

# Ensino de Ciências e Educação Matemática

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves  
(Organizador)

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves  
(Organizador)

# Ensino de Ciências e Educação Matemática

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Karine de Lima

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E59 Ensino de ciências e educação matemática [recurso eletrônico] /  
Organizador Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves. –  
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ensino de ciências e  
educação matemática – v.1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-076-6

DOI 10.22533/at.ed.766192501

1. Educação. 2. Prática de ensino. 3. Professores – Formação.  
I. Gonçalves, Felipe Antonio Machado Fagundes.

CDD 370.1

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de  
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos  
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Ensino de Ciências e Educação Matemática”, em seu primeiro volume, contém vinte e quatro que abordam as Ciências sob uma ótica de Ensino nas mais diversas etapas da aprendizagem.

Os capítulos encontram-se divididos em seis seções: Ensino de Ciências e Biologia, Ensino de Física, Ensino de Química, Educação Matemática, Educação Ambiental e Ensino, Ciência e Tecnologia.

As seções dividem os trabalhos dentro da particularidade de cada área, incluindo pesquisas que tratam de estudos de caso, pesquisas bibliográficas e pesquisas experimentais que vêm contribuir para o estudo das Ciências, desenvolvendo propostas de ensino que podem corroborar com pesquisadores da área e servir como aporte para profissionais da educação.

No que diz respeito à Educação Matemática, este trabalho pode contribuir grandemente para os professores e estudantes de Matemática, por meio de propostas para o ensino e aprendizagem, que garantem o avanço das ciências exatas e também fomentando propostas para o Ensino Básico e Superior.

Indubitavelmente esta obra é de grande relevância, pois proporciona ao leitor um conjunto de trabalhos acadêmicos de diversas áreas de ensino, permeados de tecnologia e inovação.

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
UMA PROPOSTA DE MODELO DIDÁTICO NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES	
Silvania Pereira de Aquino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7661925011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>5</b>
A AULA DE CAMPO NUMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR NA EDUCAÇÃO BÁSICA DO ENSINO FUNDAMENTAL	
Elaine Patrícia Araújo	
Emanuele Isabel Araújo do Nascimento	
Edcleide Maria Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7661925012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>14</b>
ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA: UMA ANÁLISE DOS PROJETOS FINALISTAS DA FEBRACE 2016	
Alexandre Passos da Silva	
María Elena Infante-Malachias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7661925013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>22</b>
A (RE)CONSTRUÇÃO DOS SABERES: ULTRAPASSANDO AS BARREIRAS DA LINHA ABISSAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS	
Marcela Eringe Mafort	
Aníbal da Silva Cantalice	
Marcelo Nocelle de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7661925014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>32</b>
O SISTEMA RESPIRATÓRIO E AS SÉRIES INICIAIS: DESPERTANDO O PEQUENO CIENTISTA	
Marcelo Duarte Porto	
Everson Inácio de Melo	
Nayara Martins de Mattos	
Mariana de Moraes Germano	
Paloma Oliveira de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7661925015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>37</b>
PERCEPÇÃO DOS ALUNOS DO 3ª ANO DO CENTRO DE ENSINO MÉDIO DE TEMPO INTEGRAL FRANKLIN DORIA SOBRE FORMIGAS URBANAS	
Sandra Ribeiro da Silva	
Carolina Vieira Santos	
Gisele do Lago Santana	
Luciana Carvalho Santos	
Marcelo Bruno Araújo Queiroz	
Luciana Barboza Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7661925016</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 53**

COMO A UTILIZAÇÃO DE UM EXPERIMENTO DIDÁTICO PODE MELHORAR AS NOTAS DE ALUNOS EM FÍSICA: CONSTRUINDO UM COLETOR SOLAR COMO FERRAMENTA EDUCATIVA

Nieldy Miguel da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.7661925017**

**CAPÍTULO 8 ..... 66**

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL DE PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS EM SISTEMAS DE ESCOAMENTO

Arthur Vinicius Ribeiro de Freitas Azevedo

Rodrigo Ernesto Andrade Silva

Allan Giuseppe de Araújo Caldas

Júlio César Coelho Barbosa Torquato

Allysson Macário de Araújo Caldas

Cristiano Miranda Correia Lima.

