



AS CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA NO SÉCULO XXI 2

**JÚLIO CÉSAR RIBEIRO
CARLOS ANTÔNIO DOS SANTOS
(ORGANIZADORES)**

Atena
Editora
Ano 2019

Júlio César Ribeiro
Carlos Antônio dos Santos
(Organizadores)

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
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. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	As ciências exatas e da terra no século XXI [recurso eletrônico] : volume 2 / Organizadores Júlio César Ribeiro, Carlos Antônio dos Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-680-5 DOI 10.22533/at.ed.805190710 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Ribeiro, Júlio César. II. Santos, Carlos Antônio dos. III. Série. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI,” que encontra-se em seu segundo volume, foi idealizada para compilar trabalhos que demonstrassem os novos desdobramentos da pesquisa científica no século XXI. Em seus 24 capítulos, procura-se apresentar a o leito de discussões alinhadas a eixos temáticos, como agricultura, engenharia, educação, estatística e tecnologias, havendo também espaço para perspectivas multidisciplinares a partir de trabalhos que permeiam diferentes segmentos da grande área. Na primeira parte da obra, que trata sobre agricultura, são apresentados estudos relacionados à fertilidade do solo, precipitação pluviométrica, necessidade hídrica de plantas, estudos fitoquímicos, recuperação, reuso e restauração de áreas degradadas, dentre outros. Na segunda parte, são abordados estudos sobre gerenciamento de resíduos da construção civil, uso do sensoriamento remoto, e comparação entre diferentes métodos de nivelamento.

Na terceira parte, estão agrupados trabalhos que envolvem vertentes econômicas, experiências educacionais, e uso da realidade virtual no processo de aprendizagem.

Na quarta e última parte, são contemplados estudos acerca de questões tecnológicas, envolvendo linguagem estatística, e aplicação de moedas digitais.

Com grande relevância, os trabalhos aqui apresentados estarão disponíveis ao grande público e colaborarão para a difusão de conhecimentos no âmbito técnico e acadêmico.

Os organizadores e a Atena Editora agradecem pelo empenho dos autores que não mediram esforços ao compartilhar, em sua melhor forma, os resultados de seus estudos por meio da presente obra. Desejamos que as informações difundidas por meio desta obra possam informar e provocar reflexões significativas, contribuindo para o fortalecimento desta grande área e de suas vertentes.

Júlio César Ribeiro
Carlos Antônio dos Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DISPONIBILIDADE DE ZN EM SOLOSSUPER ADUBADOS EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR	
Ingrid Luciana Rodrigues Gomes	
Maria Tairane Silva	
Idamar da Silva Lima	
Airon José da Silva	
Carlos Alexandre Borges Garcia	
Silvânio Silvério Lopes da Costa	
Marcos Cabral de Vasconcellos Barreto	
DOI 10.22533/at.ed.8051907101	
CAPÍTULO 2	9
ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO IRRIGADO COM DILUIÇÕES DE ÁGUA PRODUZIDA TRATADA EM CASA DE VEGETAÇÃO	
Ricardo André Rodrigues Filho	
Rafael Oliveira Batista	
Ana Beatriz Alves de Araújo	
Juli Emille Pereira de Melo	
Rayane Alves de Arruda Santos	
Ana Luiza Veras de Souza	
Antônio Diego da Silva Teixeira	
Emmilia Priscila Pinto do Nascimento	
Taís Mendonça da Trindade	
Wellyda Keorle Barros de Lavôr	
Igor Apolônio de Oliveira	
Elioneide Jandira de Sales	
DOI 10.22533/at.ed.8051907102	
CAPÍTULO 3	24
DETERMINAÇÃO RÁPIDA DE MN, ZN, FE E MG EM MELADO DE CANA POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA (F AAS)	
Suelen Andolfatto	
Camila Kulek de Andrade	
Maria Lurdes Felsner	
DOI 10.22533/at.ed.8051907103	
CAPÍTULO 4	36
COMPARAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE 12 CIDADES PARAENSES	
Whesley Thiago dos Santos Lobato	
Antonio Maricélio Borges de Souza	
Maurício Souza Martins	
Luã Souza de Oliveira	
Bruno Maia da Silva	
Maria Sidalina Messias de Pina	
Daniella Amor Cunha da Silva	
Antonio Elson Ferreira Borges	
Arthur da Silva Monteiro	
Lucas Guilherme Araujo Soares	
Caio Douglas Araújo Pereira	
Lívia Tálita da Silva Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.8051907104	

CAPÍTULO 5 48

NECESSIDADES HÍDRICAS E ÍNDICES DE CRESCIMENTO DA CULTURA DO GERGELIM
(*SESAMUM INDICUM L.*) BRS ANAHÍ IRRIGADO

Isaac Alves da Silva Freitas
José Espínola Sobrinho
Anna Kézia Soares de Oliveira
Ana Beatriz Alves de Araújo
Roberto Vieira Pordeus
Poliana Marias da Costa Bandeira
Priscila Pascali da Costa Bandeira
Tecla Ticiane Félix da Silva
Fernanda Jéssika Carvalho Dantas
Alcimar Galdino de Lira
Alricélia Gomes de Lima
Kadidja Meyre Bessa Simão

DOI 10.22533/at.ed.8051907105

CAPÍTULO 6 58

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS EM EMPRESAS DO SETOR AGROFLORESTAL

Robert Armando Espejo
Rildo Vieira de Araújo
Michel Constantino
Reginaldo Brito da Costa
Paula Martin de Moraes
Vanessa Aparecida de Moraes Weber
Fabricio de Lima Weber
Fabiano Dotto

DOI 10.22533/at.ed.8051907106

CAPÍTULO 7 68

ECOPRODUÇÃO DE PAPEL A PARTIR DE RESÍDUOS TÊXTEIS: PROPOSTA E AVALIAÇÃO DA
VIABILIDADE DE SIMBIOSE INDUSTRIAL

Júlia Terra Miranda Machado
Lilian Bechara Elabras Veiga
Maria Gabriela von Bochkor Podcameni

DOI 10.22533/at.ed.8051907107

CAPÍTULO 8 81

ESTUDO TEÓRICO SOBRE COMO REALIZAR UM PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MELADO DE
ALGAROBA (*PROSOPIS JULIFLORA SW DC*)

Karina da Silva Falcão
Alan Henrique Texeira
Clóvis Gouveia da Silva
Mirela Mendes de Farias
Zildomar Aranha de Carvalho Filho

DOI 10.22533/at.ed.8051907108

CAPÍTULO 9 89

ESTUDO QUÍMICO E FARMACOLÓGICO DE *ARTOCARPUS ALTILIS* (PARKINSON) FOSBERG

Alice Joana da Costa
Mônica Regina Silva de Araújo
Beatriz Dias
Chistiane Mendes Feitosa
Renata Paiva dos Santos
Daniele Alves Ferreira
Felipe Pereira Silva de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.8051907109

