

# Desenvolvimento de um equipamento para medir sólidos totais na água para fins didáticos usando método nefelométrico

*Development of an equipment to measure total solids in water for didactic purposes using nephelometric method*


• **Data de entrada:**  
02/12/2021

• **Data de aprovação:**  
02/02/2022


Jairo Catrário da Silva<sup>1</sup> | Carlos Eduardo Formigoni<sup>1</sup> | Rodrigo Eduardo Córdoba<sup>2</sup> | Wellington Cyro de Almeida Leite<sup>1\*</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.013>

## ORCID ID

Silva JC  <https://orcid.org/0000-0002-1650-0582>

Formigoni CE  <https://orcid.org/0000-0002-6753-1290>

Córdoba RE  <https://orcid.org/0000-0003-3647-7305>

Leite WCA  <https://orcid.org/0000-0003-2900-1077>

## Resumo

Atualmente, a didática de ensino e a tecnologia vêm se mostrando indissociáveis. O educador deixa de ser um agente transmissor de conhecimento para exercer a função de mediador e facilitador, no complexo desenvolvimento da aprendizagem, ao passo que os alunos, nesse processo, assumem o papel de agentes ativos. Portanto, na medida do possível, os educadores podem lançar mãos de recursos tecnológicos de forma a estimular a busca do conhecimento por parte dos estudantes. Diante desse desafio, no presente estudo foi desenvolvido um equipamento, de baixo custo, para medir a concentração de sólidos totais, na água, pelo método nefelométrico, que pode ser utilizado em aulas práticas laboratoriais em cursos técnicos e de ensino médio ao permitir que se conheça do grau poluição, por sólidos totais, em uma amostra de água. O equipamento desenvolvido possui um hardware e um software que permitem a visualizações e registros de variáveis por meio da interface gráfica. O circuito e a câmara de amostragem do equipamento foram desenvolvidos por meio da interface de várias áreas de conhecimento — mecânica, eletrônica, física, meio ambiente, tecnologia da informação e química. Os testes para a calibração do equipamento foram realizados em laboratório de química e os dados se mostraram confiáveis quando comparados com os obtidos em equipamento padrão. Os dados detalhados, referentes ao equipamento desenvolvido, estão detalhados no presente estudo.

**Palavras-chave:** Sólidos totais em água. Meio Ambiente. Poluição da água. Tecnologia. Nefelômetro.

## Abstract

*Currently, teaching didactics and technology are proving to be inseparable. The educator is no longer an agent that transmits knowledge, but a mediator and facilitator in the complex development of learning, while the students, in this process, assume the role of active agents. Therefore, as far as possible, educators can make use of technological resources in order to stimulate the search for knowledge by the students. Given this challenge, in this paper, a low-cost equipment was developed to measure the concentration of total solids in water*

<sup>1</sup> Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP – Ribeirão Preto – São Paulo – Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos – UFSCar – São Carlos – São Paulo – Brasil.

\* **Autor correspondente:** [wleite@unaerp.br](mailto:wleite@unaerp.br).

*by the nephelometric method, which can be used in practical laboratory classes in technical and high school courses when allowing the recognition of the degree of pollution by total solids in a water sample. The equipment developed has a hardware and a software that allow the visualization and the record of variables through the graphical interface. The circuit and the sampling chamber of the equipment were developed through the interface of several areas of knowledge - mechanics, electronics, physics, environment, information technology, and chemistry. The tests for the calibration of the equipment were performed in chemistry laboratory, and the data proved to be reliable when compared to the ones obtained from standard equipment. The detailed data, concerning the equipment developed, are detailed in this study.*

**Keywords:** Total solids in water. Environment. Water pollution. Technology. Nephelometer.

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento efetivo para o movimento dos ecossistemas e da vida, como a constituição e dinâmica dos solos e do clima. Ainda que tenha um ciclo, seja um componente de ligação nos ecossistemas e um recurso renovável, é também limitada, uma vez que a viabilização de água doce na Terra é muito pequena. Dessa forma, existe a preocupação e a justificativa maior para a sua preservação, pois é um tema muito discutido na área da educação, bem como em outros meios de comunicação.