**DOI 10.22533/at.ed.7661925018**

**CAPÍTULO 9 ..... 76**

DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE CINEMÁTICA POR MÉTODO DE STOKES ATRAVÉS DE ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE VISCOSÍMETRO AUTOMATIZADO

Rodrigo Ernesto Andrade Silva

Arthur Vinicius Ribeiro de Freitas Azevedo

Allysson Macário de Araújo Caldas

Allan Giuseppe de Araújo Caldas

Júlio César Coelho Barbosa Torquato

**DOI 10.22533/at.ed.7661925019**

**CAPÍTULO 10 ..... 87**

O ENSINO DE QUÍMICA COM O USO DE TECNOLOGIAS FACILITADORAS DE APRENDIZAGEM

Marcela dos Santos Barbosa

João Batista Félix de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.76619250110**

**CAPÍTULO 11 ..... 101**

USO DE SOFTWARES EDUCACIONAIS COMO FERRAMENTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA NO ENSINO SUPERIOR

Tayanne Andrade Dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.76619250111**

**CAPÍTULO 12 ..... 112**

A "QUÍMICA NAS OLIMPÍADAS": DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES CONTEXTUALIZADAS NO ENSINO DE QUÍMICA

Christina Vargas Miranda e Carvalho

Luciana Aparecida Siqueira Silva

Joceline Maria da Costa Soares

Scarlett Aldo de Souza Favorito

Letícia Gomes de Queiroz

Renan Bernard Gléria Caetano

**DOI 10.22533/at.ed.76619250112**

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>121</b>
EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA COMO RECURSO AUXILIAR NO ESTUDO DE FUNÇÕES INORGÂNICAS	
Aryanny Irene Domingos de Oliveira Evelise Costa Mesquita Christina Vargas Miranda e Carvalho Luciana Aparecida Siqueira Silva Débora Astoni Moreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>134</b>
A MATEMÁTICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL: UM ESTUDO SOBRE AS PRINCIPAIS DIFICULDADES DE ENSINO E APRENDIZAGEM EM CACHOEIRA DO SUL (RS)	
Ivonete Pereira Amador Ricardo Fajardo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>146</b>
DISCUSSÃO SOBRE O USO DE RECURSOS CONCRETOS E TECNOLÓGICOS COMO OPÇÃO METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE CURVAS CÔNICAS	
Italo Luan Lopes Nunes Bruno Fernandes de Oliveira Abigail Fregni Lins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>155</b>
MATEMÁTICA NO COTIDIANO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA: UM ENTRELAÇAMENTO RICO PARA A APRENDIZAGEM	
Rosa Lúcia da Silva Santana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>160</b>
MAPEAMENTO DE PESQUISAS ENVOLVENDO A TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA E O CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL: DURANTE O PERÍODO DE 2007 A 2016	
Aécio Alves Andrade Cintia Aparecida Bento dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250117</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>172</b>
A EJA NO IMAGINÁRIO DE LICENCIANDOS EM MATEMÁTICA	
Rayane de Jesus Santos Melo Maria Consuelo Alves Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>184</b>
AEROPORTO DE CARGAS DE ANÁPOLIS – ANÁLISE DO PLANO DIRETOR, EIA/RIMA E CONHECIMENTO POPULAR SOBRE O EMPREENDIMENTO: UM CASO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
Cibele Pimenta Tiradentes Leonora Aparecida dos Santos Valeska Gouvêa Novais	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250119</b>	

**CAPÍTULO 20 ..... 193**

ENSINO DE ZOOLOGIA E SENSIBILIZAÇÃO JURÍDICO-AMBIENTAL MEDIADOS PELA OBSERVAÇÃO DA MALACOFUNA INTERTIDAL EM RECIFES DO RIO GRANDE DO NORTE

Roberto Lima Santos  
Clécio Danilo Dias da Silva  
Elineí Araújo de Almeida

**DOI 10.22533/at.ed.76619250120**

**CAPÍTULO 21 ..... 199**

INTERDISCIPLINARIDADE, O QUE PODE SER?

Núbia Rosa Baquini da Silva Martinelli  
Francieli Martins Chibiaque  
Jaqueline Ritter

**DOI 10.22533/at.ed.76619250121**

**CAPÍTULO 22 ..... 209**

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE ACESSIBILIDADE EM BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA DO CCTA – POMBAL/PB

José Valderisso Alfredo de Carvalho  
Lucas Pinheiro  
Renan Willer Pinto de Sousa  
Elisângela Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.76619250122**

**CAPÍTULO 23 ..... 227**

AVALIAÇÃO DO USO DO PHOTOMETRIX COMO FERRAMENTA DE DETECÇÃO EM MEDIDAS ESPECTROFOTOMÉTRICAS DE LÍTIO EM SOLUÇÃO AQUOSA

Karinne Grazielle Oliveira Silva  
Janiele de Lemos Silva  
Maria Alice Lira Nelo de Oliveira  
Allan Nilson de Sousa Dantas

**DOI 10.22533/at.ed.76619250123**

**CAPÍTULO 24 ..... 233**

CRESCENTIA CUJETE: ASPECTOS FITOQUÍMICOS E ATIVIDADES BIOLÓGICAS – UMA REVISÃO

Maciel da Costa Alves  
Cláudia Patrícia Fernandes dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.76619250124**

**CAPÍTULO 25 ..... 246**

ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS PARA REAÇÃO DE ACETILAÇÃO DO EUGENOL (ACETATO DE 4-ALIL-2-METOXIFENIL)