CAPÍTULO 10 101

ESTUDO FITOQUÍMICO DE *HYMENAEA COURBARIL* E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE TRIPANOCIDA

Breno Memic Sequeira
Romeu Machado Rocha Neto
Lúzio Gabriel Bocalon Flauzino
Daniele da Silva Ferreira
Lizandra Guidi Magalhães
Patrícia Mendonça Pauletti
Ana Helena Januário
Márcio Luis Andrade e Silva
Wilson Roberto Cunha

DOI 10.22533/at.ed.80519071010

CAPÍTULO 11 115

ESTUDO SOBRE R&R PARA PRODUTOS DO LABORATÓRIO PILOTO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

Karina da Silva Falcão
Lígia de Oliveira Franzosi Bessa
Manoel Teodoro da Silva
Renata Rayane da Silva Santana

DOI 10.22533/at.ed.80519071011

CAPÍTULO 12 123

SÍNTESE ORGÂNICA, INORGÂNICA E DE NANOMATERIAIS ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS:
UMA MINI REVISÃO

Jorddy Neves Cruz
Sebastião Gomes Silva
Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra
Oberdan Oliveira Ferreira
Jose de Arimateia Rodrigues do Rego
Marcos Enê Chaves Oliveira
Daniel Santiago Pereira
Antonio Pedro da Silva Souza Filho
Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Mozaniel Santana de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.80519071012

CAPÍTULO 13 132

PROJETO DE RECUPERAÇÃO, REUSO E RESTAURAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO DE AGREGADOS PARA PAVIMENTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MORRO REDONDO/RS

Thiago Feijó Bom
Pedro Andrade Coelho
Matheus Acosta Flores
Angélica Cirolini
Alexandre Felipe Bruch
Marciano Carneiro

DOI 10.22533/at.ed.80519071013

CAPÍTULO 14 145

AHP – PROPOSTA PARA APLICAÇÃO NO GERENCIAMENTO DE RCC EM CANTEIROS DE OBRAS VERTICAIS E ALGUNS ASPETOS DIVERGENTES

Romão Manuel Leitão Carrapato Direitinho
José da Costa Marques Neto
Rodrigo Eduardo Córdoba

DOI 10.22533/at.ed.80519071014

CAPÍTULO 15 158

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO, TRIGONOMÉTRICO E POR GNSS EM UMA RODOVIA

Kézia de Castro Alves
Francisca Vieira Nunes
Guilherme Ferreira Gonçalves
Fábio Campos Macedo
Pedro Rogério Giongo

DOI 10.22533/at.ed.80519071015

CAPÍTULO 16 166

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NO MAPEAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE MILHETO

Antônio Aldisio Carlos Júnior
Neyton de Oliveira Miranda
Jonatan Levi Ferreira de Medeiros
Suedêmio de Lima Silva
Paulo César Moura da Silva
Erllan Tavares Costa Leitão
Ana Beatriz Alves de Araújo
Priscila Pascali da Costa Bandeira
Poliana Maria da Costa Bandeira
Gleydson de Freitas Silva
Isaac Alves da Silva Freitas
Tháís Cristina de Souza Lopes

DOI 10.22533/at.ed.80519071016

CAPÍTULO 17 179

A EDUCAÇÃO BRASILEIRA E SUAS VERTENTES ECONÔMICAS

Gustavo Tavares Corte
Beatriz Valentim Mendes
Steven Dutt-Ross

DOI 10.22533/at.ed.80519071017

CAPÍTULO 18	189
SABERES INFORMAIS SOBRE CIÊNCIAS COMO PONTE PARA O CONHECIMENTO FORMAL	
Deíne Bispo Miranda	
Paulo Coelho Dias	
Maria Cristina Madeira Da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.80519071018	
CAPÍTULO 19	199
CLUBE DE CIÊNCIAS: RELATO DE EXPERIÊNCIAS E IMPRESSÕES DOS ALUNOS	
Teresinha Guida Miranda	
Alice Silau Amoury Neta	
Jussara da Silva Nascimento Araújo	
Danielle Rodrigues Monteiro da Costa	
Normando José Queiroz Viana	
Alessandra de Rezende Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.80519071019	
CAPÍTULO 20	212
O USO DE REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS COMO FACILITADORA NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM: UMA ABORDAGEM NEUROCIENTÍFICA COGNITIVA NOS TEMAS DE CIÊNCIAS	
Welberth Stefan Santana Cordeiro	
Zara Faria Sobrinha Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.80519071020	
CAPÍTULO 21	222
CRIPTOMOEDAS E UMA APLICAÇÃO PARA MODELOS LINEARES HIPERBÓLICOS	
Lucas José Gonçalves Freitas	
Marcelo dos Santos Ventura	
DOI 10.22533/at.ed.80519071021	
CAPÍTULO 22	226
O TEOREMA DA COMPLETUDE	
Angela Leite Moreno	
Michele Martins Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.80519071022	
CAPÍTULO 23	243
REGRESSÃO POLINOMIAL DE TERCEIRA ORDEM NA DEFORMAÇÃO DE ELÁSTICOS DE BORRACHA	
Thales Cerqueira Mendes	
Yasmim Brasileiro de Castro Monteiro	
Luana da Silva Souza	
Lívia Nildete Barauna dos Santos	
Ester Vitória Lopes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.80519071023	

CAPÍTULO 24 254

PICTOGRAMA: ELABORAÇÃO EM LINGUAGEM R

Willian Alves Lion

Beatriz de Oliveira Rodrigues

Felipe de Melo Taveira

Flávio Bittencourt

Adriana Dias

DOI 10.22533/at.ed.80519071024

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 265

ÍNDICE REMISSIVO 266

REGRESSÃO POLINOMIAL DE TERCEIRA ORDEM NA DEFORMAÇÃO DE ELÁSTICOS DE BORRACHA

Thales Cerqueira Mendes

Instituto Federal Baiano, Senhor do Bonfim - BA.

Yasmim Brasileiro de Castro Monteiro

Instituto Federal Baiano, Senhor do Bonfim - BA.

Luana da Silva Souza

Instituto Federal Baiano, Senhor do Bonfim - BA.

Lívia Nildete Barauna dos Santos

Instituto Federal Baiano, Senhor do Bonfim - BA.

Ester Vitória Lopes dos Santos

Instituto Federal Baiano, Senhor do Bonfim - BA.

