

SINERGIA

REVISTA CIENTÍFICA DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Artigos

A PRODUÇÃO TEXTUAL SOB A PERSPECTIVA DOS GÊNEROS DISCURSIVOS:
UMA EXPERIÊNCIA COM OFICINAS EM UM INSTITUTO FEDERAL MINEIRO

A NEW APPROACH FOR REAL-TIME FAULT DIAGNOSIS IN INDUCTION MOTORS BASED
ON A DIGITAL SIGNAL PROCESSOR EMBEDDED IN FPGA

DESENVOLVIMENTO DE UM BRAÇO ROBÓTICO CONTROLADO POR ARDUINO

ESTUDO DAS NORMAS REFERENTES A IMPLANTES ORTOPÉDICOS ACABADOS OBTIDOS A PARTIR
DO PROCESSO DE FORJAMENTO: REQUISITOS PARA MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

LIVROS DIDÁTICOS NA ALFABETIZAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS:
UM ESTUDO SOBRE AS ATIVIDADES DE APROPRIAÇÃO DA ESCRITA ALFABÉTICA

IMPLANTES DENTÁRIOS: CRONOANÁLISE DO PROCESSO DE MONTAGEM

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS:
UM PANORAMA HISTÓRICO DE 1930 A 2015

ESTIMADOR DA AGRESSIVIDADE DA CAVITAÇÃO EM TURBINAS HIDROELÉTRICAS
BASEADO EM MODELAGEM CICLOESTACIONÁRIA

DIRETRIZES PARA O PROJETO DO CALIBRADOR DO DETECTOR MARIO SCHENBERG:
O SISTEMA DE MANCAIS



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO

Volume 17 - nº 3
julho-setembro de 2016

PRESIDENTA DA REPÚBLICA
Dilma Rousseff

MINISTRO DA EDUCAÇÃO
Aloizio Mercadante

**SECRETÁRIO DA EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**
Marcelo Machado Feres

REITOR
Eduardo Antonio Modena

**PRÓ-REITORA DE PESQUISA,
INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO**
Elaine Inacio Bueno

PRÓ-REITOR DE ENSINO
Reginaldo Vitor Pereira

PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO
Wilson de Andrade Matos

PRÓ-REITOR DE ADMINISTRAÇÃO
Paulo Fernandes Junior

**PRÓ-REITOR DE
DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL**
Whisner Fraga Mamede

DIRETORES DOS CÂMPUS

Araraquara - Marcel Pereira Santos
Assis - Edmar César Gomes Dias
Avaré - Sebastião Francelino da Cruz
Barretos - Sérgio Vicente Azevedo
Birigui - Edmar César Gomes Dias
Boituva - Bruno Nogueira Luz
Bragança Paulista - Maurício Costa Carreira
Campinas - Daniel Savério Spozito
Campos do Jordão - Hélio Sales Rios
Capivari - Waldo Luis de Lucca
Caraguatatuba - Nelson Alves Pinto
Catanduva - Márcio Andrey Teixeira
Cubatão - Robson Nunes da Silva
Guarulhos - Joel Dias Saade
Hortolândia - Edgar Noda
Ilha Solteira - Wilson Jose da Silva
Itapetininga - Hagnar Orlando Hammarstrom
Jacarei - Luz Marina Poddis de Aquino
Jundiaí - Haryanna Sgrilli Drouart
Matão - Christiann Davis Tosta
Piracicaba - Aguinaldo Luiz de Barros Lorandi
Pirituba - Cynthia Regina Fischer
Presidente Epitácio - Ítalo Alves Motorio Junior
Registro - Walter Augusto Varela
Salto - Francisco Rosta Filho
São Carlos - Wania Tedeschi
São João da Boa Vista - Eduardo Marmo Moreira
São José dos Campos - Luiz Gustavo de Oliveira
São Miguel Paulista - Luis Fernando de Freitas Camargo
São Paulo - Luís Cláudio Matos de Lima Junior
São Roque - Ricardo dos Santos Coelho
Sertãozinho - Lacyr João Sverzut
Sorocaba - Alexandre Chahad
Suzano - Breno Teixeira Santos Fernocho
Tupã - Caio Marcus Dias Flausino
Votuporanga - Marcos Amorielle Furini

SINERGIA

“ações integradas para o importante papel social da pesquisa”

