dessa forma, torna-se possível comprovar a versatilidade do protótipo, que permite a utilização de intervalos de tempos diferentes de acordo com os protocolos de coloração a serem seguidos, entregando como resultado uma lâmina corada conforme padrões necessários para leitura microscópica.

Os testes foram realizados no laboratório de um dos hospitais de Belo Horizonte, pois foi necessário utilizar lâminas devidamente preparadas, ou seja, com distensões sanguíneas satisfatórias, tarefa que apenas um técnico experiente poderia realizar. Além disso, foi necessária a utilização de corantes de duas

marcas distintas, que também foram disponibilizados pelo laboratório em questão. Por solicitação de sigilo, o nome do hospital e as marcas dos corantes foram aqui omitidos.

Os protocolos de coloração utilizados no teste são procedimentos seguidos pelo laboratório com o intuito de garantir que a coloração manual apresente um resultado satisfatório. Como o protótipo efetua o processo de coloração de forma similar à coloração manual, também deverá seguir os protocolos, os quais estão descritos a seguir:

- **Protocolo de Coloração Estendida**

Para realizar a coloração estendida deve-se utilizar duas soluções, May-Grunwald e Giemsa, e executar três etapas:

*Primeira etapa:* a lâmina deve ser submergida durante quatro minutos em um recipiente contendo o corante May-Grunwald.

*Segunda etapa:* a lâmina deve ser submergida em um recipiente com água destilada durante 1 minuto.

*Terceira etapa:* a lâmina deve ser submergida durante 12 minutos em um recipiente que contenha o corante Giemsa diluído.

Por fim, a lâmina deve ser imergida em água por 20 segundos com o intuito de parar a reação e deve ser colocada para secar na posição vertical.

- **Protocolo de Coloração Rápida**

Para realizar a coloração rápida deve-se utilizar três soluções e a imersão da lâmina em cada uma delas corresponde a cada etapa descrita a seguir:

*Primeira etapa:* a lâmina deve ser submergida na solução nº 1 durante 10 segundos.

*Segunda etapa:* a lâmina deve ser submergida na solução nº 2 durante 10 segundos.

*Terceira etapa:* a lâmina deve ser submergida na solução nº 3 durante 20 segundos.

Por fim, a lâmina deve ser imersa em água deionizada recente por 20 segundos.

### 3.1 CONFIGURAÇÃO DO PROTÓTIPO PARA REALIZAÇÃO DOS PROTOCOLOS DE COLORAÇÃO

Para que o protótipo realizasse a coloração das lâminas a partir dos protocolos de coloração citados na seção anterior foi necessário configurá-los através das telas da IHM.

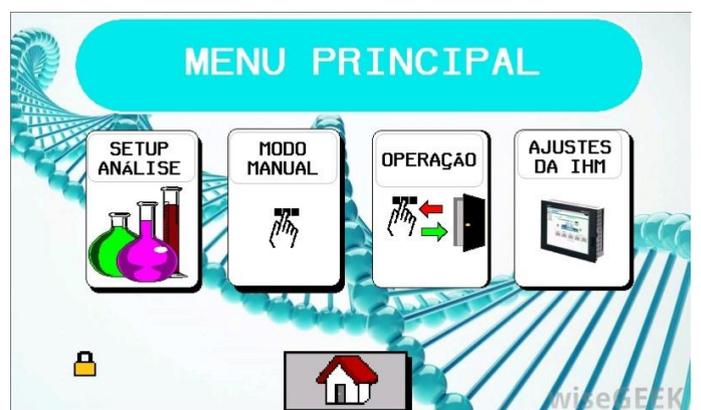
As Figuras 5 e 6 ilustram a tela Inicial e a tela de Menu Principal do equipamento desenvolvido.

Figura 5 - Tela Inicial IHM



Fonte - Próprio autor.