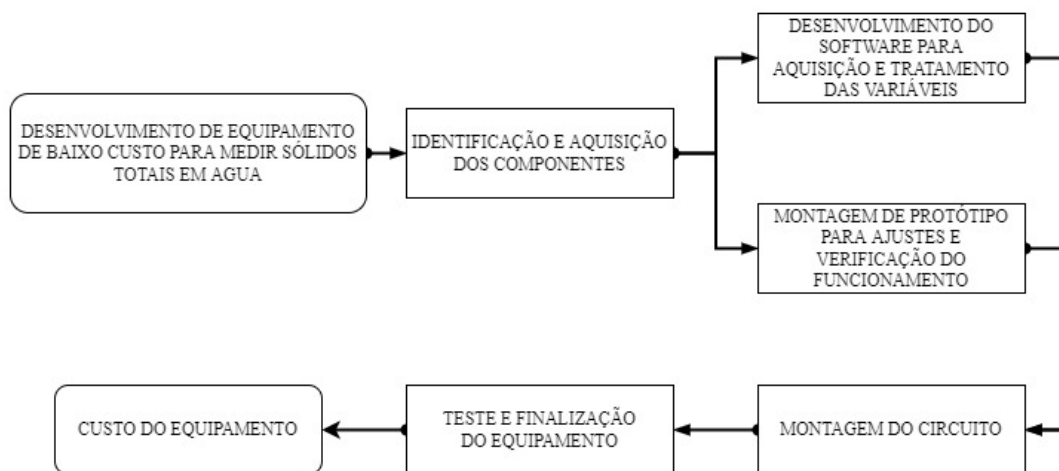
Atualmente, o desempenho da tecnologia na educação cresce a todo instante dentro e fora da sala de aula, e os jovens, em sua maioria, têm algum tipo de aparelho eletrônico, como tablet, celular, computador, notebook, etc. Deste modo, não há dúvidas de que as novas formas de comunicação atendem às recentes necessidades dos alunos. O acesso rápido e eficiente na obtenção de informações importantes e diversificadas, assim como a eficácia da comunicação entre professores e alunos, é viabilizado pelas ferramentas interativas.

Nesse sentido, é importante relacionar o uso dos recursos tecnológicos na didática de ensino com o propósito de acercar-se dos aspectos físico-químicos da água, tanto no aspecto biológico como no social e econômico. Para tanto, destaca-se a necessidade de envolver os estudantes na aprendizagem, estabelecendo um sentido ao conteúdo estudado, oferecendo situações práticas de ensino e aprendizagem, em que se ampliem as oportunidades de reflexão.

No presente estudo foi proposto um equipamento que teve como intuito alertar os estudantes das necessidades de conservação da água por meio de aspectos físico-químicos, como a medição de sólidos totais utilizando o método nefelométrico e também no auxílio didático do professor na projeção de uma ferramenta tecnológica. Com o uso desse método, o equipamento abre espaço para o estudo da propriedade da água e sua construção física abrange outras áreas de estudo, como a eletrônica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento deste trabalho seguiu conforme o fluxograma da Fig. 1.



**Figura 1** - Fluxograma das etapas para o desenvolvimento do equipamento para medir sólidos totais em água  
 Fonte: Autor, 2021.

## 2.1 Identificação e aquisição dos componentes eletrônicos

### 2.1.1 Emissores

Neste desenvolvimento, os sensores de emissão dos sinais utilizados foram: dois diodos emissores de luz, sendo um diodo modelo TIL 32 e outro diodo de luz branca. O diodo emissor de luz tipo TIL32 diâmetro de 5mm potência de saída 1,2 mW emite ondas de infravermelho com comprimento de onda de 940nm que permite que o equipamento não sofra interferência por cor, alimentado pela fonte de alimentação do circuito LED 3 tem a função da fonte de irradiação de luz.

O diodo emissor de luz branca é um LED de 5mm de diâmetro que emite luz na faixa entre 400nm e 700nm. O LED branco 5mm é formado por um material semiconductor, que emite luz quando uma tensão é aplicada nos seus terminais conforme LED 4. Sua função é de montar um nefelômetro com a faixa de irradiação de luz e a recepção com o LDR e comparar os valores com o emissor de infravermelho. Especificações:

- Cor: Branco;
- Encapsulamento: Transparente;
- Diâmetro: 5mm;

- Tensão de operação: 2,4V ~ 3,6V;
- Corrente de operação: 20mA.

### 2.1.2 Receptores

Neste desenvolvimento foram utilizados dois foto transistores e um LDR, sendo os foto transistores tipo TIL78 de 5mm de diâmetro com espectro de 700 a 1100nm um a 30° Q1 e outro a 180° Q2 da fonte de radiação, que é o transistor TIL32, e o LDR a 180° da fonte de radiação, que é o diodo de luz branca R8. O foto-transistor TIL78 é um receptor na faixa de infravermelho que não permite interferência de cor da amostra na reflexão do sinal e possui dois terminais, um correspondendo ao coletor e o outro ao emissor do transistor. Quando a base é ativada pela luz, uma corrente elétrica começa a circular do coletor para o emissor proporcionalmente à intensidade de luz captada. Sem a luz, o transistor não conduz, e o coletor e o emissor ficam isolados.

No segundo receptor foi usado um LDR, ou foto-resistência LDR (Light Dependent Resistor ou Resistor que Depende da Luz) ilustrado R8.

De acordo com Alves (2021), o funcionamento do LDR acontece quando as partículas de luz (fótons)

incidem sobre o sensor. Os elétrons que estão no material semiconductor são liberados; dessa forma, a condutividade do LDR aumenta e a sua resistência diminui. Quando não há presença de luz, o LDR possui uma resistência muito alta e a variação de sua resistência em relação a luminosidade. O LDR tem o valor de sua resistência alterado de acordo com a intensidade luminosa, sendo inversamente proporcional à intensidade de luz.

### 2.1.3 Fonte

Como o intuito da pesquisa foi projetar um equipamento de baixo custo, foi feita a opção por uma mini fonte 5v 1A.

### 2.1.4 Arduino

Será utilizado o Arduino UNO para aquisição dos valores de tensão provenientes dos receptores e comunicação com o software desenvolvido para tratamento das variáveis recebidas por meio dos diodos devido à incidência de luz pelos receptores.