REVISTA CIENTÍFICA DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

v.17 n.3 - julho/setembro 2016 - São Paulo

TRIMESTRAL

ISSN 2177-451X

Sinergia São Paulo v. 17 n. 3 p. 169-250 jul./set. 2016

EDITORA INTERINA - Dra. Adriana Gomes de Moraes

CONSELHO EDITORIAL

Dra. Ana Lúcia Gatti - Universidade São Judas Tadeu
Dra. Carla Witter - Universidade São Judas Tadeu
Dr. Carlos Frajuca - IFSP
Dra. Diana Vieira - Instituto Politécnico do Porto
Dra. Elza Maria Tavares - Unicastelo
Dr. Fagno da Silva Soares - IFMA
Dr. João Sinohara S. Sousa - IFSP
Dr. Leandro Oliveira - Universidade do Minho
Dr. Marcelo de Almeida Buriti - IFPB
Dr. Paulo Roberto Barbosa - USP
Dr. Raul de Souza Puschel - IFSP
Dra. Suely Corvacho - IFSP
Dr. Waldecir Paula Lima - USP
Dra. Vera Socci - Universidade de Mogi das Cruzes

JORNALISTA RESPONSÁVEL

Marilza Helena Ataliba/Mtb. 025129/SP

**DIAGRAMAÇÃO, NORMALIZAÇÃO,
REVISÃO DE PROVA E LAYOUT, APERFEIÇOAMENTO TÉCNICO
DO PERIÓDICO IMPRESSO E ELETRÔNICO, MAPA DA REDE FEDERAL,
DIVULGAÇÃO NOS CÂMPUS - PRIMEIRO TRÂMITE DE PARECER
CONFIGURAÇÃO OJS** - Ademir Silva

MAPA - RELAÇÃO DOS CAMPUS IFSP

Leandro Henrique da Silva/Vitor Hugo de Rosa

PROJETO GRÁFICO DE CONTRACAPA - Alessandro Rossi

APOIO TÉCNICO - Fábio Luís Ribeiro Villela

TEXTO DE CONTRACAPA - Danielle Yura/Juliana Ayres Pina

DIVULGAÇÃO NACIONAL - REVISTA IMPRESSA

Ademir Silva/Adalberto Rodrigues/Augusto Martins/Luciana Barros
Marcelo Mottola dos Santos/Rebeca Rodrigues/Meirice Alda Moura

DIVULGAÇÃO ELETRÔNICA - Ademir Silva

MARKETING CIENTÍFICO - Publicidade

Ademir Silva/Rodrigo de Benedictis Delphino/Kelly Albuquerque
Everaldo Oliveira Castro/Walter Augusto Varela/Sérgio Hissashi Umeda
Caio Cabral da Silva/Karina Mitie Fujihara/Maria Cristina Rizetto Cerqueira

Depósito Legal/Biblioteca Nacional - Ana Paula Damasceno de Brito

CRÉDITOS DE INDEXAÇÃO - LATINDEX

Deborah Quenzer Matthiesen/Waldir Lopes

SISTEMA ELETRÔNICO (OJS) - Bruno Jamalero/Diego Valente

INFRAESTRUTURA DE INTERNET/HARDWARE

Eduardo Leal/José Aparecido/Paulo Kawachi/André Luis Vieira
Dárcio Teófilo/André Luiz Amorim/Pedro Fantinatti/Evaldo Souza

INFRAESTRUTURA SOFTWARES EDITORIAIS - Gabriel Marcelino

CRÉDITOS DE PARTICIPAÇÃO ADMINISTRATIVA

José Roberto da Silva/Fernanda Stefanie de Lima/Marina Milena da Silva
Deir Oliveira/Cristina Ishida/Fernanda Amorim Rocha/Valéria Sarai
Marli Bogoná Incau/Daniel Pedro Vitor dos Santos/Isabel Cristina Milani
Edmur Frigeri Tonon/Patricia Gonçalves do Nascimento/Ricky Seo
Nelson Lisboa Junior/Randall Franklin Siqueira Campos
Valter Fernando Viana/Rodrigo Guimarães da Silva/Helena Bruschi
Celso Mendes de Assis/Ruth Francine Usmany/Marcos Vinhote
Rodrigo de Souza Boschini/Klebson Rodrigues Moraes dos Santos
César Eduardo Armelin/Marina Milena da Silva/João Abdias Neto
Edson Serafim dos Santos/Éverton Aristides Margueiro
Vitor Oliveira de Sousa/Kazuhiro Takahashi/Suzana Mayumi Iha Chardulo
Robson de Oliveira/Ronaldo de Oliveira Martins/Telmo Mário de Oliveira
Luiz Henrique Nistal/Hélio da Silva Ordonio/Márcio Sampaio
Paulo Henrique Ruffo/Paulo Ferrari/Sérgio Alberto Batista
Sérgio Hissashi Umeda/Salvador Rodrigues de Oliveira