RESUMO: A Lei de Hooke infere uma relação linear entre a força aplicada em um corpo elástico e a deformação sofrida por esse corpo. A essa relação, associa-se uma constante elástica (uma identidade elástica do corpo). É propriedade de um corpo elástico retornar a sua condição original depois de ter sido deformado. Alguns materiais como os balões de soprar, que possuem elasticidade, ao serem enchidos, apresentam no início uma resistência. Isso está distinto da aplicação da Lei de Hooke. Nesse contexto, o projeto consiste em verificar a aplicação dessa Lei através da experimentação com elásticos de borracha japoneses. O trabalho apresenta enfoque quantitativo, com características de uma investigação experimental. O experimento foi realizado por quatro alunas do curso Técnico em Agropecuária integrado ao Ensino Médio,

do Instituto Federal de Baiano – *Campus* Senhor do Bonfim, em momentos extraclasse. Os resultados inferem uma relação não-linear, o que difere da Lei de Hooke. Ela aplica-se, somente, em 22,6 % da extensão do elástico para $R^2 = 99,2\%$.

PALAVRAS-CHAVE: Regressão polinomial, Lei de Hooke, Não-linearidade.

THIRD-ORDER POLYNOMIAL REGRESSION IN THE FORMATION OF RUBBER BANDS

ABSTRACT: Hooke's Law infers a linear relationship between a force applied to an elastic body and one sustained by that body. This relationship is associated with an elastic constant (an elastic identity of the body). The origin of an elastic body returned to its original condition after being deformed. Some materials such as blowballs, which have elasticity, when filled, initially have a resistance. This is distinct from the applications of Hooke's Law. In this context, oporter prove in such an application by experimenting with Japanese rubber. The work presents a quantitative approach, with characteristics of an experimental investigation. The experiment was carried out by four students from the Technical School in Agricultural and High School, from the Federal Institute of Baiano - *Campus* of Senhor do Bonfim, in extra - class moments. The results infer a nonlinear

relationship, which differs from Hooke's Law. The application is only 22.6% of the elastic extension to $R^2 = 99.2\%$.

KEYWORDS: Polynomial Regression, Hooke's Law, Nonlinearity.

1 | INTRODUÇÃO

Quando aplicamos uma força em um ponto material, o efeito que observamos se associa com a aceleração. Quando aplicamos uma força em um corpo extenso, podemos observar outro efeito além da aceleração: a deformação do corpo. Há vários fenômenos nos quais o efeito mais importante é a deformação, como no caso das molas. As molas tendem a se deformar ao receber uma força em sua extremidade (HALLIDAY et al., 2009).

Seja uma mola helicoidal, como a ilustrada na Figura 1. Aplicando-se uma força à extremidade livre da mola, ela tem uma deformação x .

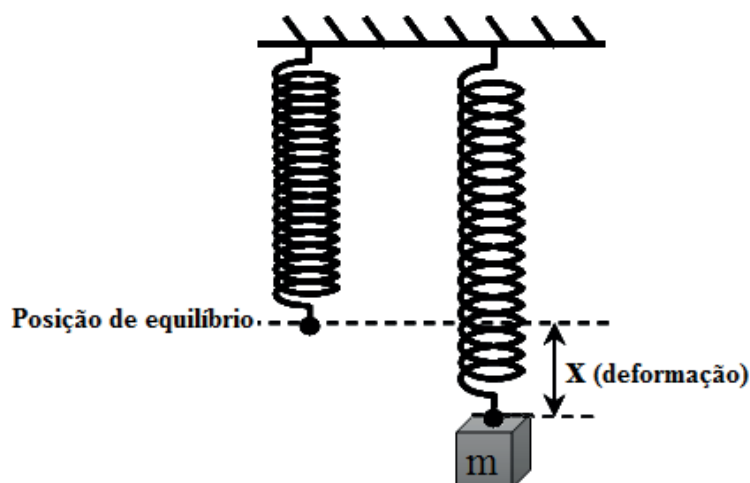


Figura 1 - Deformação da mola.

Observa-se que, dentro de certos limites, a deformação x é diretamente proporcional à força aplicada à extremidade livre da mola (força Peso da massa m). A força elástica F_{el} é de restauração e por consequência, na posição de equilíbrio (força resultante é nula) tem valor igual ao da citada força. Essa lei de proporcionalidade foi enunciada pelo cientista Robert Hooke e é analiticamente representada por:

$$|F_{el}| = k \cdot |x|$$

1

Onde, k é a constante elástica da mola. A constante da mola depende de ela ser mais ou menos rígida, ou seja, depende de suas características físicas (HALLIDAY et al, 2009). Outra notação comum para a força elástica, em uma dimensão, é:

$$F_{el} = -k \cdot x$$

2

Para essa notação: $x=0$ é o ponto de equilíbrio da mola (não há deformação); $x>0$ são valores quando se estica a mola em relação a ponto de equilíbrio (alongação); $x<0$ são valores quando se comprime a mola em relação ao ponto de equilíbrio (compressão). O valor negativo da força tem significado físico e representa que a força elástica é de restauração à posição de equilíbrio. Está sempre contrária ao sentido de x (HALLIDAY *et al*, 2009).

Tomando somente a deformação, em módulo, de uma mola em extensão, a força elástica, F_{el} , pode ser representada por:

$$\begin{array}{c} y = A \cdot x + B \\ \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ F_{el} = k \cdot x + 0 \end{array}$$

3

Notadamente a *Equação 1* é polinomial de 1ª ordem (linear).

Porém, frequentemente se encontra aplicações da Lei de Hooke na deformação de corpos. Alguns materiais como os balões de soprar, que possuem elasticidade, ao serem enchidos, apresentam no início uma resistência maior. Isso está distinto da aplicação da Lei de Hooke. Deveria ser menor devido à pouca deformação. Nesse contexto, o trabalho consiste em verificar a aplicação dessa Lei através da experimentação com elásticos de borracha japonês.

2 | METODOLOGIA

O trabalho apresenta enfoque quantitativo, com características de uma investigação experimental (ALVARENGA, 2008). O experimento foi realizado por quatro alunas do curso Técnico em Agropecuária integrado ao Ensino Médio, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Senhor do Bonfim, em momentos extraclasse.

Para a realização desse experimento, foi utilizado os seguintes materiais: uma régua de 50 cm, uma balança de precisão, arruelas, argolas, suportes e elástico de borracha japonês.