Josefa Aqueline da Cunha Lima  
Jadson de Farias Silva  
Romário Jonas de Oliveira  
Cosme Silva Santos  
Ladjane Pereira da Silva Rufino de Freitas  
Juliano Carlo Rufino de Freitas

**DOI 10.22533/at.ed.76619250125**

**CAPÍTULO 26 ..... 255**

EVIDÊNCIAS DA RELEVÂNCIA FITOQUÍMICA E BIOLÓGICA DA FAMÍLIA MYRTACEAE E DO GÊNERO SYZYGIUM

Yanna Carolina Ferreira Teles

Wallison dos Santos Dias

Ewerton Matias de Lima

Edilene Dantas Teles Moreira

Camila Macaubas da Silva

Milen Maria Magalhães de Souza Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.76619250126**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 266**

## DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE CINEMÁTICA POR MÉTODO DE STOKES ATRAVÉS DE ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE VISCOSÍMETRO AUTOMATIZADO

**Rodrigo Ernesto Andrade Silva**

Universidade Federal da Paraíba

João Pessoa-Paraíba

**Arthur Vinicius Ribeiro de Freitas Azevedo**

Instituto Federal da Paraíba

João Pessoa-Paraíba

**Allysson Macário de Araújo Caldas**

Instituto Federal da Paraíba

João Pessoa-Paraíba

**Allan Giuseppe de Araújo Caldas**

Universidade Federal da Paraíba

João Pessoa-Paraíba

**Júlio César Coelho Barbosa Torquato**

Instituto Federal da Paraíba

João Pessoa-Paraíba

**RESUMO:** O presente trabalho, a partir de um estudo teórico experimental propõe o desenvolvimento de uma bancada experimental fazendo uso da plataforma de prototipagem Arduino e de materiais acessíveis a todos que com o auxílio deste trabalho desejarem replicar o que será desenvolvido ao longo de sete capítulos. Esta bancada experimental irá permitir que professores e estudantes determinem a viscosidade de fluidos viscosos de forma rápida e precisa devido à automatização de parte do processo de obtenção de dados. Uma ferramenta deste tipo é relevante do ponto

de vista acadêmico, devido a sua usabilidade em disciplinas relacionadas à manutenção de sistemas mecânicos, na qual o uso de óleos lubrificantes é um dos pilares. A bancada experimental nos permite determinar uma das propriedades mais relevantes na escolha de um óleo lubrificante que é a viscosidade. Por ser um tema novo para alguns possíveis leitores se faz necessário a presença de um material que contenha os conceitos pertinentes ao funcionamento da bancada experimental, indo desde definições presentes na mecânica dos fluidos e do movimento de corpos em fluidos até a prototipagem de um sensor que situe no tempo a interrupção de alguns sensores de luminosidade estimulados por lasers. Além disso, analisaremos a correspondência entre os valores obtidos para a viscosidade dos fluidos em determinada temperatura com os valores provenientes de uma equação característica do fluido, equação essa determinada por uma linha de tendência que caracteriza o comportamento da viscosidade do fluido para diferentes temperaturas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Viscosidade, Mecânica dos Fluidos, Manutenção, Lubrificação.

**ABSTRACT:** The present work, based on an experimental theoretical study, proposes the development of an experimental bench using the Arduino prototyping platform and materials

accessible to all who with the help of this work wish to replicate what will be developed over seven chapters. This experimental bench will allow teachers and students to determine viscous fluid viscosity quickly and accurately due to automation of part of the data acquisition process. Such a tool is academically relevant due to its usability in disciplines related to the maintenance of mechanical systems, in which the use of lubricating oils is one of the pillars. The experimental bench allows us to determine one of the most relevant properties in the selection of a lubricating oil that is viscosity. Because it is a new theme for some possible readers, it is necessary to have a material that contains the concepts pertinent to the operation of the experimental stand, ranging from definitions present in the fluid mechanics and the movement of bodies in fluids to the prototyping of a sensor that detect the interruption of some light sensors stimulated by lasers. In addition, we will analyze the correspondence between the values obtained for the viscosity of the fluids at a certain temperature with the values coming from a characteristic equation of the fluid, an equation determined by a trend line that characterizes the viscosity behavior of the fluid at different temperatures.

**KEYWORDS:** Viscosity, Fluid Mechanics, Maintenance, Lubrication.

## INTRODUÇÃO

Nos cursos de engenharia um dos tópicos que sempre recebe destaque é a manutenção, que pode ser definida como a área do conhecimento responsável por planejar e executar ações que visem manter o pleno funcionamento de máquinas e equipamentos. Na mecânica ela existe comumente no ato da lubrificação, que visa interpor uma película de fluido adequado entre superfícies em movimento relativo, de modo que o mesmo se faça com um mínimo de aquecimento, ruído, atrito e desgaste, a fim de conservar os componentes mecânicos.

