

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA  
SOUZA**

**Etec Ary de Camargo Pedroso**

**Automação Industrial**

**Ana Luiza Ribeiro**

**Cristiane Vitória Seo Ro**

**Filipe Vieira Silva**

**João Vitor Fedrizzi**

**TITULADOR AUTOMÁTICO**

**Piracicaba**

**2023**

**Ana Luiza Ribeiro**

**Cristiane Vitória Seo Ro**

**Filipe Vieira Silva**

**João Vitor Fedrizzi**

## **TITULADOR AUTOMÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Automação Industrial da Etec Ary de Camargo Pedroso, orientado pelo Prof. Adilson Rodrigues, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Automação Industrial.

**Piracicaba**

**2023**

## Resumo

O processo de titulação dentro de laboratórios, sempre se mostrou importante, essa operação ajuda a estabelecer a composição de substâncias desconhecidas. Por isso, ao longo dos anos diferentes maneiras de se fazer esse mesmo processo foram desenvolvidas, sendo a ácido base a mais comum entre todas. Devido a sua explicitude, a ácido base evidencia a proposta da titulação. A titulação, advento de equipamentos eletrônicos, e visando uma maior eficiência nesses processos, evoluiu até processos complexos, porém inacessível, por conseguinte desenvolvemos esse trabalho em pró da acessibilidade.

## Abstract

The titulation process within laboratories has always been important, this operation helps to establish the composition of unknown substances. Therefore, over the years different ways of carrying out this same process have been developed, with acid base being the most common among them all. Due to its explicitness, the acid base highlights the proposal of the titration. The titling, the advent of electronic equipment, and aiming for greater efficiency in these processes, has evolved into complex processes, but inaccessible, therefore we developed this work in favor of accessibility

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Buretagraduada com torneira .....	1
Figura 2 - Erlenmeyer.....	2
Figura 3 - Representação dos aparelhos usados na titulação .....	5
Figura 4 - Fluxograma .....	8
Figura 5 - Programação do projeto (Parte 1).....	9
Figura 6 - Programação do projeto (Parte 2).....	9
Figura 7 - Programação do projeto (Parte 3).....	10
Figura 8 - Programação do projeto (Parte 4).....	10
Figura 9 - Programação do projeto (Parte 5).....	11
Figura 10 - Programação do projeto (Parte 6).....	11
Figura 11 - Sensor TCS230.....	12
Figura 12 - Arduino UNO.....	14
Figura 13 - Circuito de ligações.....	16
Figura 14 - Micro válvula solenoide.....	17
Figura 15 - Display LCD .....	19
Figura 16 - Display LDC I2C.....	20

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cronograma.....	3
Tabela 2 - Orçamento.....	24

## LISTA DE ABREVIATURAS

pH.          Potencial hidrogeniônico

## LISTA DE SIGLAS

LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
TAOS	<i>Texas Advanced Optoelectronic Solutions</i>
AMS	<i>Austria Micro Systems</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
CCFL	<i>Cold Cathode Fluorescent Lamp</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
TFT	Thin-Film Transistor

## Sumário

1 Introdução .....	1
2 Cronograma .....	3
3 Objetivo.....	4
2 A titulação e seu funcionamento .....	5
2.1 Programação .....	9
3 Métodos e Materiais.....	12
3.1 Sensor TCS230.....	12
3.2 Arduino .....	14
3.3 Circuito .....	16
3.4 Microeletro válvula .....	17
3.5 Display LCD .....	19
3.6 Display LCD com Módulo I2C .....	20
3.7 Agitador magnético.....	21
3.8 Agitador Magnético utilizado .....	22
4 Orçamento .....	24
5 Monitoramento .....	25
5.1 Sensor.....	25
5.2 Válvula .....	25
5.3 Solda.....	27
6 Conclusão.....	28
Referências.....	29

## 1 INTRODUÇÃO

Um processo comum a todos os laboratórios, sejam eles para fins didáticos, industriais ou de pesquisa, é a titulação, utilizado para descobrir a quantidade de matéria em uma substância desconhecida. Existem quatro tipos de titulação, sendo elas a titulação por complexação, a titulação por redução-oxidação (redox), a titulação por precipitação e a titulação Ácido-base, essa é a mais conhecida e utilizado por ser a menos complexa e mais direta. A última, como conhecemos hoje, aparece em 1871 com a invenção do indicador de pH universal fenolftaleína pelo químico Johann Friedrich Adolf von Baeyer, que estudava compostos orgânicos e já era bem importante no cenário por ter descoberto o corante índigo, quando em seus estudos fundiu um fenol a um anidrido ftálico.

A titulação Ácido-base é o processo desenvolvido pelo nosso equipamento e é para ela que a maior parte dos tituladores automáticos são desenvolvidos. Neste processo é colocado numa bureta graduada com torneira (Figura 1) um volume  $n$  de uma substância conhecida, que será chamada titulante.

Figura 1 - Buretagraduada com torneira



Fonte: Ferreira (2012)

Enquanto no erlenmeyer (figura 2) é preparada e colocada a substância desconhecida, que será chamada titulada, com um indicador de pH, na maioria esmagadora dos casos, a fenolftaleína, de caráter ácido, insolúvel em água por isso geralmente é preparada com álcoois ou éteres.

Figura 2 - Erlenmeyer



Fonte: Autores: Skoog, Holler, Crouch, West (2006)

O profissional que está realizando o processo abre a torneira da bureta para que o titulante pingue no erlenmeyer enquanto é agitado para que se misturem titulante e titulado, se o titulado apresentar caráter ácido inicialmente será incolor, conforme ocorrer a neutralização e após isso quando apresentar pH superior a 8,3 o titulado começara a apresentar coloração rosada podendo ficar num tom fúxia em pHs superiores a 10.

É um processo relativamente simples, mas que por ser amplamente aplicado, e acabava por tencionar bastante a munheca, uma vez que exige rapidez a fim de obter precisão, e em decorrência da evolução da eletrônica, que veio para facilitar e agilizar o dia-a-dia principalmente no trabalho, vem sendo automatizado desde 1934 após da invenção do pHmetro pelo médico americano Arnold O. Beckman, que deu origem ao que a gente conhece hoje como titulador automático.