Segue os procedimentos para coleta dos dados conforme Figura 2:

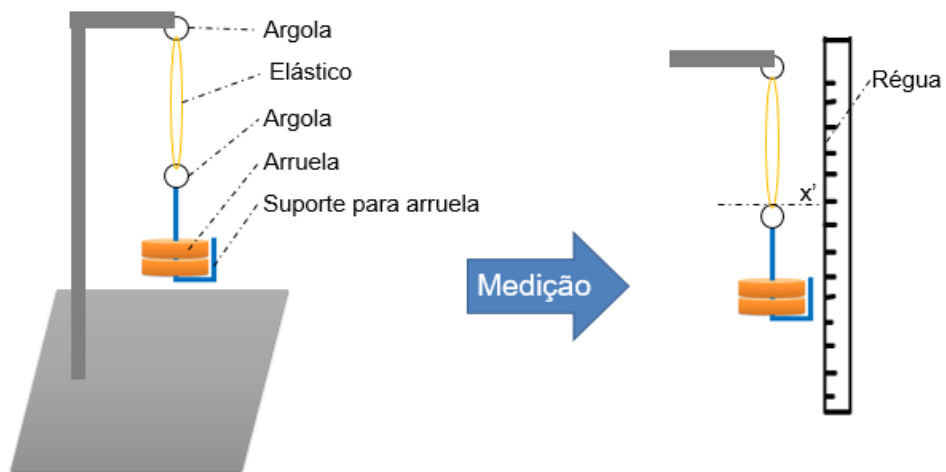


Figura 2 - Esquema do aparato experimental.

1. Prendem-se uma argola, o elástico e outra argola (no suporte para arruelas) em um suporte grande. Com uma régua coleta-se a posição inicial, ;
2. Na balança coleta-se a massa (m') das arruelas;
3. Colocam-se as arruelas no suporte de arruelas, o elástico se deforma e coleta-se o valor dessa nova posição na régua (x');
4. Repetem-se os passos 2 e 3 até o rompimento do elástico;
5. Os dados coletados foram compilados em planilhas para tratamento estatístico;
6. Análise estatística composta por:
 - um gráfico de dispersão da constante elástica, k , pela deformação, x , para verificar a adequação dos dados à Lei de Hooke;
 - identificação de *outlier*;
 - um gráfico de dispersão da constante elástica, k , pela deformação, x , sem outlier;
 - quatro testes de normalidade incluindo o papel da probabilidade e QQ-plot em Anderson- Darling;
 - um gráfico da força elástica, F_{el} , pela deformação, x , com regressão linear e coeficiente de determinação, para dedução conforme a Lei de Hooke;
 - um gráfico da força elástica, F_{el} , pela deformação, x , com regressão polinomial de 3ª ordem e coeficiente de determinação para buscar uma equação que corresponda aos dados coletados;
 - um gráfico da força elástica, F_{el} , pela deformação, x , com regressão linear e coeficiente de determinação para se determinar onde a Lei de Hooke é aplicada com confiabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados foram compilados em planilhas para tratamento estatístico

e seguem na Tabela 1. Neste: N° é o número de coletas de dados na régua; x' e m' se referem a coleta de dados na régua e na balança, respectivamente; x é a medida da alongação do elástico; m é massa no suporte; F_{el} é o valor da força elástica, obtida pelo equilíbrio com a força Peso no suporte; k é a constante elástica obtida pela Lei de Hooke.

N°	x' (cm)	m' (g)	x (cm)	m (g)	F_{el} (N)	k (N/m)
1	49,6	-	-	-	-	-
2	49,3	40,6	0,3	40,6	0,4	132,4*
3	48,2	40,4	1,4	81,0	0,8	56,6*
4	48,1	41,2	1,5	122,2	1,2	79,7
5	47,2	41,3	2,4	163,5	1,6	66,6
6	46,3	40,8	3,3	204,3	2,0	60,5
7	44,9	41,3	4,7	245,6	2,4	51,1
8	43,2	41,3	6,4	286,9	2,8	43,8
9	41,5	40,6	8,1	327,5	3,2	39,5
10	39,9	41,5	9,7	369,0	3,6	37,2
11	38,2	40,7	11,4	409,7	4,0	35,1
12	36,7	41,3	12,9	451,0	4,4	34,2
13	35,1	40,9	14,5	491,9	4,8	33,2
14	33,5	41,9	16,1	533,8	5,2	32,4
15	32,3	41,2	17,3	575,0	5,6	32,5
16	31,0	47,9	18,6	622,9	6,1	32,8
17	29,6	40,9	20,0	663,8	6,5	32,5
18	28,7	40,7	20,9	704,5	6,9	33,0
19	27,9	41,8	21,7	746,3	7,3	33,6
20	27,1	41,7	22,5	788,0	7,7	34,3
21	26,0	40,5	23,6	828,5	8,1	34,3
22	25,4	40,6	24,2	869,1	8,5	35,1
23	24,8	41,0	24,8	910,1	8,9	35,9
24	24,3	41,5	25,3	951,6	9,3	36,8
25	23,8	40,6	25,8	992,2	9,7	37,6
26	23,1	56,8	26,5	1049,0	10,3	38,7
27	22,4	50,0	27,2	1099,0	10,7	39,5
28	21,7	49,9	27,9	1148,9	11,2	40,3
29	21,2	49,8	28,4	1198,7	11,7	41,3
30	20,6	49,9	29,0	1248,6	12,2	42,1
31	20,0	50,0	29,6	1298,6	12,7	42,9
32	19,7	51,6	29,9	1350,2	13,2	44,2
33	19,3	50,0	30,3	1400,2	13,7	45,2
34	18,8	50,0	30,8	1450,2	14,2	46,0
35	18,2	49,9	31,4	1500,1	14,7	46,7
36	17,9	50,0	31,7	1550,1	15,2	47,8
37	17,7	45,1	31,9	1595,2	15,6	48,9
38	17,5	45,2	32,1	1640,4	16,0	50,0

Tabela 1 – Dados coletados e tratamento.

Para verificar os dados e sua adequação com a Lei de Hooke, fez-se um gráfico de dispersão da constante elástica, k , pela deformação, x (Figura 3). Dois pontos parecem estar desalinhados – são os pontos marcados com * na Tabela 1. São outlier e foram suprimidos para as análises que seguem.