Os lubrificantes quanto a sua natureza podem ser sólidos, líquido, pastosos ou gasosos. Na prática, cerca de 95% dos lubrificantes empregados são líquidos, enquanto os pastosos representam cerca de 4% do restante. Portanto é fundamental conhecermos as propriedades referentes aos lubrificantes tendo em vista a sua importância na indústria moderna.

Tendo em mente o que foi exposto, este trabalho se propõe a fornecer uma ferramenta útil à realização de uma análise quantitativa de uma importante propriedade dos óleos lubrificantes, conhecimento este fundamental a estudantes que terão a possibilidade de colocar em prática o que normalmente é abordado apenas na teoria em escolas técnicas e em faculdades. Iremos abordar a viscosidade, cujo valor numérico depende de diversas variáveis dentre elas a temperatura.

## OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma bancada experimental que nos permita determinar a viscosidade dos óleos lubrificantes, baseando-se no movimento de uma esfera no fluido e com o

auxílio de resistores dependentes de luz e da plataforma de prototipagem Arduino.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um estudo teórico a respeito dos fluidos;
- Realizar um estudo teórico do movimento de corpos em fluidos;
- Desenvolver a parte eletrônica do projeto;
- Construção da bancada experimental que dará suporte ao medidor proposto;
- Analisar os resultados obtidos e verificar a veracidade destes;
- Descrever os aspectos positivos e negativos deste tipo de medidor;

## FLUIDOS E LUBRIFICANTES

Mecânica dos Fluidos é a ciência que estuda o comportamento físico dos fluidos, assim como as leis que regem esse comportamento, segundo Brunetti (2008); A importância da mecânica dos fluidos é evidente nos cursos de engenharia, tal relevância está presente na usabilidade dos seus conceitos e leis para a compreensão do universo físico que nos cerca, conseqüentemente também é fundamental no dimensionamento de máquinas e estruturas que são pertinentes às engenharias.

Nos livros de física a caracterização de um fluido se dá pela comparação deste com um sólido, os sólidos têm forma própria ao contrário dos fluidos que não têm forma própria e que assumem o formato do recipiente. Sendo assim a definição de fluido engloba os líquidos e os gases, porém estes diferem devido ao fato de que os gases ocupam todo o volume do recipiente que o contém enquanto que os líquidos possuem volume fixo a temperatura constante.

Na mecânica dos fluidos podemos definir os fluidos de forma diferente, fazendo o uso de outros conceitos, essa nova maneira de definir um fluido faz uso de uma observação prática denominada “Experiência das Duas Placas”. De acordo com esta experiência o fluido se diferencia dos sólidos pelo fato de que ao fixarmos duas placas em superfícies opostas de um sólido, sendo uma placa fixa e a outra móvel, ao aplicarmos uma força tangente à placa móvel esta irá atingir uma situação de equilíbrio estático onde o sólido sofre uma deformação momentânea que cessa quando o equilíbrio é atingido, enquanto que ao realizamos a mesma experiência com um fluido este atinge o equilíbrio dinâmico após algum tempo, isto se deve às forças de coesão das moléculas que balanceiam a força tangencial, sendo a resultante após o equilíbrio igual a zero. O equilíbrio dinâmico só é alcançado após certa velocidade ser atingida pela placa móvel em relação a fixa.

A característica dos fluidos responsável por esta resistência que eles apresentam ao movimento é a viscosidade. Esta é a principal propriedade na escolha

de um lubrificante, pois representa o atrito interno existente no fluido. A mecânica de estabelecer uma película lubrificante adequada depende, em grande parte, da viscosidade. Esta propriedade é avaliada quantitativamente em laboratórios utilizando-se aparelhos chamados viscosímetros. Sendo o objetivo desse trabalho a confecção de um viscosímetro baseado nas forças existentes em um corpo que se move no interior de um óleo lubrificante líquido.

A viscosidade pode ser dinâmica ou cinemática, estas diferem apenas pelas unidades adotadas, sendo que a última difere por utilizar apenas grandezas cinemáticas. Podemos converter de uma para a outra de acordo com a equação 1.

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad 1$$

Onde:

$v$  – Viscosidade cinemática [ $\text{m}^2/\text{s}$ ];

$\mu$  – Viscosidade dinâmica [ $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ ];

$\rho$  – Massa específica [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ];

## LEI DE STOKES

Ao soltarmos uma esfera num líquido viscoso inicialmente a sua velocidade é igual a zero, mas com o passar do tempo a força resultante agindo sobre ela a acelera e eleva sua velocidade até o ponto em que devido à elevação da velocidade, a força viscosa (proveniente da resistência do fluido ao movimento) aumenta e junto com o empuxo e a força peso torna nula a ação de forças sobre a esfera, ou seja, pode-se verificar que a velocidade aumenta não-uniformemente com o tempo e atinge um valor limite, que ocorre quando a força resultante for nula.