Figura 6 - Menu do Equipamento



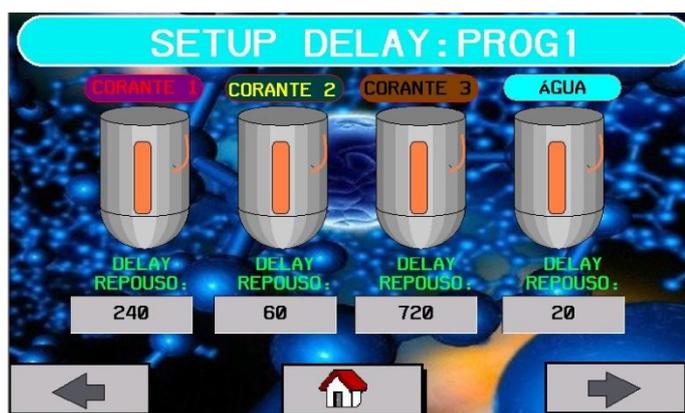
Fonte - Próprio autor.

A tela de Menu Principal é uma das mais importantes, pois através dela o usuário pode determinar se o equipamento vai funcionar de forma manual ou automática, a sequência dos corantes e os tempos de imersão das lâminas em cada corante.

Durante o teste foi selecionada inicialmente a tecla SETUP ANÁLISE, que direciona o usuário para a tela de criação dos programas. Nesse momento, foram criados dois programas de coloração, seguindo os tempos dos protocolos aqui citados.

O programa 1 foi criado seguindo o protocolo de coloração estendida, cuja configuração está ilustrada na tela exibida na Figura 7.

Figura 7 - Programa 1



Fonte - Próprio autor.

Os tempos são inseridos em segundos e relatam exatamente as etapas citadas no protocolo de coloração estendida.

Posteriormente, o usuário criou o Programa 2 que segue o protocolo de coloração rápida, conforme configuração ilustrada na tela da Figura 8.

Figura 8 - Programa 2



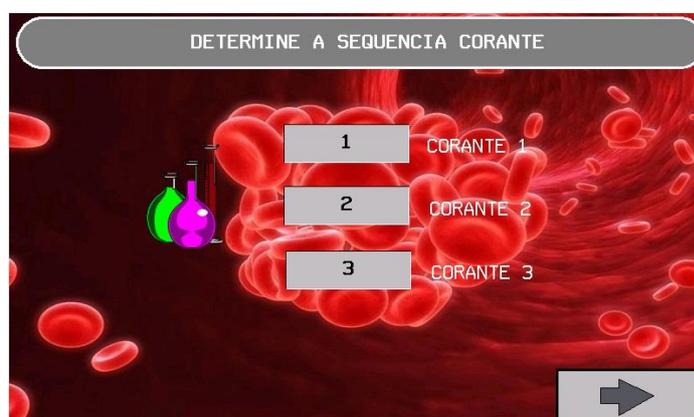
Fonte - Próprio autor.

Com os dois Programas criados, o usuário voltou ao MENU e clicou na tecla OPERAÇÃO que direciona o equipamento ao funcionamento automático.

Nesse momento, abriu-se uma janela para a escolha do programa a ser usado e o usuário escolheu inicialmente o programa 1 referente ao processo de coloração estendida.

Posteriormente, conforme apresentado na tela ilustrada pela Figura 9, é facultado ao usuário definir qual tipo de corante está em cada recipiente.

Figura 9 - Sequência dos Corantes



Fonte - Próprio autor.

A sequência padrão do equipamento prevê que o primeiro recipiente da esquerda é o Corante 1, o primeiro da direita é o Corante 2, o segundo da esquerda é o Corante 3 e o segundo da direita é a água. Portanto, foi descrita a sequência de coloração 1, 2 e 3.

Ao acionar a tecla de sequência de operação (seta no canto inferior direito), a tela ilustrada na Figura 10 tornou-se disponível. Essa tela é caracterizada como uma tela de acompanhamento e controle do processo pelo usuário, após a sua inicialização.

Figura 10 - Tela de Acompanhamento e controle pelo usuário



Fonte - Próprio autor.

O resultado do teste utilizando o programa 1 foi uma lâmina corada e adequada para análise microscópica conforme demonstrado nas Figuras 11 e 12 apresentadas na seção seguinte, na qual os resultados obtidos são discutidos.

Finalizada a coloração utilizando o programa 1, iniciou-se a coloração utilizando o programa 2.

Trocaram-se os corantes dos recipientes e na tela de MENU, o usuário selecionou a opção OPERAÇÃO. Nesse momento, abriu-se a janela para a escolha do programa a ser usado no processo e o usuário escolheu o programa 2, referente à coloração rápida.