CAPACITAÇÃO - SOFTWARES EDITORIAIS

Leonice Edna/Nelson Matsuda/Paula Godoy/André Revelo da Silva
Mirela Caetano de Souza/Eliana Aparecida Cursinho
Mária Angélica Almida da Luz/Kyssila Premoli Bueno

COLABORADORES

Abner Branchini Gonçalves/Cezar da Costa Caldeira
Maria Onelia Nardini Joaquim/Priscila Aquino/Emerson dos Reis
Marilza Ataliba/Paulo Barbosa/Rebeca Rodrigues/Priscila Braga Caliope
Giuseppe D'Agostino/Silmário Batista dos Santos/Hector Daniel Garcia Daitter
Camila Pinho de Oliveira/José Maria de Lima/Fabiana Pereira de Castro
Arthur Muramoto Hayashi/Elaine Aparecida David
Paulo Ricardo Souza da Silva/Adelino Ribeiro de Souza
Rogério de Andrade/Nei Dias/Valmir Brito/Rosana Camargo

PROJETO BÁSICO/ADITAMENTO 2014-2016

Ademir Silva/Rosana Senatore/Kazuhiro Takahashi
Marli Bogoná/Deir Oliveira/Isabel Cristina Milani

FISCAL DE CONTRATO 2014/2015 - Ademir Silva

PROCURADORIA FEDERAL/JURÍDICA

Marcelo Cavaletti de Souza Cruz/André Eduardo Santos Zacari
Danilo Martin Pedrini/Marcelo Wehby/Rodrigo de Barros Godoy
Francisco de Assis Spagnuolo Júnior/Graziela F. Ledesma

FICHA CATALOGRÁFICA - Angela Halen Claro Bembem

REVISÃO DE INGLÊS - Rosana Ferrareto Lourenço Rodrigues

REVISÃO DE PORTUGUÊS - Graziela Bachião P. de Paula

APOIO EM NORMALIZAÇÃO - Adriana Gomes de Moraes

A Revista **SINERGIA** é uma publicação trimestral do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - São Paulo e tem por objetivo a divulgação de todo o conhecimento técnico, científico e cultural que efetivamente se alinhe ao perfil institucional do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Como outras revistas científicas no Brasil e no mundo, é um espaço para que pesquisadores, bolsistas, professores, mestres e doutores das diversas áreas do conhecimento apresentem à comunidade científica o resultado de seus trabalhos, estimulando a busca de novas teorias, o debate e o intercâmbio de conhecimento para enriquecimento da ciência e tecnologia.

Os artigos publicados na Revista Sinergia são de inteira responsabilidade de seus autores. Os direitos autorais seguem os termos da Creative Commons.  <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/br/>

////////////////////////////////////Contato////////////////////////////////////

Adriana Gomes
Ademir Silva - tel.: +55 9 (11) 3775-4570

sinergia@ifsp.edu.br

Rua Pedro Vicente, 625 — Canindé
São Paulo — SP — CEP 01109-010

Revista Digital Disponível em:
<http://ojs.ifsp.edu.br>

////////////////////////////////////



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO**

S616s

Sinergia: Revista Científica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. – v. 17, n. 3 (jul./set. 2016). – São Paulo : Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, 2016.

71 p. ; 30 cm
ISSN 2177-451X

1. Ciência e Tecnologia I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

SUMÁRIO

EDITORIAL

Adriana Gomes de Moraes 173

Ciências Humanas - Educação - Ensino-Aprendizagem - Métodos e Técnicas de Ensino (Educação)

**A PRODUÇÃO TEXTUAL SOB A PERSPECTIVA DOS GÊNEROS DISCURSIVOS:
UMA EXPERIÊNCIA COM OFICINAS EM UM INSTITUTO FEDERAL MINEIRO**

Cristiane Manzan Perine/Keula Aparecida de Lima Santos/Rodrigo Borges Machado 175

Engenharias - Engenharia Mecânica - Projetos de Máquinas - Métodos de Síntese e Otimização Aplicados ao Projeto Mecânico (Engenharia III)

**A NEW APPROACH FOR REAL-TIME FAULT DIAGNOSIS IN INDUCTION MOTORS BASED ON A
DIGITAL SIGNAL PROCESSOR EMBEDDED IN FPGA**

Cesar da Costa/Mauro Hugo Mathias 182

Engenharias - Engenharia Mecânica - Projetos de Máquinas - Fundamentos Gerais de Projetos das Máquinas (Engenharia III)