O estado no qual a resultante das forças que atuam em um corpo é nula e este corpo possui velocidade constante e diferente de zero, é denominada equilíbrio dinâmico, para tal situação vale a lei de Stokes, representada na equação 2.

$$\mu = \frac{2R^2(\rho_e - \rho_f)g}{9v} \quad 2$$

Onde:

$\mu$  – Viscosidade dinâmica ou absoluta [ $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ ];

$R$  – Raio da esfera [ $\text{m}$ ];

$\rho_e$  – Massa específica da esfera [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ];

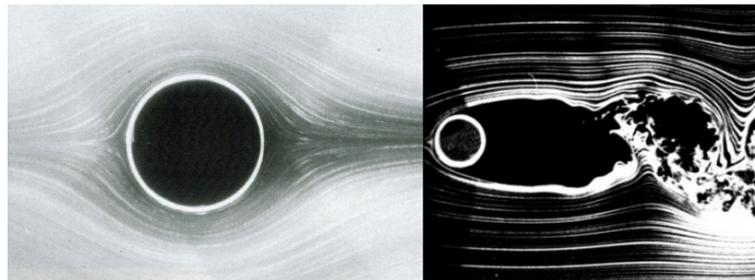
$\rho_f$  – Massa específica do fluido [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ];

$g$  – Aceleração da gravidade [ $\text{m}/\text{s}^2$ ];

$v$  – Velocidade de queda da esfera [ $\text{m}/\text{s}$ ];

A equação 2 é conhecida como lei de Stokes e ela é válida para fluidos em regimes de escoamento laminar. “Escoamento laminar é aquele em que as partículas se deslocam em lamina individualizadas, sem troca de massa entre elas.” (BRUNETTI, 2008, p.69). O escoamento não laminar é conhecido por escoamento turbulento em que “Escoamento turbulento é aquele em que as partículas apresentam um movimento aleatório macroscópico” (BRUNETTI, 2008, p.69).

Visualmente o escoamento laminar e o turbulento, quando uma esfera está em movimento num fluido é representado pela figura 1.



**Figura 1** – Representação dos escoamentos laminar e turbulento respectivamente.

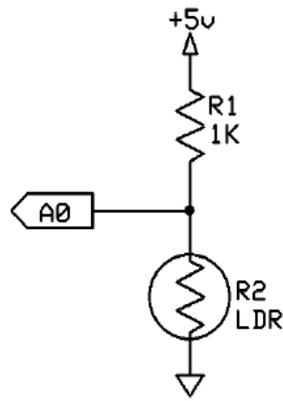
Fonte: [http://www2.sorocaba.unesp.br/professor/jrborto/2008S2/FT/FT\\_aula3.pdf](http://www2.sorocaba.unesp.br/professor/jrborto/2008S2/FT/FT_aula3.pdf)

## PROTOTIPAGEM

Na parte eletrônica utilizaremos a plataforma de prototipagem Arduino para criarmos sensores de movimento utilizando os seguintes componentes:

- 1 Placa Arduino UNO
- 3 Resistores dependentes de luz (LDR)
- 3 Lasers
- 3 Resistores de 1k $\Omega$
- Protoboard
- Fios

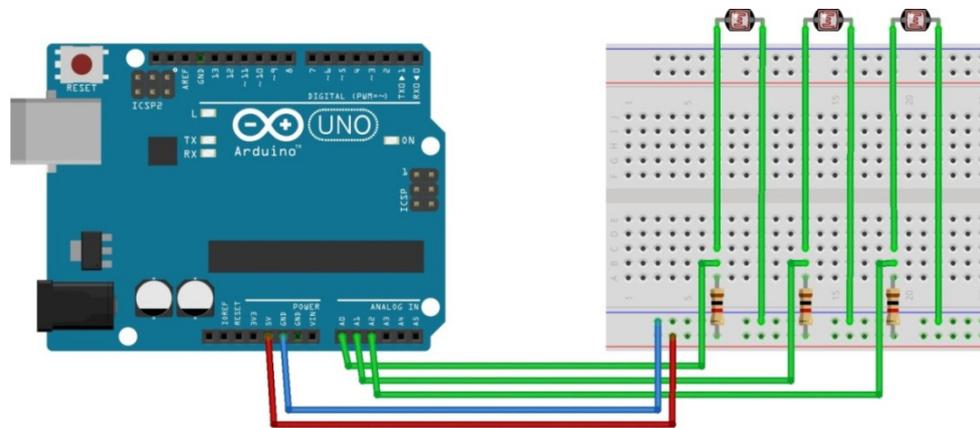
Utilizaremos os LDRs em união com os resistores para criar um divisor de tensão conforme a figura 2.



**Figura 2** – Esquema do divisor de tensão.

Fonte: <https://portal.vidadesilicio.com.br/apostila-arduino-basico/>

O aspecto final do circuito quando montado será semelhante ao da figura 3.