## 2 CRONOGRAMA

Tabela 1 - Cronograma

Atividades	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Escolha do Projeto	X											Concluído
Idealização do Projeto	X											Concluído
Levantamento de Custos		X										Concluído
Compra dos Materiais		X	X									Concluído
Pesquisas bibliográficas	X	X	X	X	X							Concluído
Calibração do sensor				X	X	X	X					Concluído
Testes do sensor							X					Concluído
Montagem do agitador				X	X							Concluído
Testes do agitador					X							Concluído
Solda dos componentes								X	X			Concluído
Programação display								X				Concluído
Programação válvula								X				Concluído
Fixação da valvula								X	X			Concluído
Programação Arduino				X	X	X	X	X				Concluído
Protótipo Inicial							X					Concluído
Estrutura									X			Concluído
Protótipo final									X	X		Concluído
Escrita Parte Teórica			X	X	X	X	X	X	X	X		Concluído

Fonte - Compilação do autor 1

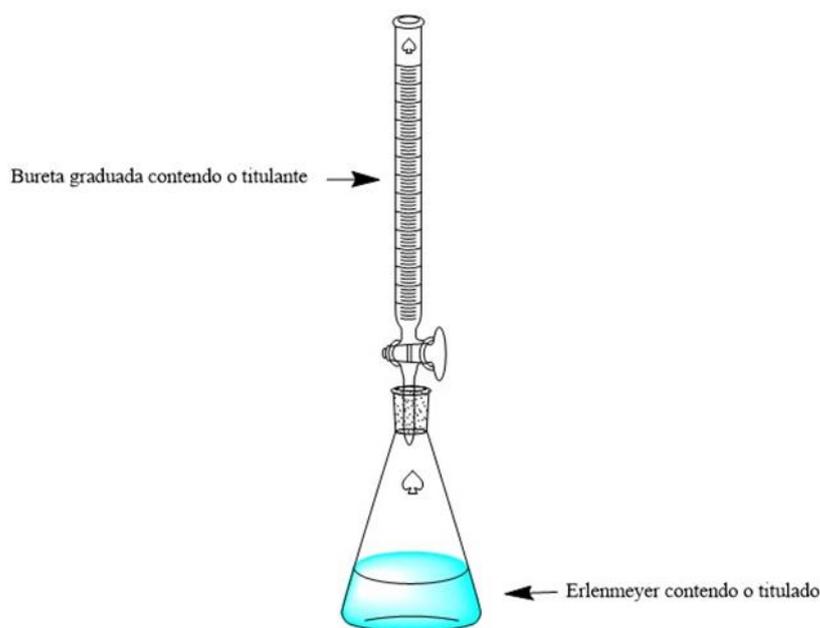
### 3 OBJETIVO

O projeto do titulador automático surge com um objetivo de automatizar esse processo, para que facilite sua realização, antes seria necessário a agitação manualmente durante um longo período, para resolver esse problema utiliza-se o agitador magnético, assim ele ocorre de maneira automática sem a necessidade de intervenção do cientista a todo momento para verificação, além disso, ele possui um custo baixo em comparação ao mercado de tituladores automáticos existente, também permite acesso a química de maneira simples e didática, sendo possível seu uso em escolas pelo custo mais acessível, assim, pode tornar o ensino da química ser prático e não somente teórico, auxiliando e estimulando o estudo dos alunos.

## 2 A TITULAÇÃO E SEU FUNCIONAMENTO

O processo de titulação é um procedimento laboratorial usado para determinar a concentração de uma solução que contenha um ácido ou uma base, para isso, é necessário colocar em um recipiente, frasco Erlenmeyer, a solução que será titulada, a qual possui uma concentração desconhecida, junto com ele é adicionado um indicador ácido-base, um composto inorgânico responsável por alterar sua cor de acordo com a variação do pH para determinar o ponto final de todo o processo de titulação. Utiliza-se também bureta, a responsável pelo escoamento controlado do titulante para o frasco, a qual permanece acima do recipiente fixada por uma garra com regulagem, que pode ser regulada de acordo com o necessário para prender a bureta, a qual é fixada em um suporte universal, que consiste em uma base onde apoia-se o Erlenmeyer, presa a ela têm-se uma haste universal, nesta haste que a garra é presa, também durante a titulação química a solução necessita ser agitada constantemente com movimentos circulares para garantir a ocorrência da reação em toda sua extensão, manualmente ou utilizando um agitador magnético, sendo necessário participar de todo procedimento para que seja finalizado com êxito.

Figura 3 - Representação dos aparelhos usados na titulação



Fonte: VaiQuímica!

O projeto do titulador automático tem como objetivo buscar a automatização de todo o processo da titulação, para que assim, ele ocorra de maneira eficiente

diminuindo os possíveis erros e trazendo praticidade ao realizá-lo para descobrir a concentração de soluções, além disso, o equipamento possui um baixo custo em relação ao mercado, com isso, o projeto é mais acessível e didático, podendo ser usado para fins educativos em escolas com um professor capacitado realizando-o, para a química ser mais acessível as escolas e aos estudantes.

O titulador automático possui todos os equipamentos e vidrarias da titulação, o recipiente Erlenmeyer, a bureta junto com a garra e o suporte universal para fixa-la, o processo todo é iniciado ao pressionar do botão acionando todos os componentes do circuito, abaixo do frasco com a solução que será titulada localiza-se o agitador magnético, esse equipamento consiste em um cooler e dois ímãs, o cooler ficara fixado embaixo do recipiente, ele terá preso em si um dos pedaços do ímã, ao ser ligado as hélices começaram a se movimentar, sendo responsável por girar o ímã que estará preso ao mesmo, enquanto dentro da solução no frasco estará o outro ímã, para que assim, enquanto o fixo girar ele vai movimentar o presente na solução, por conta da ação da atração magnética entre eles, agitando a solução com movimentos circulares durante o procedimento, esse agitador é ligada através de uma fonte, que fornece 12 volts ao cooler, junto de um módulo de relé que o conecta ao Arduino, pois o cooler precisa de 12 volts para funcionar, enquanto o Arduino só possui capacidade de fornecer 5 volts aos componentes ligado a ele então utiliza-se a fonte que fornece a tensão requisitada ao agitador magnético, porém ela se conecta a um módulo de relé que faz a conexão do Arduino com o cooler, o componente para fazer a agitação é interligado ao primeiro canal do relé, no segundo canal encontra-se conectado a micro válvula solenoide de 12 volts que também é ligada pela fonte de 12 volts e interligada ao relé para ser controlado pela programação presente no Arduino para controle do sistema, essa válvula é fixada na ponta da bureta, assim ela é o equipamento que irá controlar a saída do titulante através da bureta, que ocorre de forma graduada, assim ao ser energizada a micro válvula abre o canal para a solução passar por ela e iniciar o gotejamento para a titulação acontecer, já ao ser desligada esse canal é fechada encerrando o escoamento.