Foram utilizadas as entradas analógicas do controlador AO, A1 e A2, sendo os valores resultantes dos receptores das variáveis direta (180°) transistor Q1, indireta (30°) transistor Q2 e do LDR R8 respectivamente; o Arduino, através dessas entradas com variação de tensão, vai enviar ao software o percentual de sólidos da amostra.

### 2.1.5 Caixa para Acondicionamento do Circuito Eletrônico, Sensores e câmara de amostragem.

A caixa utilizada foi feita em madeira com cobertura em acrílico para sustentação da estrutura da câmara de detecção e proteção do circuito eletrônico. A câmara de detecção é usinada em material escuro de Polipropileno (PP) ou polipropeno, que é um polímero, mais precisamente um termoplástico, derivado do propeno ou propileno (plástico) e reciclável. A escolha desse material se deu por ser uma matéria prima barata e de cor escura, evitando, assim, a interferência externa de luz na câmara de amostragem.

### 2.1.6 Cubetas

As cubetas usadas para o armazenamento das amostras foram adquiridas da Hexis e possuem dimensões de 22 mm de diâmetro e 85 mm de altura, em vidro transparente e com tampa.

## 2.2 Desenvolvimento do software para aquisição e tratamento das variáveis

Por meio do software IDE NetBeans na versão 8.2, desenvolveu-se uma tela para interface com o programa no Arduino para aquisição dos valores de tensão nos receptores no computador de acordo com a Fig. 2 para indicação dos valores de tensão, armazenamento e gráfico das variáveis que forem capturadas.

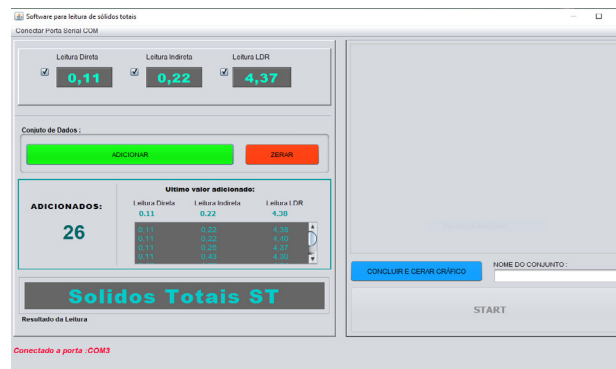


Figura 2 - Tela do software desenvolvido  
Fonte: Autor, 2021.

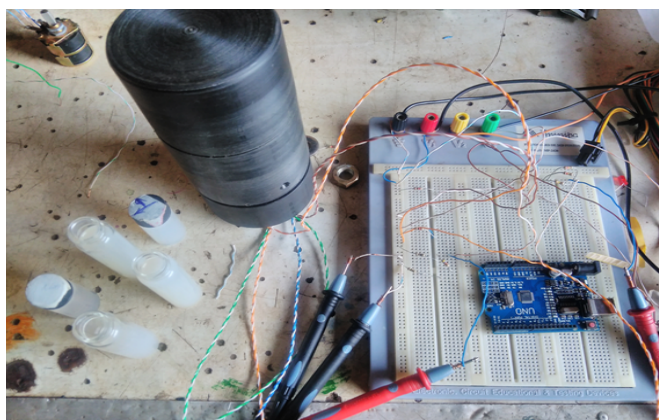
### 2.3 Montagem do protótipo para ajustes e verificação do funcionamento

Primeiro foi elaborado um desenho do circuito eletrônico no programa AutoCAD para orientação da montagem; então o circuito foi montado na placa protoboard para facilitar a montagem e a configuração do circuito, já que não é preciso a solda dos componentes para teste até chegar na configuração ideal, pois os ajustes dos valores de

resistência por meio de potenciômetros e arranjo do circuito foram necessários.

#### 2.3.1 Montagem do circuito

O circuito desenvolvido chegou à configuração ideal para o equipamento com as resistências definidas com a ajuda de potenciômetros e a disposição dos componentes ligados ao microcontrolador Arduino.



**Figura 3** - O circuito desenvolvido após testes  
Fonte: Autor, 2021.

#### 2.3.2 Teste e finalização do equipamento

o teste do equipamento foi feito no laboratório de química da ETEC Coronel Raphael Brandão em Barretos-SP utilizando o método gravimétrico seguindo o padrão da série de sólidos 2540 item

G do Standard Methods utilizando argila de cor predominante marrom que, depois de coletada e peneirada, foi diluída em água, deixando decantarem os sólidos mais pesados, retirando-os e deixando em agitação constante conforme Fig. 4.



**Figura 4** - Diluição da amostra  
Fonte: Autor, 2021.

Os equipamentos utilizados foram:

- Balança SHIMADZU AY 220 MAX 220g d+0,1 mg
- Agitador magnético marca nova NI 1103
- Balão volumétrico de 50 e 100ml
- Bureta 50ml
- Estufa de secagem marca novatecnica mod. NT513-I
- Forno mufla 550 graus.