**Figura 3** – Aparência do circuito quando completo.

Fonte: Fritzing.org

Em associação com a programação e com o uso dos lasers a placa Arduino detectará em que instante cada feixe de luz saturante sobre cada LDR for interrompido pela esfera em movimento no fluido. Medição essa que nos permite determinar a velocidade da esfera e conseqüentemente com utilizando a equação 2, a viscosidade dinâmica do fluido.

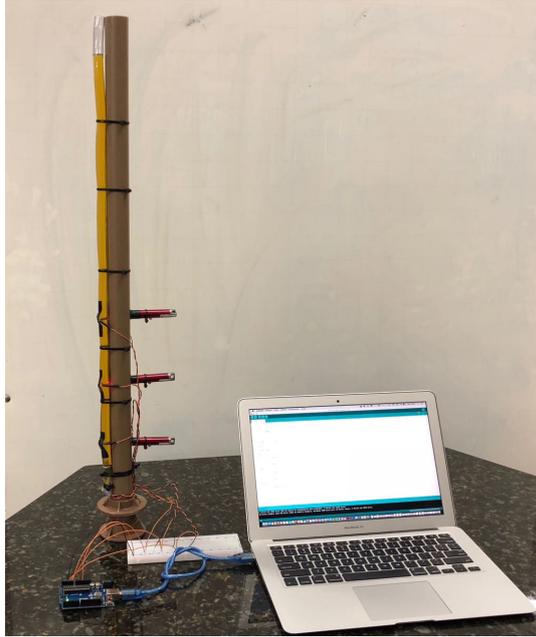
## BANCADA EXPERIMENTAL

Para a confecção do viscosímetro iremos utilizar materiais que são comumente encontrados em lojas de material de construção, pois este trabalho destina-se principalmente a estudantes e o fácil acesso possibilita que este seja replicado mais facilmente. Iremos utilizar:

- 1 metro de tubo PVC de 1 polegada

- 1 adaptador com flange de 1 polegada
- 1 metro de mangueira cristal de  $\frac{1}{2}$  polegada
- Abraçadeira de nylon

O aspecto final da bancada será igual ao apresentado na figura 4.

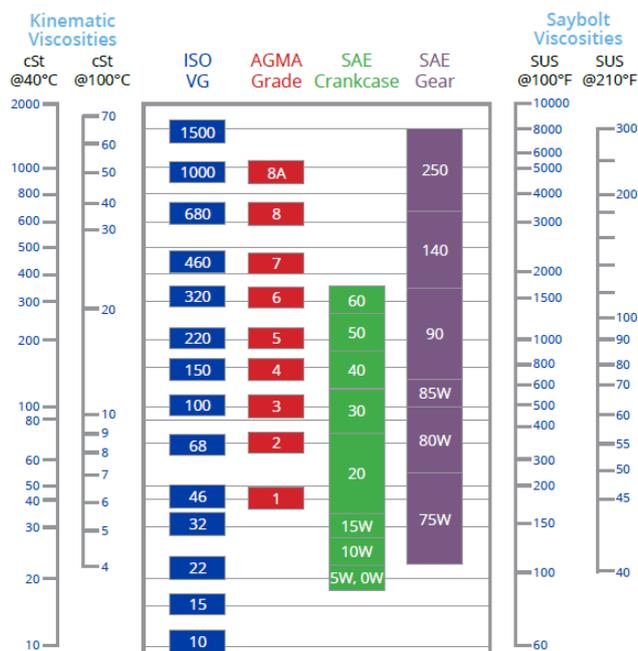


**Figura 4** – Aparência final da bancada experimental.

Fonte: Autor

## **METODOLOGIA**

Utilizaremos o óleo Ursa LA-3 SAE 40 para a obtenção dos dados, portanto este será o objeto de estudo deste trabalho. A classificação SAE 40 dada a este óleo se refere à viscosidade a dada temperatura, sendo possível por meio da figura 5 determinar o equivalente dessa viscosidade na classificação ISO que neste caso é a ISO 150.



**Figura 5** – Gráfico de conversão entre as unidades de viscosidade.

Fonte: <https://www.glennbennettcorp.com/hubfs/PDF/Viscosity-Reference.pdf>

Antes de realizarmos as medições precisamos de alguns dados referentes às propriedades do fluido e da esfera utilizada, essa propriedades de fácil obtenção podem ser vistas na tabela 1.