O projeto tem como componente central para a automatização o sensor de cor, TCS230, o qual inicia a sua detecção ao sistema do projeto ser ligado, assim, ele começa a fazer as leituras das cores a cada 200 milissegundos, cada leitura realizada obtém-se três diferentes variáveis ao mesmo tempo, onde uma representa o valor da

cor vermelho, outra da cor verde e a última para cor azul, o sensor permanece obtendo as variáveis durante todo o processo, elas passam por um filtro feito pela programação do Arduino que possui uma condição para cada cor e sua variável, essa condição é a variação que indica que houve a mudança de cor, isso, é o sinal que o processo químico da titulação foi realizado e finalizado, com a obtenção desse resultado pelo sensor TCS230 o agitador magnética é desligada, assim como, a micro válvula solenoide acaba sendo desenergizada fechando seu canal e após essa finalização o resultado é representando de maneira visual pelo display LCD 16x2.

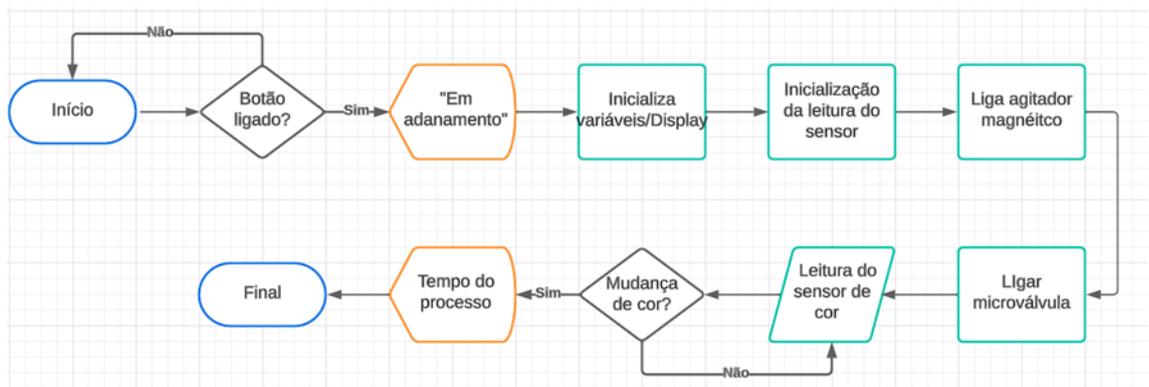
O responsável por tornar a situação atual do processo visual é o display LCD 16x2 com I2C, que exibe através de sua tela a situação do processo, permitindo ver se o processo está em andamento, exibindo a mensagem “Em andamento” ou ao fim da titulação onde ele demonstra pelo visor as informações finais, sendo elas o tempo decorrido até a finalização da titulação.

Para o sistema ser iniciado é necessário que haja o acionamento do botão para inicializar os componentes e variáveis, assim o display exibe a informação de que o processo foi iniciado e está sendo realizado, aparecendo a mensagem “Em andamento” no visor, após ele ligar, o Arduino energiza os dois canais do módulo de relé, onde o primeiro canal contém a micro válvula solenoide e no segundo se localiza-se agitador magnético, assim, a válvula abre seu canal por onde passa a solução titulante de forma graduada começando o escoamento controlado e a agitação da solução através do movimento do cooler, enquanto isso ocorre, o sensor está fazendo leitura da cor detectada pelo seus fotodiodos a cada 200 milissegundos, obtendo variáveis para as três cores (vermelho, verde e azul) a cada leitura, elas passam por um filtro que busca a variação que representa a troca de cor no recipiente, durante o tempo em que não encontra todo o sistema permanece ligado e realizando o procedimento de titulação normalmente, no momento em que ocorre a mudança da cor da solução sendo titulada que está no frasco Erlenmeyer por conta do indicador ácido-base presente junto na solução, o sensor detecta através do filtro presente na programação, ao ler a alteração ele manda um sinal ao Arduino, que com a programação fecha-se os dois canais do módulo, fechando a válvula e encerrando o escoamento graduado, além de, desligar o cooler encerrando a agitação magnética, o sensor também finaliza as suas leituras e o display permite visualizar os resultados, em sua primeira linha verifica-se o tempo do processo, na segunda linha exibe-se a

vazão, que é obtida pelo cálculo da divisão do volume, ou seja, a quantidade de titulante que fluiu pela bureta pelo tempo em que o líquido escoou, após isso, o Erlenmeyer pode ser retirado do suporte universal e levado para análise no laboratório para o fim requisitado, mas se for preciso inicia-lo novamente é só acionar o botão presente no painel frontal que começa o processo novamente, caso não retira-lo da tomada para desliga-lo completamente.

Fluxograma do processo:

Figura 4 - Fluxograma



Fonte: Compilação do Autor

## 2.1 PROGRAMAÇÃO

Figura 5 - Programação do projeto (Parte 1)

```

1 #include <Wire.h> //bibliotecas incluídas
2 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3
4 //Display LCD
5 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //definir lcd
6
7 //sensor de cor
8 const int s0 = 4; //definir variáveis para sensor
9 const int s1 = 5;
10 const int s2 = 6;
11 const int s3 = 7;
12 const int out = 8;
13
14 //Agitador magnético
15 const int pinoAgitador = 2; //Variável agitador
16
17 //Microválvula solenóide
18 const int pinoValvula = 3; //Variável valvula
19
20 //Tempo
21 const int pinoLigado = 1;
22 bool processoIniciado = false; //Variáveis para a contagem do tempo
23 unsigned long tempoInicio = 0;
24