Após a diluição, foram preparadas as cápsulas para calcinação e pesagem, que com volume de amostra de 30ml foram levadas ao forno à temperatura de 105 graus por 24 horas, depois pesadas novamente, estabelecendo a concentração de sólidos na amostra preparada.

Sabendo o valor da concentração da amostra, a mesma foi diluída utilizando a equação da diluição.

Considerando que a massa de soluto não é alterada durante a diluição, temos a seguinte equação:

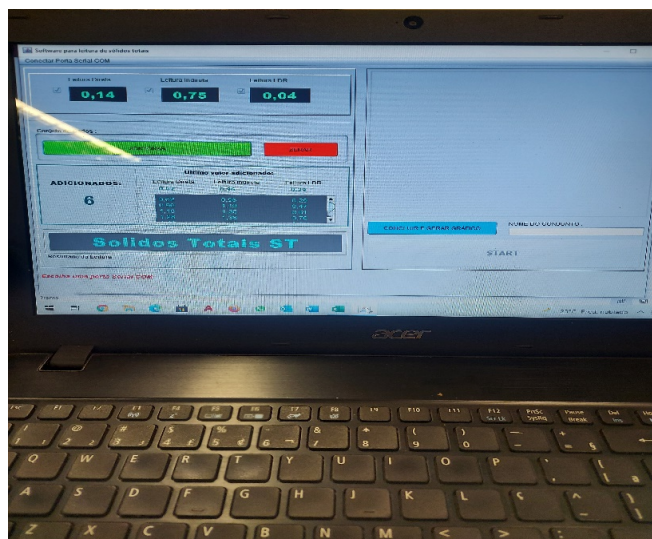
Eq. 1 - Equação da diluição

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f \quad (1)$$

$C_i / C_f$  = concentração inicial / concentração final

$V_i / V_f$  = volume inicial / volume final.

Iniciando no valor maior de concentração da amostra, a mesma foi sendo diluída, anotando-se os valores indicados no equipamento, conforme Fig. 5, até esses valores se repetirem, indicando que o equipamento atingiu sua capacidade de medição abaixo desta concentração.



**Figura 5** - Valores das variáveis

Fonte: Autor, 2021.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos com identificação e aquisição dos componentes, desenvolvimento do software, montagem do protótipo, montagem do circuito, testes e finalização do equipamento.

#### 3.1 Identificação e aquisição dos componentes

Após pesquisa do método nefelométrico, foram definidos os componentes necessários para montagem do equipamento, como diodos, foto-transistor, fonte, resistores, LDR, câmara de amostragem, Arduino e miscelâneas.

Os resistores que fazem parte dos receptores foram identificados com o auxílio dos potenciômetros.

A aquisição dos demais itens, como fonte, resistores, transistores, LDR e miscelâneas, foi realizada nas lojas virtuais com entrega em dois dias.

O material para construção da câmara é de fácil aquisição por se tratar de um material em polipropileno.

### 3.2 Desenvolvimento do software

Foi desenvolvido um *software* para a interface gráfica e um código para o Arduino com o objetivo de captar os valores emitidos pelos recep-

tores, sendo eles dois fototransistores TIL 78 e um LDR que geram um valor de tensão de 0-5v proporcional à quantidade de sólidos na amostra nas entradas analógicas A0, A1 e A2 do Arduino.

O software gera a interface gráfica já com os valores convertidos para sólidos, e um programa em Java faz a leitura da porta serial do Arduino, convertendo esses valores de bits para sólidos.

O software foi construído na linguagem Java utilizando IDE NetBeans na versão 8.2.

Na Fig. 6, uma visualização da tela do *software* com os valores dos receptores, gráfico e total de sólidos.



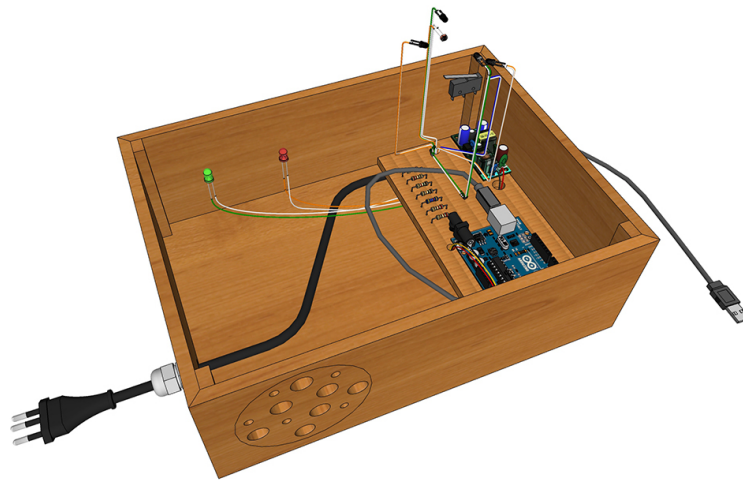
**Figura 6** - Tela do software finalizado  
 Fonte: Autor, 2021.

### 3.3 Montagem do protótipo

A montagem do protótipo da Fig. 7 se deu por experimentação, pois há uma dificuldade muito grande de encontrar um layout definido para estes equipamentos.