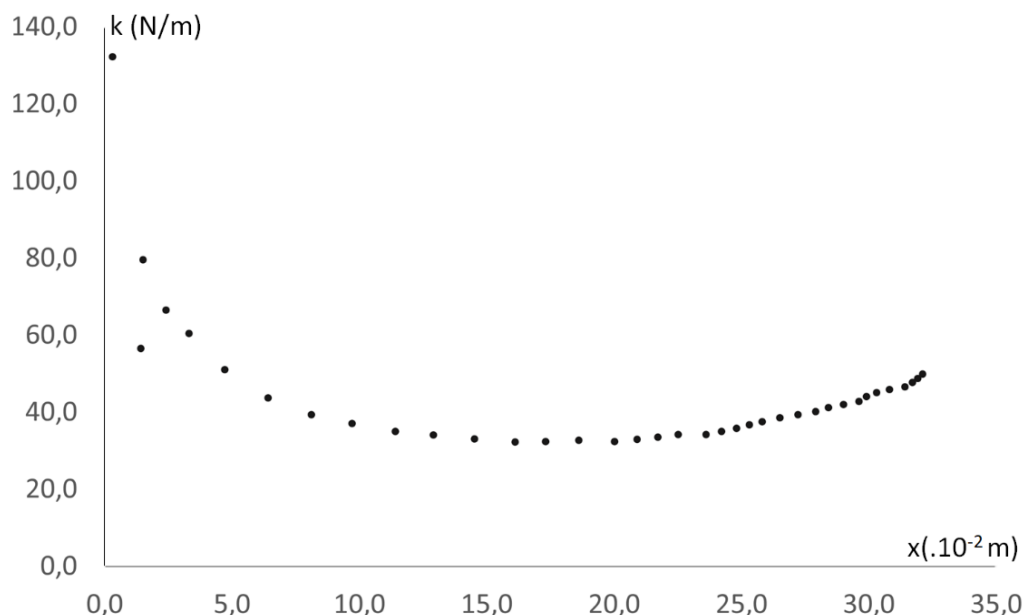


Figura 3 - Gráfico de dispersão (k por x) com *outlier*.

Na Figura 4 é possível perceber que a linha imaginária que liga os pontos não denota uma reta constante. Na Lei de Hooke k é uma constante.

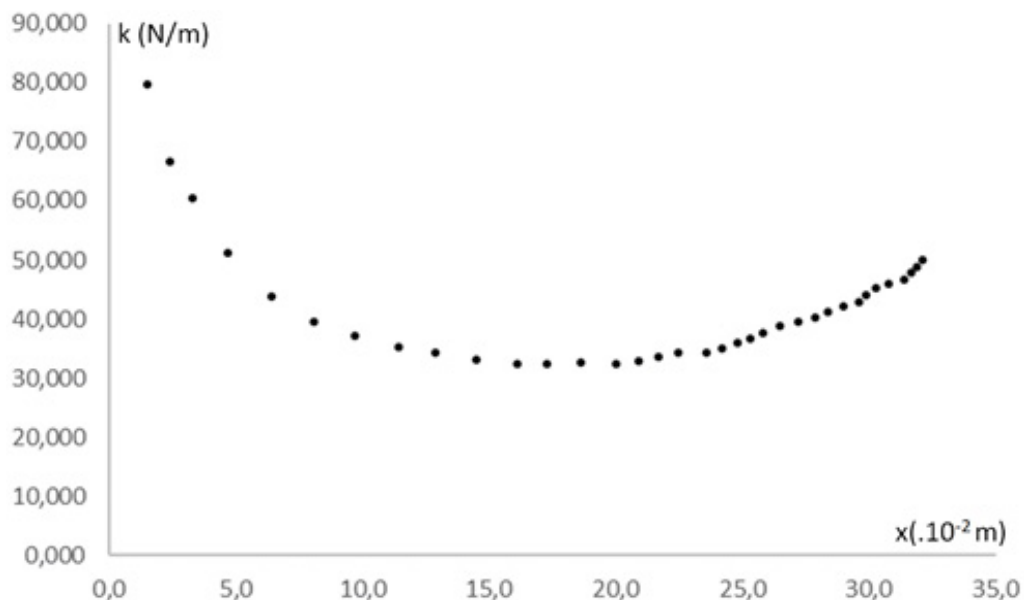


Figura 4 - Gráfico de dispersão (k por x) sem *outlier*.

Com a suspeita de não adequação para a Lei de Hooke (Figura 4), passa-se para sua comprovação. Buscou-se, refutar a tendência central da constante elástica, k . Para isso, foram aplicados quatro testes de normalidade que seguem na Tabela 2.

Teste de Normalidade	Estatísticas	p-valor
Anderson - Darling	1,855446744	0,0001
Kolmogorov - Smirnov	0,181035791	0,0052
Shapiro - Wilk	0,801408322	0,0000
Ryan - Joiner	0,891280497	0,0000

Tabela 2 - Teste de normalidade (nível de confiança = 95%).

O p-valor menor que 5% nos testes indica refutação da hipótese inicial de normalidade. Ainda, em três teste (Anderson – Darling, Shapiro – Wilk e Ryan – Joiner) esse valor é aproximadamente 0,0% e em Kolmogorov – Smirnov, 1,0%, reforçando a não normalidade dos dados.

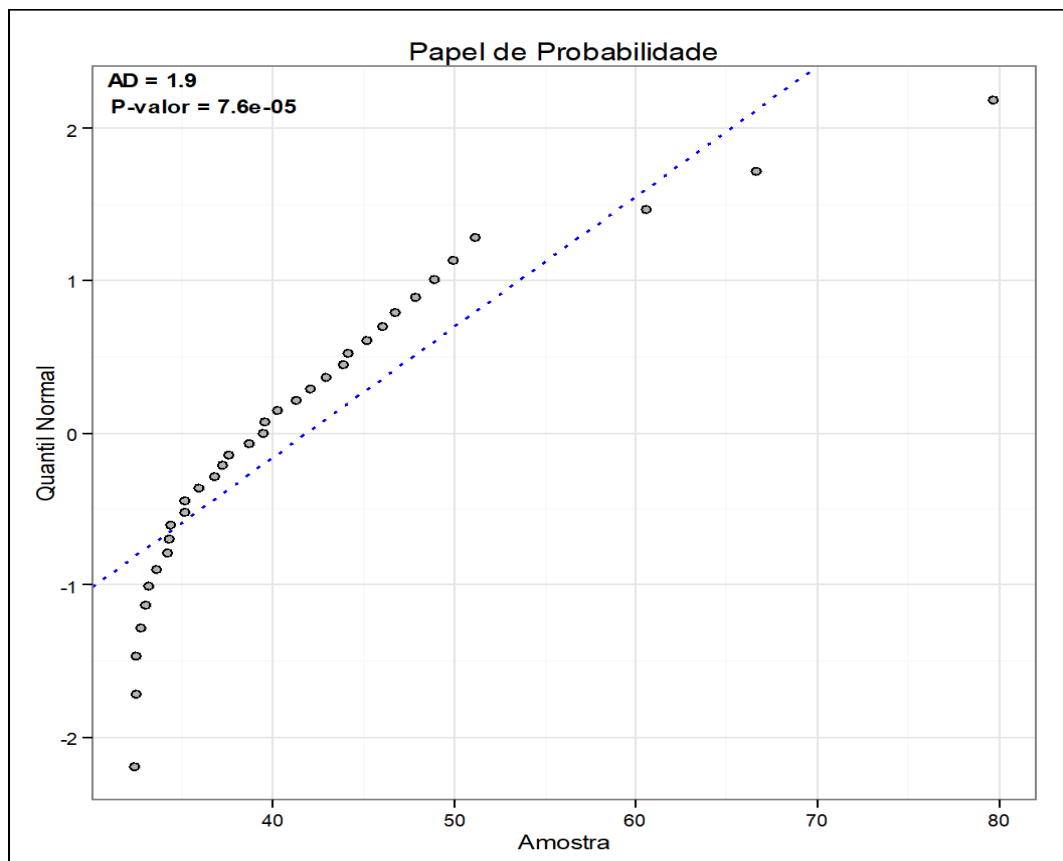


Figura 5 - Gráfico do papel da probabilidade em Anderson – Darling.