```

Fonte: Compilação do Autor

Figura 6 - Programação do projeto (Parte 2)

```

25
26 void setup()
27 {
28   Serial.begin(9600); //velocidade da transmissão serial
29
30   //Sensor de cor
31   pinMode(s0, OUTPUT); //Entradas e saídas do sensor definidas
32   pinMode(s1, OUTPUT);
33   pinMode(s2, OUTPUT);
34   pinMode(s3, OUTPUT);
35   pinMode(out, INPUT);
36
37   digitalWrite(s0, HIGH); //Pino s0 e s1 do sensor ligados para detectar cores
38   digitalWrite(s1, HIGH);
39
40   //Agitador magnético
41   pinMode(pinoAgitador, OUTPUT);
42   digitalWrite(pinoAgitador, LOW); //Canal do relé do cooler desligado
43
44   //Microválvula solenóide
45   pinMode(pinoValvula, OUTPUT);
46   digitalWrite(pinoValvula, LOW); //Canal do relé da válvula desligado
47

```

Fonte: Compilação do Autor

Figura 7 - Programação do projeto (Parte 3)

```

48 //Display LCD
49 lcd.setBacklight(HIGH);           //Luz de fundo display ligada
50 lcd.init();
51 }
52
53 void loop()
54 {
55     //Sensor de cor
56     int V = getVermelho();         //Obtenção das variáveis a cada 200 milissegundos
57     delay(200);
58     int P = getVerde();
59     delay(200);
60     int A = getAzul();
61     delay(200);
62
63     Serial.print("Int V "+ String(V)); //Variáveis representadas no monitor serial
64     Serial.print("  --  Int P "+ String(P));
65     Serial.println("  --  Int A "+ String(A));
66
67 //Agitador magnético e válvula
68

```

Fonte: Compilação do Autor

Figura 8 - Programação do projeto (Parte 4)

```

69 if (V <= 40) {                       //Filtro para obter a variação que indique a mudança de cor
70     digitalWrite(pinoAgitador, HIGH); //Condições para funcionamento do sistema
71     digitalWrite(pinoValvula, HIGH); //Enquanto não obter variação canais do relé ligados
72 }
73 else if ( P > V ) {
74     digitalWrite(pinoAgitador, LOW);
75     digitalWrite(pinoValvula, LOW);
76 }
77 else if (A > 30) {                     //Ao obter a condição canais do relé se desligam
78     digitalWrite(pinoAgitador, LOW);
79     digitalWrite(pinoValvula, LOW);
80 }
81
82 //Display LCD e programação da contagem de tempo
83 int estadoPino = digitalRead(pinoAgitador);
84
85 // Começa o processo se o canal do relé estiver desligado
86 if (estadoPino == LOW && !processoIniciado) {
87     processoIniciado = true;
88     tempoInicio = millis(); // Registra o tempo de início do processo
89     lcd.clear();
90     lcd.setCursor(2,0);

```

Fonte: Compilação do Autor

Figura 9 - Programação do projeto (Parte 5)

```

91     lcd.print("Em andamento");
92 }
93
94 // Se o canal do relé for desligado, porque obteve a variação, mostra o tempo decorrido
95 else if (estadoPino == HIGH && processoIniciado) {
96     unsigned long tempoDecorrido = millis() - tempoInicio;
97     lcd.clear();
98     lcd.setCursor(0, 0);
99     lcd.print("Tempo decorrido:");
100    lcd.setCursor(0, 1);
101    lcd.print(tempoDecorrido / 1000); // Exibe o tempo em segundos
102    lcd.print(" segundos");
103    processoIniciado = false;
104 }
105 }
106
107 int getVermelho() { //ler cor vermelha
108     digitalWrite(s2, LOW);
109     digitalWrite(s3, LOW);
110     int VERMELHO = pulseIn(out, LOW);
111     return VERMELHO ;
112 }
113

```

Fonte: Compilação do Autor

Figura 10 - Programação do projeto (Parte 6)

```

114 int getAzul() { //ler cor azul
115     digitalWrite(s2, LOW);
116     digitalWrite(s3, HIGH);
117     int AZUL = pulseIn(out, LOW);
118     return AZUL;
119 }
120
121 int getVerde() { //ler cor verde
122     digitalWrite(s2, HIGH);
123     digitalWrite(s3, HIGH);
124     int VERDE = pulseIn(out, LOW);
125     return VERDE;
126 }

```

Fonte: Compilação do Autor

## 3 MÉTODOS E MATERIAIS

### 3.1 Sensor TCS230

Sensores são equipamentos eletrônicos que respondem a um estímulo físico e biológico específico. Os sensores respondem a uma variedade de fatores, incluindo pressão, luminosidade, presença, posição e cor, e têm aplicações diversificadas em setores que vão desde a indústria à medicina.

Sensor de Cor TCS230, desenvolvido originalmente pela empresa *Texas Advanced Optoelectronic Solutions* (TAOS) e posteriormente adquirido pela *Austria Micro Systems* (AMS) em 2011. Este sensor é composto por uma matriz uniforme de 64 fotodiodos, dos quais 48 são estrategicamente alocados para as cores primárias (vermelho, verde e azul). Essa configuração permite a detecção precisa da intensidade das cores e a geração de um sinal de onda quadrada que encapsula informações essenciais sobre as cores presentes no ambiente. Quando a luz é refletida pelos objetos dentro do alcance do sensor, incide sobre essa matriz de fotodiodos, que responde gerando correntes de saída correspondentes à intensidade da luz refletida e às cores filtradas.

Figura 11 - Sensor TCS230



Fonte: VDSTORE

O sensor TCS230 é utilizada em várias aplicações, desde sistemas de automação industrial que dependem da classificação de produtos com base em cores até aplicações em design de interiores e análise de alimentos. Este sensor é frequentemente integrado a plataformas de microcontrolador, como o Arduino UNO

R3, que permite a criação de sistemas personalizados capazes de identificar cores e realizar análises colorimétricas.

A colorimetria é uma disciplina científica que analisa a percepção das cores pela visão humana com base em fatores como matriz, intensidade e saturação, é um campo no qual o sensor TCS230 revela sua utilidade. A partir das medições da intensidade dos componentes de cor realizadas pelos fotodiodos sensíveis à cor, é possível realizar análises colorimétricas detalhadas e desenvolver sistemas de correspondência de cores para atender a aplicações específicas.