Foram necessários também ajustes na configuração inicial dos receptores, pois devido ao uso

de componentes de baixo custo, a precisão dos receptores ficou comprometida, fazendo com que o nefelômetro ficasse montado na configuração de 30 graus, e não de 90 graus, como pede a norma, pois nesse ângulo o nefelômetro tem maior precisão. Mesmo assim, ainda atende ao método EPA 180.1, que permite a variação de até 30 graus.

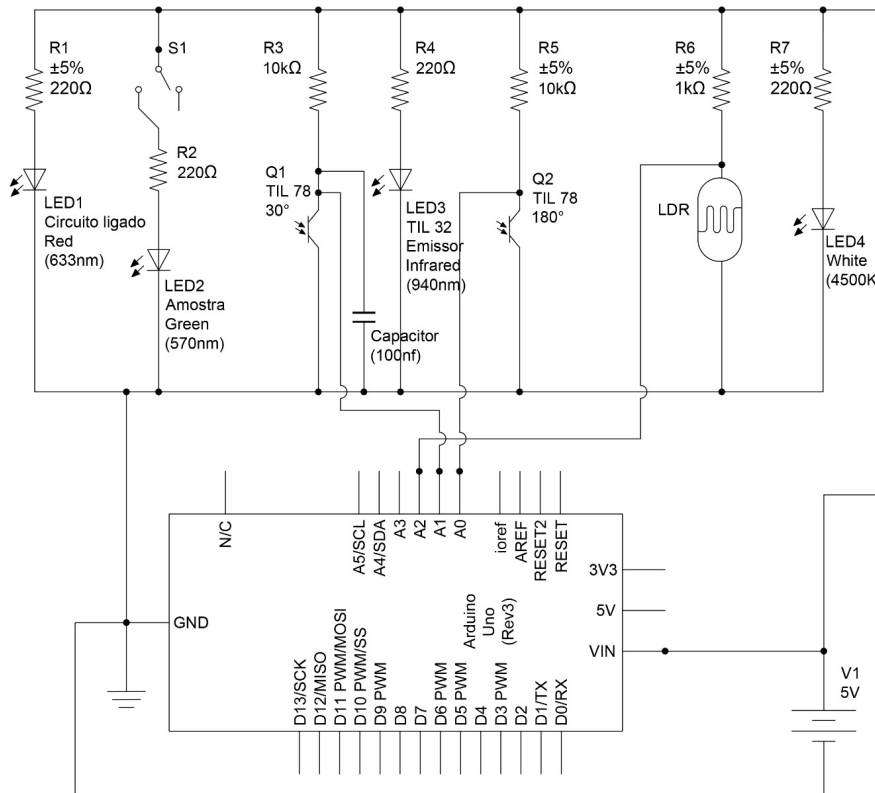


**Figura 7 - Protótipo**  
Fonte: Autor, 2021.

### 3.4 Montagem do circuito.

A montagem do circuito da Fig. 8 se deu por meio de uma placa protoboard devido à facilidade de manipulação dos componentes simulando o cir-

cuito de alimentação, primeiramente alimentando os componentes com os valores de resistência e tensão pedidos no manual.



**Figura 8 - Desenho do circuito eletrônico**  
Fonte: Autor, 2021.



A instabilidade nos valores de tensão nas entradas do Arduino, principalmente o receptor a 30°, foi um problema enfrentado; após pesquisas, foi colocado um capacitor cerâmico de 100nf na entrada analógica A1 do Arduino, aterrando o outro lado do capacitor e amenizando em muito a oscilação dos valores devido ao ruído gerado pelo sistema.

### 3.5 Teste e finalização do equipamento

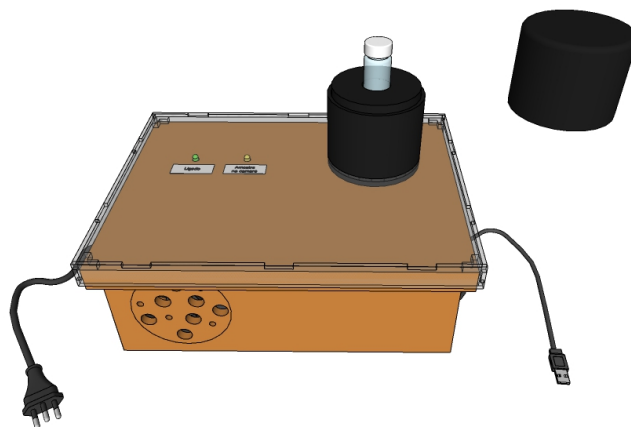
Os testes aconteceram em laboratório, como descrito em material e métodos, pelo método gravimétrico, seguindo o padrão da série de sólidos 2540 item G do Standard Methods para a solução de amostra em duas amostras que, diluídas, formaram os valores de concentração

por tensão em cada sensor direto 180°, indireto 30° e LDR.

Para teste no equipamento, foi levantada uma curva de calibração com a média dos valores direto e indireto dos sensores do nefelômetro comparados aos valores de concentração, onde o software faz a comparação dos valores médios e indica o resultado de sólidos em mg/l.

No equipamento foi inserido um sensor LDR com o intuito de comparar os valores com o nefelômetro, já que são métodos diferentes, pois o nefelômetro funciona com a dispersão da luz, e o LDR, com a intensidade da luz.