O gráfico da Figura 6 que mostra o papel da probabilidade e o da Figura 7 que é um QQ-plot, realizados em Anderson – Darling ajudam a perceber e comprovar a não normalidade dos valores da constante elástica. No primeiro, os pontos estão espalhados disformemente em relação a linha tracejada em azul. No segundo gráfico, não há uma homogeneidade em relação a linha traceja em azul na região delimitada pelas linhas tracejadas em vermelho.

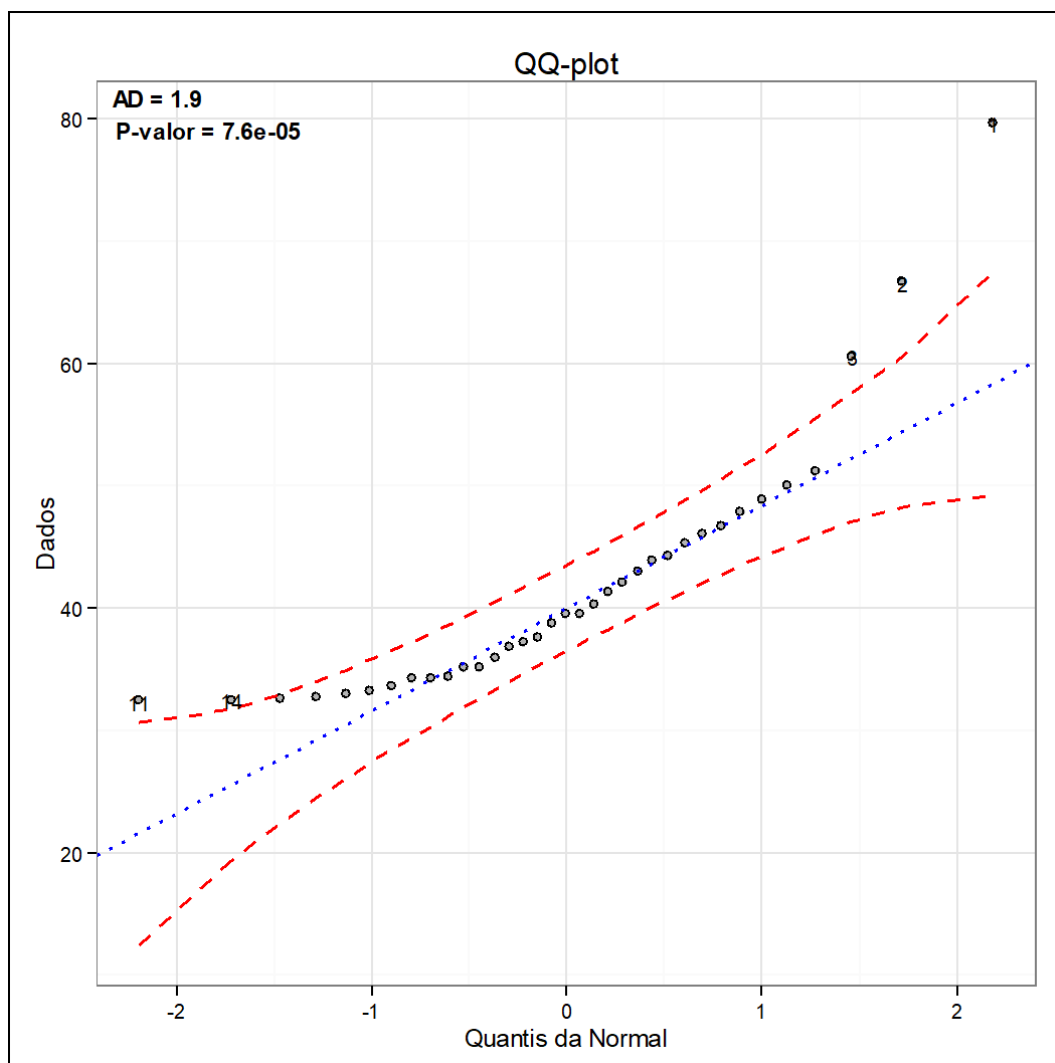


Figura 6 - Gráfico QQ-plot em Anderson – Darling.

Dessa forma, é possível afirmar que não há tendência central e, portanto, não faz sentido falar de constante, uma vez que k varia. Agora buscar-se-á responder: Se k varia, como ele varia?

Fez-se um gráfico da força elástica, F_{el} , pela deformação, x , com regressão linear e coeficiente de determinação, R^2 (Figura 7). Percebe-se que a linha da regressão destoa da configuração dos pontos e isso se reflete no R^2 (aproximadamente 92,2%), valor baixo para comprovação de uma Lei. Outro fato é o valor de k (aproximadamente 0,4 N/m). Os valores na Tabela 1 são muito diferentes deste valor, o que comprova a suspeita anterior (inconstância de k).

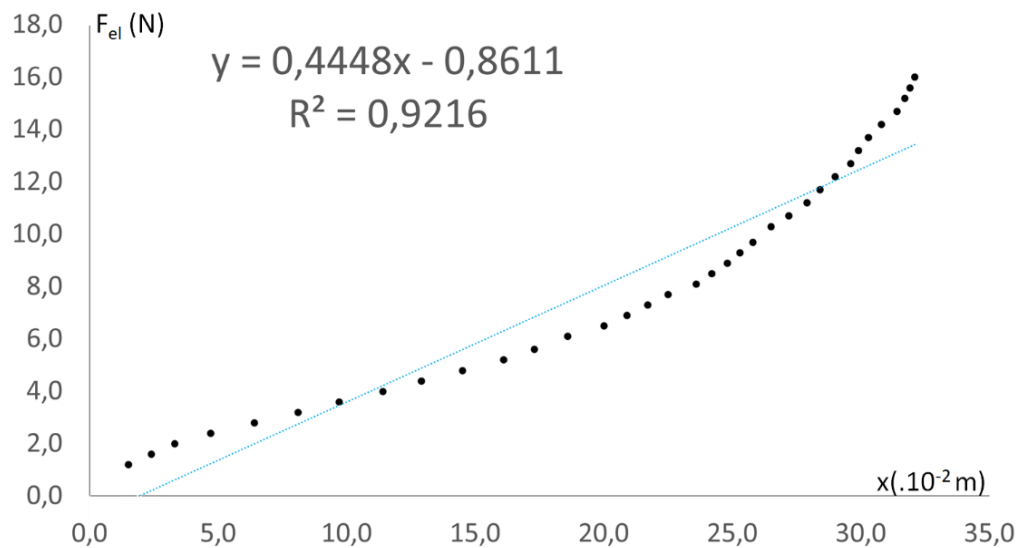


Figura 7 - Gráfico (F_{el} por x) e regressão linear.