Massa específica do fluido (27°C)	<b>0,87 g/cm<sup>3</sup></b>
Massa específica da esfera (27°C)	<b>1,031130 g/cm<sup>3</sup></b>
Raio da esfera	<b>0,525 cm</b>
Massa da esfera	<b>5 g</b>
Aceleração da gravidade	<b>980 cm/s<sup>2</sup></b>

**Tabela 1** – Valores obtidos das propriedades do óleo SAE 40.

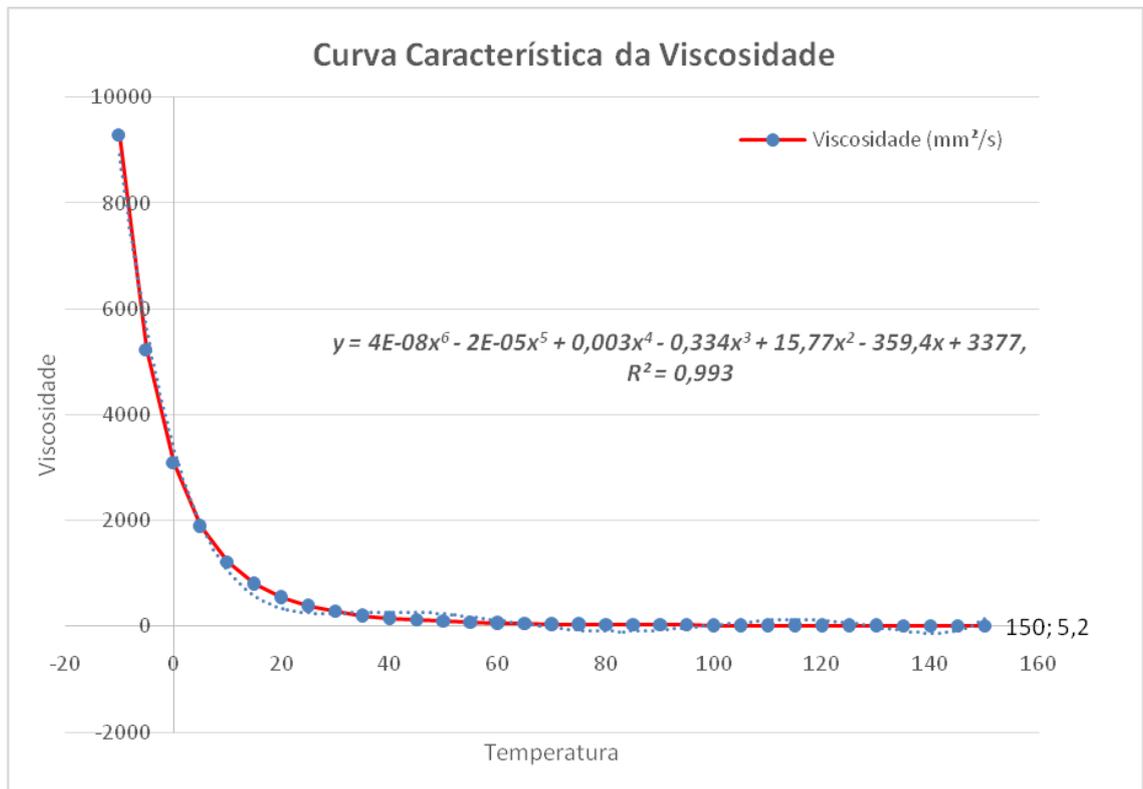
Fonte: Autor

Portanto para determinarmos a viscosidade dinâmica do fluido utilizado, precisamos determinar a velocidade terminal da esfera no fluido, para isso utilizamos a bancada experimental. Vale ressaltar que para garantir maior precisão recomenda-se repetir diversas vezes o processo de medição da velocidade da esfera.

Na bancada experimental liberamos a esfera de certa altura e determinamos sua velocidade terminal utilizando os lasers e os LDRs associados à placa Arduino.

## VALIDAÇÃO

Para a validação utilizaremos como referência os valores de viscosidade da classificação ISO 150 para temperaturas que variam de 0°C a 150°C, cujos valores de viscosidade podem ser vistos na figura 6 em forma de gráfico.



**Figura 6** – Gráfico e equação para o óleo ISO 150.

Fonte: Autor

Portanto a viscosidade deste óleo em função da temperatura é caracterizado pela equação 3.

$$v = 4E-08T^6 - 2E-05T^5 + 0,0036T^4 - 0,3345T^3 + 15,774T^2 - 359,47T + 3377,8$$

3

Onde:

$v$  – viscosidade cinemática [mm<sup>2</sup>/s];

$T$  – Temperatura [°C];

Como podemos observar na figura 6 e na equação 3, a curva da linha de tendência obtida utilizando-se a respectiva função no software Microsoft Excel é uma equação polinomial do sexto grau, equação representa com boa aproximação a variação da viscosidade do óleo de acordo com a temperatura considerada.

Damos destaque ao valor de R<sup>2</sup> desta equação é igual a 0,993. Este R<sup>2</sup> é um coeficiente de determinação do modelo estatístico que resulta na equação característica dos dados utilizados, quanto mais próximo de 1 maior é a capacidade da equação representar a variação da viscosidade com a temperatura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a obtenção dos resultados realizamos 5 repetições, lançando a esfera no líquido sempre da mesma posição, o valor médio do intervalo de tempo entre os LDRs pode ser visto na tabela 2.