A Fig. 9 ilustra o projeto do equipamento concluído e testado.



**Figura 9** - Equipamento concluído e testado  
 Fonte: Autor, 2021.

A Tabela 1 da amostra 1 contém os valores totais de sólidos com quatro amostras realizadas seguindo o Standard Methods. Descartando o maior e o menor valor e fazendo média com

os outros dois, chegou-se ao valor médio de 2670mg/l de sólidos na amostra, que foi utilizado para levantamento da curva de calibração do equipamento.

**Tabela 1** - Resultado médio dos sólidos totais na amostra 1

Cápsula	Tipo de argila	P1= Cápsula calcinada	P2= Cápsula seca	Resultado em mg/L	Uni.	Média
Cap. 1	Vermelha	38,9942	39,0722	2600,0000	mg/L	
Cap. 2	Vermelha	40,1798	40,2628	2766,6667	mg/L	2670mg/l
Cap. 3	Vermelha	36,2705	36,3492	2623,3333	mg/L	
Cap. 4	Vermelha	31,4171	31,4986	2716,6667	mg/L	

Fonte: Autor, 2021.

A Tabela 2 da amostra 2 contém os valores totais de sólidos com quatro amostras realizadas seguindo o Standard Methods. Descartando o maior e o menor valor e fazendo média com

os outros dois, chegou-se ao valor médio de 2670mg/l de sólidos na amostra, que foi utilizado para levantamento da curva de calibração do equipamento.

**Tabela 2** - Resultado médio dos sólidos totais na amostra 2

Cápsula	Tipo de argila	P1= Cápsula calcinada	P2= Cápsula seca	Resultado em mg/L	Uni.	Média
Cap. 5	Vermelha	31,4161	31,6159	6660,0000	mg/L	
Cap. 6	Vermelha	27,7854	27,9835	6603,3333	mg/L	6620mg/l
Cap. 7	Vermelha	29,2802	29,5018	7386,6667	mg/L	
Cap. 8	Vermelha	36,2704	36,4696	6640,0000	mg/L	

Fonte: Autor, 2021.

Os valores dos resultados da média das amostras serviram como base para o valor de concentração inicial para a equação da diluição utilizada para obter as várias concentrações para a curva de calibração do equipamento.

sólidos da amostra que foram feitas para conferência do valor de diluição, separadas 3 diluições e feita análise gravimétrica para comparação dos valores diluídos previsto de sólidos com o valor real na amostra diluída, certificando assim que a diluição está correta.

A Tabela 3 contém os valores de concentração de

**Tabela 3** - Valores comparativos previsto x real

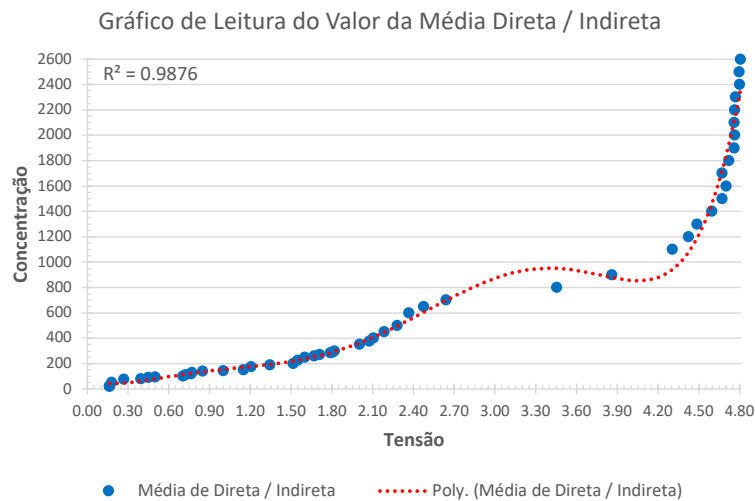
Cápsula	Tipo de argila	P1= Cápsula calcinada	P2= Cápsula seca	Resultado em mg/L	Uni.	Valor de sólidos previsto
Cap. 9	Vermelha	28,3134	28,3387	843,3333	mg/L	900,0000
Cap. 10	Vermelha	27,1157	27,1218	203,3333	mg/L	200,0000
Cap. 11	Vermelha	28,7005	28,7544	1796,6667	mg/L	1800,0000

Fonte: Autor, 2021.

O resultado da Tabela 3 mostra que a diluição foi feita corretamente e tem valores aceitáveis para comparação do equipamento.

Na Tabela 4 temos 50 variações da concentração de sólidos e podemos observar o comportamento da tensão com relação à concentração. Em valores entre 50mg/l e 1500mg/l, temos uma variação com poucas oscilações, mantendo-se com valores agrupados na faixa de 50mg/l até 700mg/l com o valor de 800, 1100 e 1200mg/l fora da curva, depois voltando os demais pontos para dentro da curva, justificando assim o porquê de utilizarmos a média entre essas duas variáveis e não somente o sensor de dispersão da luz indireto.

A Fig. 10 contém os valores médios das variáveis direta e indireta, onde foi traçada a curva para servir de comparação de sólidos no equipamento. Nessa configuração, o valor da linha traçada na curva ficou o mais próximo dos valores de sólidos da amostra, por isso foi escolhido como padrão para o equipamento.