Com essa confirmação, partiu-se para buscar uma equação que descreva os dados coletados no experimento.

Foi feito um gráfico da força elástica, F_{el} , pela deformação, x , com regressão polinomial de 3ª ordem que se adequou satisfatoriamente (Figura 8). Isso é comprovado pelo valor do R^2 que é aproximadamente 100,0%. Dessa forma, o coeficiente de correlação, R , tem valor 0,9997 e é aproximadamente 100,0%, como o R^2 . Comprova que há relação forte entre a força elástica e a alongação do elástico. Porém, a Lei de Hooke não pode ser aplicada aqui devido a não-linearidade.

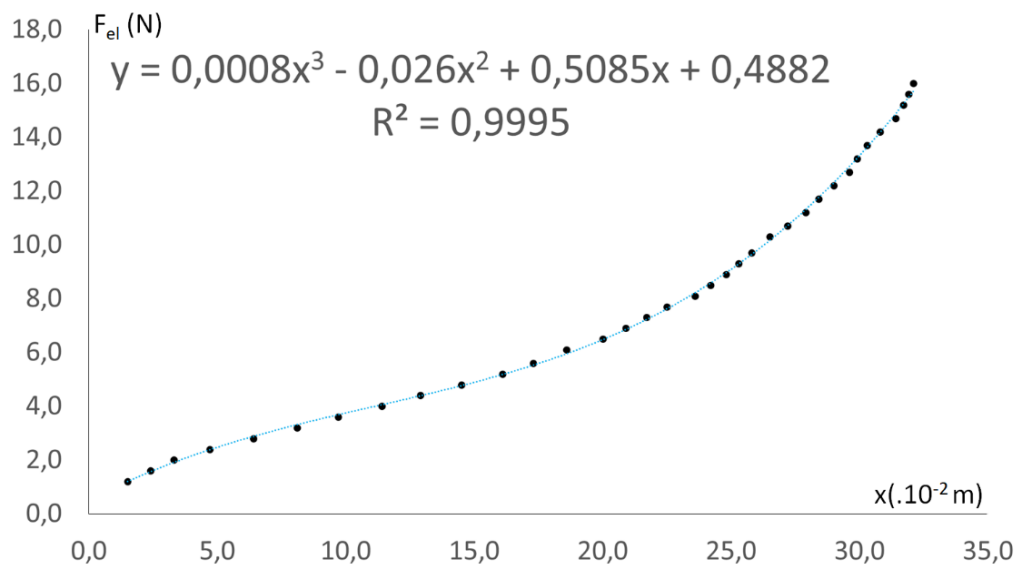


Figura 8 - Gráfico (F_{el} por x) e regressão polinomial de 3ª ordem.

Passou-se a buscar onde a Lei de Hooke poderia ser utilizada nessa experimentação. Em qual aproximação? Os dados da *Tabela 1* foram filtrados até chegar em um intervalo de confiança ($R^2 > 99\%$). Dessa forma, a Figura 9 expõe um gráfico da força elástica, F_{el} , pela deformação, x , com regressão linear e $R^2 \approx 99,2\%$.

Ainda se coloca a relação entre essa adequação (22,6%) a Lei e a extensão do elástico no experimento. Esta é menor que um terço da elongação.

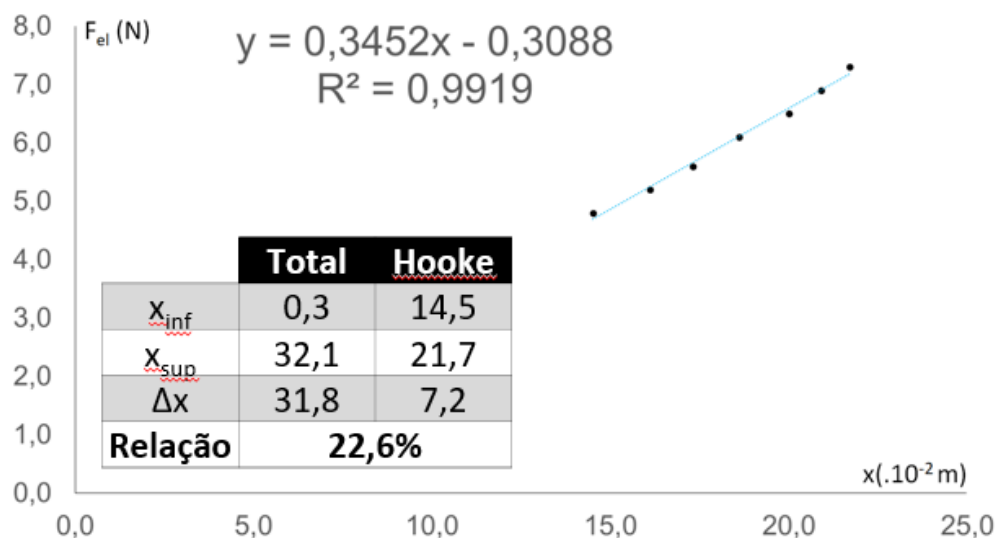


Figura 9 – Gráfico (Fel por x) e relação para adequação com a Lei de Hooke.

O teste de normalidade não pode ser aplicado aqui devido à quantidade de pontos (sete). Essa quantidade está relacionada a coleta de dados e ao baixo percentual da relação do intervalo exposto no gráfico da *Figura 9*.

4 | CONCLUSÕES

Os dados inferem uma relação não-linear, o que difere da Lei de Hooke. Ela aplica-se, somente, em 22,6% da extensão do elástico para $R^2=99,2\%$. Também, registra-se uma resistência maior no início da deformação. Dessa forma, podemos afirmar que a Lei de Hooke não se aplica ao estudo do material realizado e sua aplicação deve ser ponderada para corpos distintos de molas.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, E. M. **Metodologia de la investigación cuantitativa y cualitativa procedures of statistics**. 2. ed. Assunción: A4 Diseños, 2008.

BAYER, A.; ECHEVESTE, S. **Estatística na escola: importância dos conteúdos de estatística no ensino fundamental e médio**. *Ensino de Ciências e Matemática*, vol. 5, nº 1, pp. 35-42, 2003.