DESENVOLVIMENTO DE UM BRAÇO ROBÓTICO CONTROLADO POR ARDUINO

Dr. Márcio Mendonça/Dr. Wagner Endo/Me. Marco Antônio Ferreira Finocchio/Ivan Rossato Chrun/Eduardo Lino 191

Engenharias - Engenharia de Materiais e Metalúrgica - Metalurgia de Transformação - Tratamento Térmicos, Mecânicos e Químicos (Engenharia II)

**ESTUDO DAS NORMAS REFERENTES A IMPLANTES ORTOPÉDICOS ACABADOS OBTIDOS A PARTIR
DO PROCESSO DE FORJAMENTO: REQUISITOS PARA MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO**

Ylich Peter Schmitt/Francisco Yastami Nakamoto/Givanildo Alves dos Santos 198

Ciências Humanas - Educação - Tópicos Específicos de Educação - Educação de Adultos (Educação)

**LIVROS DIDÁTICOS NA ALFABETIZAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS:
UM ESTUDO SOBRE AS ATIVIDADES DE APROPRIAÇÃO DA ESCRITA ALFABÉTICA**

Eliene da Rocha Carvalho 205

Engenharias - Engenharia Biomédica - Engenharia Médica - Tecnologia de Próteses (Engenharia IV)

IMPLANTES DENTÁRIOS: CRONOANÁLISE DO PROCESSO DE MONTAGEM

Jaqueline Gonçalves Braga/Sergio Luiz Kyrillos/Waldecir Paula Lima 216

Ciências Humanas - Educação - Tópicos Específicos de Educação - Educação de Adultos (Educação)

**POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS:
UM PANORAMA HISTÓRICO DE 1930 A 2015**

Audrey Cristina Rossi 224

Engenharias - Engenharia Elétrica - Medidas Elétricas, Magnéticas e Eletrônicas; Instrumentação - Sistemas Eletrônicos de Medida e de Controle (Engenharia IV)

**ESTIMADOR DA AGRESSIVIDADE DA CAVITAÇÃO EM TURBINAS HIDROELÉTRICAS BASEADO
EM MODELAGEM CICLOESTACIONÁRIA**

Rafael L. Marinho, D.Sc./Prof. Fernando A. P. Baruqui, D.Sc. 229

Engenharias - Engenharia Mecânica - Projetos de Máquinas - Fundamentos Gerais de Projetos das Máquinas/Máquinas, Motores e Equipamentos (Engenharia III)

**DIRETRIZES PARA O PROJETO DO CALIBRADOR DO DETECTOR MARIO SCHENBERG:
O SISTEMA DE MANCAIS**

Paulo Fernandes Junior/Carlos Frajuca/Oswaldo Horikawa 237

Relatórios de Marketing Científico/Publicidade 245

Editores Adjuntos

Ma. Adriana Gomes de Moraes - PUC-SP
Dr. Diovani Vandrei Alvares - PUC-SP
Me. Gilson Rogério Marcomini - UNIFENAS
Dr. Flávio Rovani de Andrade - UFPI
Dr. Neilo Marcos Trindade - UNESP

Revisores/Pareceristas ad hoc

$x = \text{Número de Revisões/Pareceres/Avaliações realizadas}$

----- ($\infty \geq x \geq 9$) -----

Ma. Adriana Gomes de Moraes - PUC-SP
Dr. Diovani Vandrei Alvares - PUC-SP
Me. Gilson Rogério Marcomini - UNIFENAS
Dr. Flávio Rovani de Andrade - UFPI
Dr. Ivan Fortunato - UNESP
Dr. Neilo Marcos Trindade - UNESP

----- ($8 \geq x \geq 2$) -----

Dra. Adriana Carniello - INPE
Me. Alexandre Shigunov Neto - IFSP-Itapetininga
Dra. Ana Paula de Oliveira Corti - USP
Me. Ana Paula Santos Rebello - PUCRS
Me. Antonio de Assis Bento Ribeiro - UNICAMP
Dr. Augusto Massashi Horiguti - IFRG
Bel. Bruno Rafael Silva Nogueira Barbosa - UFPB
Dr. Carlos Frajuca - USP
Dr. Carlos Ventura Fonseca - IFRS
Dr. Emanuel Benedito de Melo - UNESP
Esp. Éric Frade Coelho - UFPR
Me. Francisco Regis Vieira Alves - UFC
Bel. Karina Menegaldo - UNICAMP
Me. Luiz Egidio Costa Cunha - FACCAMP
Me. Luiz Fernando Rosa Mendes - UCAM
Me. Marcelo Bernardino Araujo - PUC-SP
Dr. Marcelo Pereira Bergamaschi - UNICSUL
Ma. Maria Cristina de Siqueira Nogueira Barelli - UNICAMP
Ma. Nadjania Saraiva de Lira Silva - UFU
Bel. Nijima Novello Rumenos - UNESP
Dr. Neilo Marcos Trindade - UNESP
Dr. Pedro Augusto Pinheiro Fantinatti - UNICAMP
Me. Paulo José Menegasso - UFRGS
Esp. Poliana Ferreira dos Santos - UNIFESP
Dra. Rosana Ferrareto - UNESP-Araraquara
Dra. Sandra Pereira Falcão - USP
Dra. Zionice Garbelini Martos Rodrigues - UNICAMP