**Figura 10** - Valores obtidos no equipamento média das variáveis direta/indireta  
 Fonte: Autor, 2021.

**Tabela 4** - Valores de média variáveis direta/indireta por concentração

$C_a$	Tensão	$C_a$	Tensão	$C_a$	Tensão	$C_a$	Tensão	$C_a$	Tensão
20	0,17	130	0,77	270	1,71	650	2,48	1700	4,67
25	0,17	140	0,85	285	1,79	700	2,64	1800	4,72
50	0,18	145	1,00	290	1,81	800	3,46	1900	4,76
75	0,27	150	1,15	300	1,82	900	3,86	2000	4,77
80	0,40	175	1,21	350	2,01	1100	4,31	2100	4,76
90	0,45	190	1,35	375	2,08	1200	4,43	2200	4,77
95	0,50	200	1,52	400	2,11	1300	4,49	2300	4,77
100	0,71	225	1,55	450	2,19	1400	4,60	2400	4,80
110	0,73	250	1,60	500	2,28	1500	4,67	2500	4,80
120	0,77	260	1,67	600	2,37	1600	4,70	2600	4,81

Fonte: Autor, 2021.

### 3.6 Custo do equipamento

A Tabela 5 apresenta os valores dos materiais aplicados na construção do equipamento.

**Tabela 5** - Valores dos componentes do equipamento

Material para construção da câmara				
	Quantidade	Valor Unitário	Mão de obra	Total
Diodos	3	R\$ 12,00		R\$ 36,00
Foto transístor	3	R\$ 11,00		R\$ 33,00
Arduino	1	R\$ 59,00		R\$ 59,00
Fonte	1	R\$ 18,00		R\$ 18,00
Potenciômetro	1	R\$ 15,00		R\$ 15,00
Resistores	10	R\$ 9,00		R\$ 90,00
Serviço de usinagem	1		R\$ 150,00	R\$ 150,00
Cobertura em acrílico	1		R\$ 40,00	R\$ 40,00
Caixa para acomodação	1		R\$ 50,00	R\$ 50,00
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>R\$ 124,00</b>	<b>R\$ 240,00</b>	<b>R\$ 491,00</b>

Fonte: Autor, 2021.

#### 4 CONCLUSÃO

Sabendo que as novas tecnologias amparam o aluno na busca de informações e que essas atuam de forma proativa na construção do conhecimento quando bem aproveitadas, o papel do professor é relevante para incentivar o aluno, despertando nele a curiosidade na busca do saber, direcionando-o e fazendo as orientações corretamente, sem perder de vista que as inovações tecnológicas são apenas ferramentas a serem usadas no processo de aprendizagem, pois sozinhas não produzem conhecimento.

O intuito deste trabalho era desenvolver um equipamento de baixo custo que pudesse ser usado em instituições de ensino médio e que chamasse a atenção do aluno para a contaminação da água com relação aos sólidos totais.

O valor dos componentes utilizados no desenvolvimento do equipamento citados na Tabela 8 nos mostra que o equipamento é de baixo custo e fácil reprodução com o valor de R\$ 491,00 de investimento, não contando com a mão de obra do desenvolvimento do software e equipamento.

A identificação dos componentes para desenvolvimento do equipamento com base na nefelometria aconteceu por meio de pesquisa em trabalhos e literatura. A experiência e a rede de conhecimento com profissionais de diversas áreas ajudaram na configuração do equipamento desde o seu circuito até sua caixa de proteção.

No estudo para desenvolvimento do software para aquisição dos valores gerados no equipamento foi preciso ter ajuda de um terceiro na programação, pois o conhecimento com a linguagem de programação é extensa e específica. Com essa interação criou-se uma tela amigável para o usuário, captando as variáveis que compõem o nefelômetro e o LDR e dando um destaque para a variável principal, que é a concentração de sólidos em mg/l, gerando gráficos e registrando os valores de forma satisfatória.

O estudo dos métodos de medição de partículas para desenvolvimento do equipamento para aplicação didática foi realizado por meio de pesquisa em trabalhos, livros e artigos, na qual se obteve o conhecimento sobre como acontece a nefelometria.

A partir desse conhecimento e com o estudo dos componentes que fazem parte do nefelômetro, foi-se de forma prática construindo o equipamento com algumas configurações tanto na parte do circuito como na câmara de amostragem. Vencidos esses pequenos problemas, chegou-se de forma satisfatória na medição das partículas totais na água que envolveram não somente o estudo das partículas mas também um conhecimento na área de circuitos eletrônicos e planilhas para compilação dos resultados. A aplicação didática do equipamento se dá por meio de sua interação gráfica, despertando a atenção dos alunos para o equipamento, pois sua aplicação abrange vários campos de conhecimento, como mecânica, eletrônica, física, meio ambiente e química.

A construção do equipamento foi realizada parte em bancada e parte em áreas externas, pois foi necessário o envolvimento de diversas habilidades e competências, e o envolvimento de outros profissionais para finalização do mesmo foi necessário. Os testes para calibração do equipamento realizados no laboratório de química atribuíram ao trabalho a confiança e a certificação nos valores obtidos, dando assim uma segurança em dizer que o equipamento é fruto de pesquisa e tecnologia aplicada no seu desenvolvimento.