BARBOSA, A. C. C; CARVALHAES, C. G.; COSTA, M. V. T. **A computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio**. *Revista Brasileira de Ensino em Física*, vol. 28, nº 2, pp. 249-254, 2006.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: Del Saber Sabio Al Saber**. Enseñado, Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 2005.

GASPAR, A. **Compreendendo a física**. 3ed. São Paulo: Ática, 2016.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. vol. 1, Rio de Janeiro: LTC,

2009.

LAPPONI, J. C. **Estatística Usando Excel**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. **Universo da Física - Mecânica**, 2 ed., São Paulo: Atual Editora, 2005.

WAGNER, R. R. **A relação dos professores de matemática com o processo de transposição didática: apoios na interdisciplinaridade, na contextualização e na complexidade do saber**. Ponta Grossa: UEPG, 2006.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Júlio César Ribeiro - Engenheiro-Agrônomo formado pela Universidade de Taubaté - SP (UNITAU); Técnico Agrícola pela Fundação Roge - MG; Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Doutor em Agronomia - Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Pós-Doutorado no Laboratório de Estudos das Relações Solo-Planta do Departamento de Solos da UFRRJ. Possui experiência na área de Agronomia (Ciência do Solo), com ênfase em ciclagem de nutrientes, nutrição mineral de plantas, fertilidade, química e poluição do solo, manejo e conservação do solo, e tecnologia ambiental voltada para o aproveitamento de resíduos da indústria de energia na agricultura. E-mail para contato: jcragronomo@gmail.com

Carlos Antônio dos Santos - Engenheiro-Agrônomo formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica - RJ; Especialista em Educação Profissional e Tecnológica pela Faculdade de Educação São Luís, Jaboticabal-SP; Mestre em Fitotecnia pela UFRRJ. Atualmente é Doutorando em Fitotecnia na mesma instituição e desenvolve trabalhos com ênfase nos seguintes temas: Produção Vegetal, Horticultura, Manejo de Doenças de Hortaliças. E-mail para contato: carlosantoniokds@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açúcares 25, 26, 28, 34, 81, 82, 83, 84, 85, 87

Agricultura de precisão 7, 167

Água residuária 10, 11, 20

AHP 145, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Algaroba 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88

Amostragem em suspensão 24, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33

Análise 1, 2, 3, 6, 10, 16, 17, 19, 22, 23, 24, 27, 32, 33, 37, 38, 39, 42, 47, 48, 49, 50, 51, 57, 58, 60, 61, 65, 66, 67, 70, 82, 95, 96, 99, 101, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 116, 117, 119, 127, 138, 140, 144, 157, 163, 165, 170, 171, 172, 179, 180, 183, 184, 190, 194, 196, 197, 198, 199, 206, 207, 211, 219, 221, 226, 227, 231, 242, 246

Análise envoltória de dados 58, 60, 67

Análise funcional 226, 227, 242

Artocarpus altilis 89, 90, 91, 92, 94, 96, 97, 99, 100

Atividade antiparasitária 102

Avanços 78, 123, 202, 213

B

Bitcoin 222, 223, 224, 225

C

Canteiros de obras 145, 146, 155, 156

Celulose 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 126

Chuva 36, 37, 38, 39, 41, 42, 45, 47, 76

Ciclo educacional 179, 183

Ciclo vegetativo 7, 49, 53, 55, 56

Códigos linguísticos 189

Commodities 58, 59

Construção civil vertical 145

Curso agrotécnico 189

E

Educação 9, 68, 69, 79, 89, 158, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 197, 201, 202, 203, 209, 210, 211, 212, 213, 221, 245, 263, 265

Ensino 67, 92, 179, 180, 182, 183, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 243, 245, 252, 255, 256, 263

Ensino de ciências 189, 200, 201, 209, 211, 212, 214, 215, 217, 218, 219, 220, 221, 252

Espaço não formal 199, 201, 209, 210

Espaços métricos 226, 227, 228, 231, 232, 236, 242

Evapotranspiração 16, 37, 49, 51, 52, 53, 55, 56, 169

F

F AAS 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 35

Fitoquímica 90, 99, 100

Fósforo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14

G

Geoestatística 167, 171

Gerenciamento de RCC 145, 146, 147, 148, 151, 154, 155

Gráficos 117, 119, 254, 255, 256, 263

H

Hymenaea courbaril 101, 102, 104, 105, 112, 113

I

Imagens 135, 136, 137, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 176, 177, 217, 242, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261

Índices de vegetação 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 175, 176

Indústria de papel 68, 70, 75

Indústria têxtil 68, 70, 75, 79

Investimento 179, 180, 183, 184, 185, 222

L

Leap-Frog 158, 159, 160

Lei de Hooke 243, 245, 246, 247, 248, 251, 252

Letramento científico 199, 203, 209, 210

M

Medição 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 160, 161

Melado de cana 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 84

Metais 3, 9, 12, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 126, 176

Meteorologia 36, 37, 39, 53

Micro-ondas 26, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129

Moda sustentável 68, 79

Modelos hiperbólicos 222, 223, 225

Moraceae 89, 90, 91, 100

N

Não-linearidade 243, 251

Nivelamento 74, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165

Nutrição de plantas 1

O

Oportunidade 179, 180, 182, 185, 186, 191, 256

P

Papel 2, 58, 59, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 128, 192, 206, 213, 216, 227, 231, 246, 249

Parâmetros 24, 27, 28, 30, 33, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 115, 116, 119, 137, 160, 163, 168, 174, 175, 177, 191, 222, 223, 224, 255, 263

Perímetro irrigado 1, 3, 8

Petróleo 1, 9, 10, 11, 13, 22, 23

Prosopis 81, 82, 87, 88

Q

Química verde 33, 123, 128

R

Recuperação 11, 132, 133, 134, 137, 138, 139, 140, 143, 144

Regressão polinomial 243, 246, 251

Renda 49, 81, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 186

Resíduos sólidos 68, 71, 76, 77, 80, 146, 147, 148, 155, 156

Restauração 132, 133, 134, 137, 138, 139, 143, 244, 245

Reuso 10, 22, 71, 72, 80, 132, 133, 137, 138, 140, 141, 142, 143

S

Saneantes 115, 117, 118, 121

Sequências de Cauchy 226

Simbiose industrial 68, 70, 71, 77, 78

Síntese 90, 104, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 220

T

Topografia 138, 139, 143, 158, 159, 165

Trading 222, 223

Trypanosoma cruzi 101, 102, 103, 111, 112

V

Validação de métodos 24, 34

Variáveis 22, 38, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 117, 175, 178, 179, 181, 182, 183, 185, 186, 194, 204, 211, 222, 224, 254, 256

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-680-5