A sequência de coloração escolhida foi a mesma da anterior, 1, 2 e 3 e, após acionada a tecla de sequência de operação, o processo de coloração conforme protocolo de coloração rápida foi realizado e monitorado pelo usuário.

Quando finalizado, o resultado do teste também foi uma lâmina corada e adequada para análise microscópica, conforme demonstrado nas Figuras 13 e 14 da seção seguinte.

#### 4 RESULTADOS DOS TESTES

Após a realização dos testes mencionados na seção 3 pôde-se observar que, para diferentes tipos de corantes e intervalos de tempos de submersão, o protótipo atingiu o objetivo esperado entregando ao usuário uma lâmina com coloração compatível com as usadas para leitura microscópica.

A Figura 11 ilustra a foto a olho nu da lâmina corada pelo processo de coloração estendida, ou seja, utilizando o programa 1.

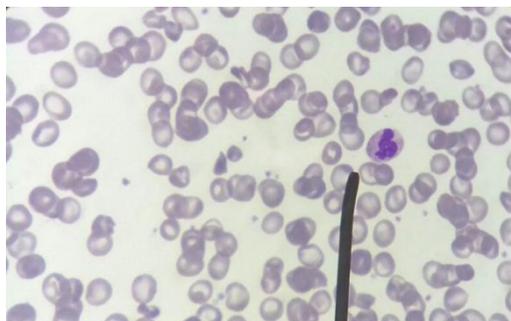
Figura 11 - Foto a olho nu da Lâmina corada a partir do processo de coloração estendida



Fonte - Próprio autor.

A Figura 12 ilustra a foto microscópica da lâmina, na qual é possível verificar a boa qualidade do resultado da coloração.

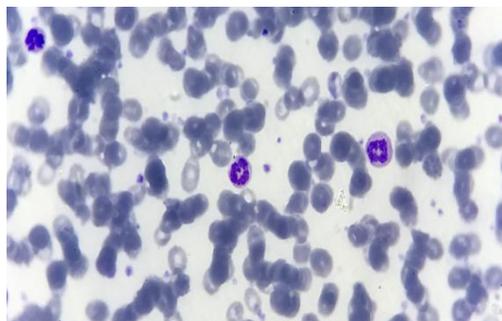
Figura 12 - Foto microscópica da Lâmina corada a partir do processo de coloração estendida



Fonte - Próprio autor.

A Figura 14 ilustra a foto microscópica da lâmina para que fosse possível verificar a qualidade da coloração da mesma.

Figura 14 - Foto microscópica da Lâmina corada a partir do processo de coloração rápida



Fonte - Próprio autor.

A Figura 13 ilustra a foto a olho nu da lâmina corada pelo processo de coloração rápida, ou seja, utilizando o programa 2.

Figura 13 - Foto a olho nu da Lâmina corada a partir do processo de coloração rápida

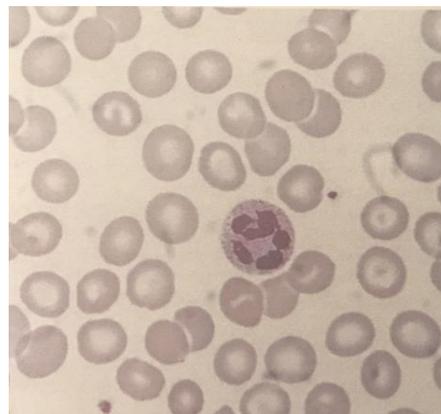


Fonte - Próprio autor.

Além do aval dos técnicos da área que acompanharam a coloração, foi feita uma pesquisa bibliográfica para verificar a assertividade da coloração proposta pelo protótipo em questão.

A Figura 15 é um exemplo da foto microscópica de uma lâmina com coloração adequada para leitura, de acordo com a literatura (BAIN, 2007).

Figura 15 - Exemplo de foto microscópica de lâmina com coloração adequada para leitura



Fonte - BAIN, 2007.

As colorações realizadas pelo protótipo se assemelham a coloração exemplificada na bibliografia. As divergências de pigmentação ou agregamento de células são recorrentes do tipo de sangue ou da preparação previamente realizada.