Com o trabalho de todos os envolvidos neste projeto, podemos concluir que o mesmo ocorreu atendendo aos objetivos propostos em sua integralidade.

## 5 AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP pelo apoio recebido.

## 6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

**Conceitualização e Redação:** Silva, J.C. e Leite, W.C.A.; **Desenvolvimento Metodológico:** Silva, J.C. e Leite, W.C.A.; **Desenvolvimento Software:** Formigoni, C.E; investigação, Silva, J.C.; **Revisão:** Leite, W.C.A, Córdoba, R.E.

## 7 REFERÊNCIAS

APHA, 2015. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 23rd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

ALVES, P. LDR o que é e como funciona. **Manual da Eletrônica**. Disponível em: <<https://www.manualdaeletronica.com.br/ldr-o-que-e-como-funciona/>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre, Penso, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, 212 p. 2006.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. **Lei nº 6.938**, de 31 agosto de 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 17 nov. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 8.468 de 08 de setembro de 1976**. Disponível em: <<https://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2021.

CARRERAS, N. M. et al. The use of sediment colour measured by diffuse reflectance spectrometry to determine sediment sources: Application to the Attert River catchment (Luxembourg). **Journal of Hydrology**, Luxembourg, v. 382, p. 49-63, 2010.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2014. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-D-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 7º. Inciso IX, do Decreto 88.351, de 1º de junho de 1983, e o que estabelece a RESOLUÇÃO CONAMA Nº 003, de 5 de junho de 1984.

EPA. United States Environmental Protection Agency. Method 180.1: **Determination of Turbidity by Nephelometry**. 1993. Disponível em: <[https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/method\\_180-1\\_1993.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/method_180-1_1993.pdf)>. Acesso em 14 outubro 2021.

FERRACINI, R.; SAHEB, D.; TORRES, L.P.. Metodologias ativas e tecnologias digitais: aproximações e distinções. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. **Revista Educação em Questão**, vol.57, n.52, p.1-30, 2019. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/jatsRepo/5639/563965406010/563965406010.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2021.

FONDRIEST ENVIRONMENTAL, Inc. Turbidity, Total Suspended Solids and Water Clarity. **Fundamentos de Medições Ambientais**. 2014. Disponível em: <<https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/turbidity-total-suspended-solids-water-clarity/>>. Acesso em 17 nov. 2021.

HAMZE, A. Canal do educador. **O currículo e a aprendizagem**. Brasil escola. 2019. Disponível em: <<https://educador.brasilecola.uol.com.br/trabalho-docente/o-curriculo-aprendizagem.htm>> Acesso em 10 maio 2019.

KOCH, M. Z. **As tecnologias no cotidiano escolar: Uma ferramenta facilitadora no processo ensino-aprendizagem**. Trabalho de conclusão (Especialização em Gestão Educacional). Universidade Federal de Santa Maria Centro de Educação. Sarandi. RS. Brasil. 2013.

LOUGON, S.M.; ROCHA, A.S.; GUIMARÃES, F.H.; LOUZADA, O.R.L.F.; GARCIA, DE OLIVEIRA, G.. Caracterização dos Sólidos Totais, Fixos e Voláteis nas Águas Residuárias Geradas pela Lavagem dos Frutos do Cafeeiro. In: XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, p.1-3, 2009. Disponível em: <[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2009/anais/arquivos/RE\\_0142\\_1112\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/RE_0142_1112_01.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2021. **Anais...**

MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica**. Volume 1. 4 ed. São Paulo: Makron Books, 1995.

MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. Ap.. **Novas Tecnologias e mediação pedagógica**. 6. Ed. Campinas; Papirus, 2000.

PENA, A.F.R. **Distribuição da água no mundo**; Brasil Escola. [s.d], c.2021. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em 05 de novembro de 2021.

PINTO, R. A. **Sistemas Eletrônicos Para Iluminação de Exteriores Empregando Diodos Emissores de Luz (LEDs)**. Exame de Qualificação. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Norma Técnica Interna SABESP NTS 287**. Sistema de Desaguamento de lodo utilizando centrifuga tipo decanter. São

Paulo, 21p. 2011. Disponível em: <<https://www3.sabesp.com.br/normastecnicas/nts/NTS287.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2021.

SADAR, M. J. **Turbidity Science: Technical information series Booklet nº 11**. Loveland, 1998.

SADAR, M. **Technologies for Measuring Turbidity in Drinking Water Production**. Hach. Disponível em: < <https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639984724>> . Acesso em 17 nov. 2021.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

THPANORAMA. **Nefelometria no que Consiste e Aplicações**. [s.d], c.2019. Disponível em: <<https://pt.thpanorama.com/blog/ciencia/nefelometria-en-qu-consiste-y-aplicaciones.html>>. Acesso em: 17 nov. 2021.

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. da. Utilização de medidas de turbidez na quantificação da movimentação de sólidos por veiculação hídrica nas bacias dos rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau – sudoeste do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.57, p. 49-56, 2005.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Energy Efficiency and Renewable Energy. Thermal Management of White LEDs**. November 2009.