Para aplicar a colorimetria no sensor TCS230 para identificação de cores, é necessária a programação de uma plataforma de microcontrolador, como Arduino UNO R3 que será utilizada. O Arduino UNO R3 é uma plataforma versátil que pode ser programada para uma ampla gama de funções, desde o controle de sensores eletrônicos até a operação de módulos altamente complexos. O ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) do Arduino é utilizado para o desenvolvimento e carregamento dos programas.

O Arduino UNO R3 foi criado por um grupo de estudantes e engenheiros do *Interaction Design Institute Ivrea* (IDII), uma instituição de design de interação localizada na Itália. O projeto foi iniciado em 2005 e o desenvolvimento continuou nos anos seguintes. Os principais envolvidos no projeto incluíram Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, e David Mellis.

### 3.2 Arduino

Figura 12 - Arduino UNO



Fonte: USINAINFO (Adaptado)

Para desenvolver um sistema capaz de ler as cores dos objetos, é necessário registrar os códigos das cores lidas e seus nomes na memória EEPROM do Arduino e exibir a cor identificada no monitor serial do ambiente de programação do Arduino.

O processo de calibração é fundamental para garantir a precisão do sensor na identificação de cores. Isso envolve a configuração dos parâmetros do sensor e a atribuição de valores de referência para as cores. Durante a calibração, o sensor é exposto a cores conhecidas e os valores de saída são registrados. Esses valores servirão como referência para a identificação de cores não identificadas.

Com a calibração o sensor é capaz de identificar as cores dos objetos. Quando um objeto é aproximado do sensor, ele realiza uma leitura da intensidade da luz refletida e compara esses valores com os parâmetros previamente definidos durante a calibração. A cor identificada é registrada na memória EEPROM do Arduino juntamente com seu código correspondente, como uma referência futura.

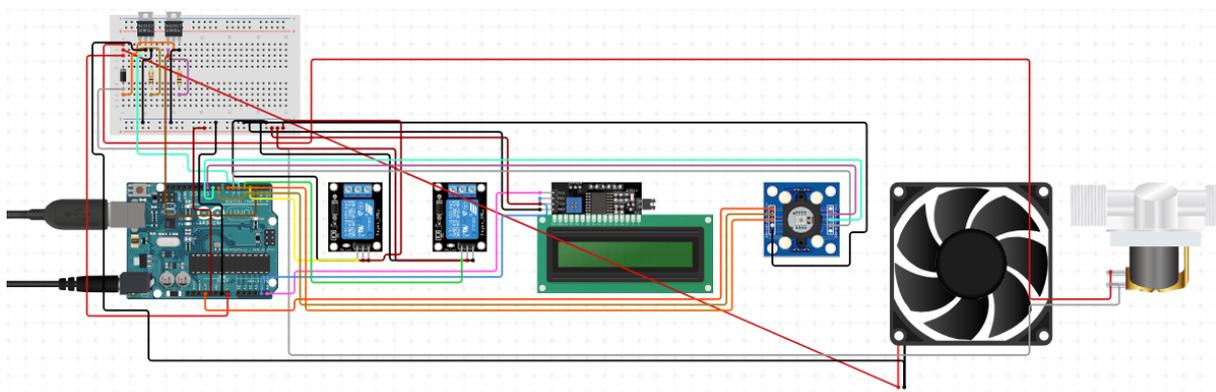
O monitor serial no ambiente de programação do Arduino é usado para interagir com o sistema. Os comandos enviados pelo monitor serial permitem iniciar a

calibração, solicitar a identificação de cores ou recuperar informações armazenadas na EEPROM. Os resultados da identificação de cores são exibidos no monitor serial.

Utilizamos no nosso projeto o sensor de cor TCS230 com a finalidade em titulação automática. Com a alteração do pH da titulação feita o sensor identifica a mudança de cor, por conseguinte o sensor ligado ao Arduino UNO manda sinal para a microelétrô válvula fechar a saída da solução do titulante.

### 3.3 Circuito

Figura 13 - Circuito de ligações



Fonte: Compilação do autor

Esse circuito foi feito no desenvolvido dentro do software online da Circuito.io que é uma plataforma para montar circuitos online de maneira prática. A escolha desse software foi devido a presença do nosso sensor TCS230 como componente utilizável dentro do site, visto que apenas esse foi encontrado com a possibilidade de desenhar o projeto. O software da Circuito.io se mostrou mais completo as necessidades do nosso projeto.

### 3.4 Microeletro válvula

Um micro eletroválvula direcional é um tipo de dispositivo projetado para direcionar o fluxo de fluido de acordo com as necessidades de um circuito específico, como sugere o seu nome. Em outras palavras, ela assegura que o fluido que sai do ponto "A" possa ser encaminhado para os pontos "B", "C" e até mesmo "D", se necessário. Essas válvulas têm a finalidade de permitir que um determinado fluido siga diferentes trajetos dentro de um circuito, sendo capazes de alterar o curso do fluido conforme necessário. A Micro Válvula Solenoide, utilizada, é um pequeno dispositivo eletromecânico no qual o solenoide usa uma corrente elétrica para gerar um campo magnético para movimentar um mecanismo que regula a abertura do fluxo em uma válvula. Em vias gerais uma válvula, é um dispositivo inserido dentro de sistemas elétricos tubos ou em canalizações com o propósito de controlar, direcionar ou interromper o fluxo de líquidos ou gases. De maneira prática, pode ser descrita como um objeto que pode ser aberto ou fechado para permitir ou bloquear, total ou parcialmente, a passagem de um fluido.

Figura 14 - Micro válvula solenoide



Fonte: CIRCUITOFACIL

Existem diversos exemplos de válvulas, algumas delas presentes em objetos cotidianos com os quais interagimos diariamente. Por exemplo, uma torneira possui uma ou mais válvulas internas controladas por registros para regular o fluxo de água, e um botijão de gás é equipado com uma válvula que deve ser ajustada para controlar a saída de gás. Especificamente falando sobre o funcionamento desse micro eletroválvula, ela é baseada em um sistema comum de válvulas. De modo geral o funcionamento se da seguinte maneira quando energizada, ela conecta o duto 1 ao 2, quando não, conecta 1 ao 3. É possível utilizar o duto 1 tanto como entrada e como saída. Aqui utilizaremos a entrada 1 que será canalizada para a saída 3, a energização da bobina presente não será necessária, devido as nossas intenções. Essa bobina está envolvida no duto, onde ocorre a passagem do líquido, e através da energização é possível regular a direção do líquido.