## 5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

A automação existente na medicina laboratorial fez com que diversos processos se tornassem mais eficientes, entre eles o de coloração de lâminas para exames hematológicos.

O protótipo de coloração de lâminas hematológicas desenvolvido a partir de componentes de *hardware* e *software* possibilita uma maior flexibilidade ao usuário do processo, permitindo a utilização de corantes de fornecedores diferentes e a configuração dinâmica dos intervalos de tempo de submersão das lâminas nos respectivos corantes.

Outro avanço no protótipo desenvolvido foi a eliminação de mecanismos hidráulicos, em que ocorre grande parte das falhas e manutenções nos equipamentos existentes.

Os resultados obtidos através da microscopia de lâminas coradas a partir dos processos de coloração rápida e estendida comprovaram a eficiência do

protótipo desenvolvido. Tais resultados motivam o futuro desenvolvimento de um produto a partir do protótipo desenvolvido.

Algumas necessidades de melhorias foram identificadas, tais como a substituição da última etapa do protótipo, caracterizada pela lavagem das lâminas, que atualmente acontece através da imersão em água, sendo alterada por um sistema que injeta um fio de água corrente para realizar a lavagem, evitando que o usuário utilize água contaminada de colorações passadas. Também com o intuito de evitar a contaminação, bem como a ineficiência dos corantes utilizados, foi identificada a necessidade de substituir os mesmo a cada 50 processos de coloração.

Outro avanço seria a utilização de uma IHM de modelo mais atual, que comunique diretamente com a plataforma Arduino, sem a necessidade da utilização do CLP, reduzindo o custo e a complexidade do protótipo proposto.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as instituições que ofereceram materiais para realização dos testes laboratoriais.

## REFERÊNCIAS

BAIN, B. J. **Células Sanguíneas: Um Guia Prático**. 4ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2007. 488 p. ISBN 978-85-363-0922-4.

BANDEIRA, R. *et al.* Interpretação dos critérios de Liberação dos resultados de Hemograma através de contadores automatizados em laboratório de urgência. **Revista Saúde e Pesquisa**, Maringá, v. 7, n. 3, 403-408, set./dez 2014. ISSN 1983-1870.

CAMPANA, G. A.; OPLUSTIL, C. P. Conceitos de automação na medicina laboratorial: revisão de

literatura. **J Bras Patol Med Lab**, v. 47, n. 2, 119 – 127, abril 2011. ISSN 1676-2444.

DMOS Microstepping Driver with Translator and Overcurrent Protection, **A4988**, **ALLEGRO MICROSYSTEMS**, 1-20p. Disponível em: <<http://www.allegromicro.com/en/Products/Motor-Driver-And-Interface-ICs/Bipolar-Stepper-Motor-Drivers/A4988.aspx>>. Acesso em: 15 abril 2017.

FAILACE, R.; PRANKE, P. Avaliação dos critérios de liberação direta dos resultados de hemogramas através de contadores eletrônicos. **Rev Bras**

**Hematol Hemoter**, v. 26, n. 3, p. 159-66, 2004. ISSN 1516-8484.

GULATI, G. L. **Blood cell morphology: grading guide**. 1ª Edição. Chicago: ASCP Press, 2009. 96 p. ISBN 978-0891895695.

GUTIERREZ, R. M. V.; PAN, S. S. K. Complexo eletrônico: automação do controle industrial. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 28 , 189-231, set 2008. Disponível em <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9536> . Acesso em: 15 abril 2017.

McROBERTS, M.. **Arduíno Básico**. 2ª. Edição. São Paulo: Novatec, 2011. 506 p. ISBN 978-85-7522-274-4

PIERRE, R. V. Red cell morphology and the peripheral blood film. **Clinics in Laboratory Medicine**, Philadelphia, v. 22, n. 1, p. 25-61, 2002.

QUEIROZ, R. A. A. **Motores de Passo**. 2002. 19 f. Núcleo de Pesquisa em Redes de Computadores – Universidade Salvador Unifacs, 2002.

SILVA, P.H. *et al.*, **Hematologia Laboratorial: Teoria e Procedimentos**. Rio de Janeiro: Revinter, 2009. 474 p. ISBN 978-85-372-0222-7.

SILVEIRA, L; LIMA, W. **Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial**. 2003. 3f. Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.