Intervalo de tempo entre os dois últimos LDRs
$\Delta t(1-2) = 3216,4$ milissegundos

**Tabela 2** – Valor médio do intervalo de tempo entre os dois últimos LDRs.

Fonte: Autor

Podemos observar que este valor será tão preciso quanto maior for o comprimento do tubo de PVC e da mangueira cristal que utilizarmos na montagem da bancada experimental, sendo essa situação confirmada pelo intervalo de tempo decorrido entre os dois primeiros LDRs. É importante lembrar que estes LDRs foram posicionados com espaçamentos de 10 centímetros um do outro, portanto o valor obtido para a velocidade terminal da esfera foi de 3,109066 cm/s.

Em posse de todos os dados e utilizando a equação 2 podemos determinar a viscosidade dinâmica do fluido. Para o óleo estudado o valor obtido foi de 3.11847 g/cm.s. Utilizando a equação 1 somos capazes de determinar a viscosidade cinemática do fluido, quem possui fica com um valor de 3,575686 cm<sup>2</sup>/s. Lembrando que 1 centistoke equivale a 1 mm<sup>2</sup>/s, portanto podemos afirmar que o valor da viscosidade cinemática obtida é de 357,5686 centistokes.

Como podemos observar o valor obtido para a viscosidade cinemática aos 27°C está situado entre os valores catalogados referentes às temperaturas de 25°C e 30°, o que evidencia o nível de precisão satisfatório da bancada experimental.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desse texto temos total capacidade de confeccionar um viscosímetro de baixo custo, fazendo uso do conhecimento que normalmente é abordado apenas do ponto de vista teórico para construir uma ferramenta útil tanto do ponto de vista funcional como didático.

Para futuros usuários deste conteúdo que pretendam por em pratica o que foi exposto, que estes dêem preferência a confeccionar um viscosímetro o mais alto possível, tendo em mente que um percurso insuficientemente longo para a esfera percorrer pode ocasionar a situação em que esta não atinge a velocidade terminal, que nos é útil para determinar a viscosidade do fluido em questão.

Os aspectos positivos deste viscosímetro devem-se ao fato de que se utilizam materiais de fácil acesso, tanto por estudantes como por educadores e, além disso,

para a obtenção de resultados o volume de fluido utilizado é baixo. E acima de tudo possui um nível de precisão que só é possível devido à utilização da plataforma Arduino.

## REFERÊNCIAS

- [1] BRUNETTI, Franco. Mecânica dos fluidos. 2. ed. rev. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- [2] BISTAFA, Sylvio R. Mecânica dos fluidos: noções e aplicações. São Paulo: Blucher, 2010.
- [3] CARRETEIRO, Ronald P; BELMIRO, Pedro Nelson A. Lubrificantes e lubrificação industrial. Rio de Janeiro: Interciência; IBP, 2006.
- [4] A. M. A. Caldas, A. G. A. Caldas, C. A. C. dos Santos, K. C. Lima, A. A. V. Ochoa and J. C. C. Dutra - Experimental Theoretical Study Based On Mathematical Correlations Used In The Determination Of Volume Flows Of Non-Intrusive Character For Lithium Bromide Solution - LiBr
- [5] Caldas, A. M. A., 2012, Desenvolvimento de Método de Medição de Vazão não intrusivo para Sistemas de Refrigeração por Absorção. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Joao pessoa – PB.
- [6] PILLING, Sergio. Determinação da viscosidade dinâmica de fluidos pelo método de Stokes. Disponível em: <[https://www1.univap.br/spilling/FQE2/FQE2\\_EXP9\\_Stokes.pdf](https://www1.univap.br/spilling/FQE2/FQE2_EXP9_Stokes.pdf)>. Acesso em: 21 maio 2018.
- [7] SENAI-ES. Lubrificação-Mecânica. 1997. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/docs/apostilas/mecanica-lubrificacao.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- [8] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- [9] McROBERTS, Michael. Arduino básico. São Paulo: Novatec Editora, 2011.
- [10] Apostila Arduino Básico. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/apostila-arduino-basico/>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- [11] MAGOLIS, Michael. Arduino Cookbook. First Edition. United States of America: O'Reilly Media, 2011.
- [12] Ursa LA-3 SAE 40. Disponível em: <<https://cglapps.chevron.com/msdspds/PDSDetailPage.aspx?docDataId=421242&docFormat=PDF>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- [13] Sketches utilizados disponíveis em: <<https://www.dropbox.com/sh/2spek0gpx3033Is/AABe6Ws8A1f2MoF0wgS73NmBa?dl=0>>.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves** - Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em 2018. Licenciado em Matemática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em 2015 e especialista em Metodologia para o Ensino de Matemática pela Faculdade Educacional da Lapa (FAEL) em 2018. Atua como professor no Ensino Básico e Superior. Trabalha com temáticas relacionadas ao Ensino desenvolvendo pesquisas nas áreas da Matemática, Estatística e Interdisciplinaridade.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-076-6