Após a inicialização do processo teremos a injeção do fluido, em meio a bureta, que fara o intermédio desse mesmo fluido até a válvula, na válvula regularemos a canalização até a Erlenmeyer, a válvula é necessária justamente por controlar a quantidade de gotas que caíram da bureta no recipiente Erlenmeyer, o fator precisão nesse processo é muito importante, caso a válvula não fizesse esse papel operacional de alta precisão todo o processo de titulação estaria em risco. Devido ao diâmetro da bureta e do duto da válvula não se encaixarem perfeitamente, foi necessário ir em busca de um meio que ligasse esses dois componentes, a bureta e a válvula, esse meio não poderia ser ter um diâmetro muito avantajado, muito menos menor que que o dos próprios componentes. O meio necessariamente precisaria encaixar de maneira perfeita, para que não ocorresse nenhum tipo de vazamento. A ideia era fazer um espécime de armadilha chinesa, brinquedo em que prende o dedo indicador de uma vítima inocente dentro de um pequeno cilindro, quanto mais a vítima tenta escapar, mais a armadilha aperta seu dedo, essa era a ideia. Após encontrar o material perfeito para a integração bureta-válvula, um cilindro de um material que se deforma após a exposição a uma alta temperatura, após encaixar o meio de integração, o que restou foi expolo a uma alta quantidade de temperatura.

Com isso a válvula após inserida e integrada, pode ser usada de duas maneiras, a primeira é ser utilizada não energizada, que fará com que o fluido seja canalizado da entrada 1 para a saída 3, lembrado que o inverso nesse micro válvula também pode ser utilizado, ou seja, inserindo um fluido da entrada 3 para, nesse caso,

a saída 1. A segunda maneira em que essa válvula pode ser utilizado é energizando a bobina fazendo com que seja possível utilizar de outras duas maneiras. Após energizá-la os fluidos podem ser inseridos ou na entrada 1 ou na entrada 3, onde a saída seria na saída 2.

### 3.5 Display LCD

Um display LCD é um tipo de tecnologia de exibição que utiliza cristais líquidos para produzir imagens ou texto. Esses displays são amplamente utilizados em uma variedade de dispositivos eletrônicos, como smartphones, tablets, computadores, televisores, relógios digitais e muitos outros.

Figura 15 - Display LCD



Fonte: MakerHero

Os LCDs operam com base na aplicação de campos elétricos às moléculas de cristal líquido. Esse processo leva à distorção das moléculas de cristal líquido, permitindo que a luz polarizada passe por essa camada sem sofrer torção. Quando essa luz alcança o segundo polarizador no lado oposto, também passa sem obstrução, resultando em uma tela brilhante. No entanto, na ausência de um campo elétrico, as moléculas de cristal líquido giram 90 graus, fazendo com que a luz seja torcida ao passar por elas e bloqueada pelo segundo polarizador, resultando em uma tela escura.

Um dos principais benefícios dos displays de LCD é que eles consomem menos energia, uma vez que utilizam campos elétricos em vez de correntes elétricas. Isso os torna uma opção econômica e eficiente em termos de energia.

A formação de imagens em um display LCD começa com uma fonte de luz de fundo, como lâmpadas de catodo frio (CCFL), LEDs ou MiniLEDs, que emite luz através de uma camada polarizadora que direciona a iluminação em uma direção específica. A camada de TFT (*Thin-Film Transistor*) aplica uma corrente elétrica para ativar os cristais líquidos correspondentes, controlando a passagem ou o bloqueio da luz. Quando a luz é totalmente liberada, a cor branca é exibida, e o processo inverso cria a cor preta.

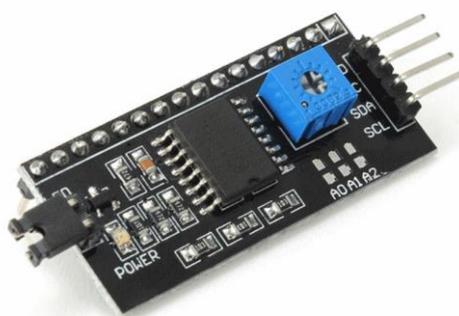
Em displays LCD coloridos, um filtro de cores vermelho, verde e azul (RGB) controla a quantidade precisa de luz colorida que passa pelos cristais líquidos, permitindo a reprodução de cores vibrantes e imagens de alta qualidade.

Aplicações dos displays LCD em vários setores, incluindo eletrônicos de consumo, eletrônicos de escritório, sistemas de navegação e entretenimento em veículos, equipamentos médicos, aplicações industriais, automação residencial, sistemas de informação pública, entretenimento, educação, varejo e muito mais. Os displays LCD desempenham um papel crucial em tornar a informação visual acessível e clara em inúmeros contextos.

### 3.6 Display LCD com Módulo I2C

O módulo I2C desempenha um papel crucial na simplificação do processo de comunicação entre esses componentes, permitindo a transmissão de dados usando apenas dois pinos, nomeadamente SDA (Serial Data) e SCL (Serial Clock).

Figura 16 - Display LDC I2C



Fonte: BYTEFLOP

A configuração física do módulo I2C envolve quatro pinos na lateral esquerda, sendo dois deles dedicados à alimentação (Vcc - tensão de alimentação, e GND - terra), enquanto os outros dois são destinados à interface I2C (SDA e SCL). Essa estrutura simplifica o cabeamento e a integração dos componentes em projetos eletrônicos.

O módulo também inclui um potenciômetro, localizado na placa, que tem a finalidade de ajustar o contraste do display LCD alfanumérico. Esse ajuste é crucial para garantir que o texto seja exibido de maneira visível e legível, adaptando-se às necessidades específicas de cada aplicação.

Além disso, na lateral oposta do módulo, um jumper é provido, oferecendo a capacidade de controle sobre a luz de fundo (*backlight*) do display. Esse jumper permite que a luz de fundo seja controlada pelo programa do microcontrolador ou mantida apagada, proporcionando economia de energia e personalização da intensidade da luz de fundo de acordo com as exigências do projeto.

Utilizamos no nosso projeto o Display LCD com a finalidade em visualização da quantidade e solução em mol/L feita durante a titulação.

### **3.7 Agitador magnético**

Os agitadores magnéticos são ferramentas essenciais em trabalhos laboratoriais, desempenhando um papel fundamental no processo de agitação de líquidos e soluções. Eles compartilham semelhanças visuais com as placas de aquecimento de laboratório, apresentando um prato superior geralmente feito de alumínio, vidro ou material cerâmico. Sob esse prato, encontra-se um motor com velocidade ajustável, que está conectado a um ímã em rotação. Esse ímã, por sua vez, gira uma pequena barra magnetizada, protegida por materiais como plástico ou vidro, e esta é inserida no interior da solução que se deseja agitar. É importante mencionar que algumas placas de agitação possuem a capacidade adicional de aquecer, oferecendo assim uma funcionalidade dupla de aquecimento com agitação. Embora esses dois sistemas estejam incorporados no mesmo dispositivo, é de extrema importância compreender que o controle sobre a agitação e o aquecimento é independente um do outro. Isso significa que é possível realizar ações como aquecer apenas uma solução, agitar somente, ou ainda aquecer e agitar simultaneamente,

dependendo das necessidades experimentais. Nesse projeto optamos apenas pela funcionalidade de agitação, não sendo necessário aquecimento do líquido.

Entretanto, é necessário observar que os agitadores magnéticos possuem limitações em relação à viscosidade dos líquidos e à natureza das misturas reacionais. Quando se lida com líquidos muito viscosos ou com misturas heterogêneas contendo uma grande quantidade de sólidos dispersos, torna-se impraticável o uso desses dispositivos. Nessas situações específicas, é necessária a utilização de métodos de agitação mecânica, como o uso de varetas de vidro, a fim de garantir a eficácia na mistura e agitação do sistema.

Logo pensamos em desenvolver nosso próprio agitador, visando uma melhor eficácia e melhores custos.

### **3.8 Agitador Magnético utilizado**

O agitador magnético foi destinado a realizar a agitação e homogeneização da substância, como na maioria das aplicações em laboratórios. Apesar da importância destes dispositivos para experiências científicas, muitas instituições não possuem estes equipamentos disponíveis em suas instalações, por conta de seu valor. O projeto teve como objetivo desenvolvimento de um agitador magnético para uso laboratorial de baixo custo, que poderia ser construído a partir de materiais alternativos e baseado no microcontrolador Arduino. Para que o aparelho funcionasse foi feito um estudo sobre o funcionamento dos componentes envolvidos em um agitador.

Os fenômenos básicos do estudo de campos magnéticos foram estudados e experimentados, o fenômeno fundamental percebido foi o da Inseparabilidade dos polos magnéticos em um ímã. Percebemos que se você quebrar um ímã e em seguida continuar dividindo os ímãs resultantes, você observará que em cada pedaço partido continuará sendo um novo ímã com dois polos, Norte e Sul, de maneira que cada pedaço atraia o outro. Ou seja, não existem polos isolados em um ímã. O agitador magnético foi desenvolvido em cima desse conceito básico.

A partir desse conceito, seria necessária a rotação desses ímãs para que assim o campo magnético fosse gerado, com isso a harmonização das substâncias aconteceria. Foi utilizado um cooler, geralmente usado em computadores de mesa,

de 12V. Onde uma parte do imã foi posicionada em uma das hélices do cooler, enquanto a outra parte do imã foi colocada dentro do Erlenmeyer. Com isso conseguimos fazer a agitação do líquido dentro do recipiente.

## 4 ORÇAMENTO

Tabela 2 - Orçamento

COMPONENTE	UNIDADES	VALOR
Sensor de cor TCS230	1	R\$ 48,90
Kit Arduíno	1	R\$ 13,56
Display LCD 2x16	1	R\$ 23,80
Módulo de relé 2 canais	1	R\$ 17,20
Microeletrovalvula solenóide	1	R\$ 48,00
Protoboard	2	R\$ 50,00
Cabos	30	R\$ 30,00
Bureta	1	Doação
Erlenmeyer	1	Doação
Presilha para bureta	1	Doação
Suporte para vidrarias químicas	1	Doação
Fonte 9V	2	R\$ 20,00
Fonte 12V	1	R\$ 20,00
Madeira	-	Doação
Tinta spray preta	1	R\$ 24,90

Fonte: Compilação do autor

## **5 MONITORAMENTO**

### **5.1 Sensor**

Tinha-se pouca informação sobre a programação e as formas de utilização deste sensor, mais comumente usando para reconhecer uma cor, nós precisávamos que o sensor apenas identificasse a mudança de cor.

A primeira programação que usamos (Anexo 1) tinha um menu de opções para a calibração do sensor, no qual você apontava o objeto, ele gerava 3 valores para a cor desse objeto e o usuário nomeava aquele conjunto de três valores a fim de que fosse montado uma espécie de banco de dados para que o Sensor reconhecesse as cores lhes apresentada posteriormente. Nós tivemos muitos problemas com esse código, pois ele era mais complexo e apresentava funções que não conhecíamos e também se encontrava muita dificuldade pois a luz no ambiente variava muito conforme a posição tanto do recipiente com a substância quanto do sensor e por conta disso, a mesma cor recebia valores diferentes, logo o sensor não conseguia identificar a cor que queríamos, por não fazer exatamente o mesmo valor ele nos retornava que aquele valor não foi encontrado na base de dados construída na calibração do sensor. Percebeu-se então que o código não estava atendendo ao nosso projeto e foi necessário a elaboração de uma nova programação, que ao invés de fixar um valor nos permitisse transitar numa faixa de valores aproximados. Para atender a essa demanda contamos com a programação, não mais de um banco de dados, mas sim de um filtro.

Neste novo código o Filtro permanece monitorando a variação dos valores em tempo integral, quando os valores ficam entre [valor] e [valor] para cada uma das cores, vermelho, azul e verde, o programa passa então a desempenhar suas outras funções.

### **5.2 Válvula**

Além das Dificuldades de encontrar uma válvula pequena o suficiente para o nosso projeto, ao encontrarmos se apresentava apenas no modelo 3\2 vias. Subestimamos o seu funcionamento e colocamos as tarefas referentes ao final de

nosso cronograma. Quando fomos introduzi-la no projeto dois problemas como fazer o encaixe da saída da bureta para a entrada da Válvula e descobrir as vias de entrada e de saída.

O principal empasse em se tratando deste tópico era que a ponta inferior da bureta que se conectaria com o orifício de entrada do micro eletroválvula solenoide tinham diâmetros muito diferentes então precisávamos de um material que fosse maleável\moldável, que aderisse ao vidro e ao plástico e que fosse forte para que a micro eletroválvula solenoide não caísse conforme o uso. Foram selecionados, para fazer a instalação do micro eletroválvula na bureta, três tipos diferentes de material: Fita adesiva do tipo isolantes; Silicone e Fio Termoplástico. A nossa primeira opção, a fita, se mostrou muito eficaz em segurar a micro eletroválvula solenoide, no entanto após muito ser molhada, começou a lascar e soltar. Além do mais associamos o vazamento referentes ao segundo problema ao uso da fita isolante logo ela foi descartada. A segunda opção, o silicone, logo foi descartada por de uma forma ou de outra precisaria de um material mantivesse um caminho aberto entre o orifício de saída da bureta e o orifício de entrada do micro eletroválvula solenoide, logo o silicone seria sempre coadjuvante então foi descartada a ideia.

Nossa última opção foi o fio termoplástico. É importante ressaltar que associávamos os problemas de vazamento com o tipo de material usado anteriormente, a fora adesiva do tipo isolante. Logo o objetivo aqui era solucionar os vazamentos, por isso escolhemos o fio termoplástico, acreditávamos que ao aquecer o material se ajustaria perfeitamente ao diâmetro da ponta inferior da bureta e ao orifício da micro eletroválvula solenoide

O segundo problema, de caráter muito simples, seria facilmente resolvido se tivéssemos consultado a orientação da micro eletroválvula solenoide antes de instalarmos ela no projeto. Não contribuiu em nada que a micro eletroválvula solenoide fosse 3\2 vias, devido à dificuldade de encontrar uma micro eletroválvula solenoide água\ar que fosse pequena o suficiente para o nosso projeto, se fez improntável a utilização deste modelo. Fizemos a instalação sem a consulta da orientação, logo acabamos conectando ao orifício de saída da bureta um dos orifícios de saída da micro eletroválvula solenoide de forma que sem energiza nem desenergizada a água conseguia passar pelo interior na válvula até uma saída. Essas condições ocasionaram muitos vazamentos que foram, como citado anteriormente, associados

ao material utilizado para conectá-la a bureta. Então para solucionar o problema dos vazamentos decidimos fazer a vedação com silicone, medida que foi pouco ou nada eficaz pois não era essa a natureza dos vazamentos. Desse modo, limpamos todo o silicone, desmontamos a micro eletroválvula solenoide a fim de entender a sua orientação. Assim pudemos fazer a conexão de forma concisa e não houve mais vazamentos.

### **5.3 Solda**

Outro problema que enfrentamos na montagem do nosso projeto foi na solda dos componentes no sistema eletrônico, problema simples de ser resolvido, mas que atrasou significativamente o cronograma do nosso projeto. A solda acabou ficando grosseira em muitas partes, principalmente nos pinos do relé, então eles acabavam encostando uns nos outros, impedindo o total funcionamento da programação do nosso projeto. Logo teve que ser desfeita as soldas a fim de tirar o excesso de estanho e refeita, a fim de que os pinos não se encostassem e ocorresse o funcionamento pleno da programação do nosso projeto.

## 6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do titulador automático foi orientado por um objetivo central: a automação eficiente do processo de titulação, eliminando a necessidade de agitação manual prolongada. Ao empregar um agitador magnético, conseguimos realizar esse procedimento de maneira automática, sem exigir intervenção constante do pesquisador. Destacamos que, em comparação com os tituladores automáticos disponíveis no mercado, nosso dispositivo apresenta uma solução de baixo custo.

Além da eficácia e economia proporcionadas, o titulador automático desenvolvido abre portas para uma abordagem mais acessível e didática à química. Sua simplicidade de uso torna-o uma ferramenta valiosa não apenas em ambientes de pesquisa, mas também em contextos educacionais, como escolas. A acessibilidade financeira do dispositivo possibilita a incorporação do ensino prático da química, transformando a aprendizagem em uma experiência mais envolvente e estimulante para os alunos. Em última análise, a automação do processo de titulação não apenas otimiza a pesquisa laboratorial, mas também contribui para a promoção do ensino prático da química, nutrindo o interesse e a compreensão dos estudantes.

A funcionalidade do titulador não apenas confirma a viabilidade técnica da proposta, mas também destaca sua utilidade prática em ambientes de pesquisa e educação. A capacidade do protótipo de operar de forma eficiente e confiável reforça não apenas a eficácia do dispositivo, mas também sua potencial contribuição para a simplificação em contextos educacionais.

## REFERÊNCIAS

MÓL, Alan Ribeiro. Desenvolvimento de um titulador automático para caracterização de substâncias húmicas por supressão de fluorescência. 2015. 72 f., il. Dissertação (Mestrado em Química) —Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MACHADO JUNIOR, Iterlandes. Desenvolvimento de titulador automático baseado na plataforma open source Arduino como ferramenta investigativa no ensino de química. 2019. 133 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2019.

SANTOS, Leonardo dos. Construção de um titulador alternativo e o uso de indicadores naturais para medidas de pH. 2016. 161 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016

OLIVEIRA, André Fernando et al. Desenvolvimento de um titulador baseado na contagem de gotas. Química Nova, São Paulo, 19 abr. 2010

VIANA, Aryanne. Titulação ácido-base. In: <https://vaiquimica.com.br/titulacao-acido-base/>. [S. l.], 11 jun. 2021. Disponível em: <https://vaiquimica.com.br/titulacao-acido-base/>. Acesso em: 11 jul. 2023.

TONIDANDEL, D. A. V.; ARAÚJO, A. E. A. DE; BOAVENTURA, W. DO C. História da Eletricidade e do Magnetismo: da Antiguidade à Idade Média. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 4, 2 ago. 2018.

REZENDE, S. Magnetismo na Terra Brasilis (Magnetism at Terra Brasilis). v. 22, n. 3, 2000.

MAGNÉTICO, C. Projeto 15 do Edital nº15/2011 CAPES: Estimulando a vivência do Laboratório de Física Geral através de recursos hipermédicos. [s.l: s.n.].