----- ($x = 1$) -----

Me. Airton José Vinholi Júnior - UFMS
Dr. André de Souza Tarallo - USP
Me. André Luis Maciel Leme - UNITAL
Ma. Andreia de Almeida - PUC
Me. Amílton Cesar dos Santos - USP
Dr. Augusto Massashi Horiguti - USP
Me. Bruno Nogueira Luz - FACCAMP
Me. Bruno Amado Rodrigues Filho - USP
Dr. Caio Augustus Moraes Bolzani - USP
Esp. Caio Cabral da Silva - UNIFESP
Dra. Carla Witter - USP
Me. Claudio Nei Nascimento da Silva - UCB
Dra. Claudinéia Aparecida Soares - USP
Bel. Danillo da Silva Rocha - FATEC
Me. Diego Carvalho Viana - UEMA
Me. Eberval Oliveira Castro - UNICAMP
Dr. Edson de Almeida Rego Barros - IFSP-tapetininga/Mackenzie
Dr. Eduardo Pinheiro de Freitas - USP
Bel. Elizabeth Alves - UNIMARCO
Me. Enio Freire de Paula - UEM
Dr. Erich Kellner - USP
Me. Erico da Silva Costa - IFSP-Jacarei
Dr. Fauston Negreiros - UFC

•••

Dr. Francisco Rafael Martins Soto - USP
Dr. Francisco Ubaldo Vieira Junior - UNICAMP
Me. Inácio Henrique Yano - UNICAMP
Me. Ivo Sócrates Moraes de Oliveira - USP
Me. Joao Paulo Crivellaro de Menezes - UNESP
Dr. José Alberto Carvalho dos Santos Claro - Metodista
Dr. Jose Aquiles Baesso Grimoni - USP
Me. José Orlando Balastrero Junior - UNITAL
Dr. José Francisco Buda - UNICAMP
Me. Joseane Mercia da Rocha Pimentel Gonçalves - ITA
Me. Leandro Henrique da Silva - USP
Dra. Luciene Cavalcanti Rodrigues - USP
Dr. Luis Carlos Kakimoto - UNICAMP
Dr. Luiz Gustavo de Oliveira - UNITAL
Dra. Manoela Rossinetti Rufinoni - UNIFESP
Dr. Márcio Abud Marcelino - ITA
Dr. Marcio Zamboti Fortes - USP
Dr. Marcos Antonio Santos de Jesus - UNICAMP
Dr. Marcio Mendonça - UTFPR
Dra. Marília Guimarães Pinheiro - USP
Dra. Martha Cristina Motta Godinho Netto - UFRJ
Esp. Paulo Cesar Dias Lima - IFSP
Esp. Paulo Sérgio Garcia - UNIP
Dr. Pedro Miranda Junior - USP
Bel. Radamés Toth Garcia - USJT
Me. Ricardo Agostinho de Rezende Junior - UFABC
Dr. Ricardo Pires - IFSP
Me. Rodrigo Campos Bortoletto - FEI
Bel. Rosa Correa Leoncio de Sá - FATEC
Ma. Siony Silva - UNIBAN
Dr. Sívlio César Otero-García - UNESP
Esp. Stefanie Martin - CUFSA
Dr. Tarcisio Fernandes Leão - USP
Me. Thiago Pedro Donadon Homem - FEB-UNESP
Dra. Valéria Azzi Collet da Graça - UNICAMP
Dra. Vania Battestin Wiendl - UNICAMP
Bel. Vinícius Fausto Chaves - IFSP
Dr. Waldecir Paula Lima - USP

•••

Intervalo das contribuições: 2014-2016

O descadastro é realizado no caso de um período muito longo sem realizar avaliação para a revista (ex: 2 anos ou mais por precisarmos da manutenção ativa da lista de colaboradores).

A lista é atualizada trimestralmente.

O ganho intangível em avaliar um artigo, é a contribuição técnico-científica para a ciência. Para os **avaliadores**, além de fazer parte de nosso corpo editorial enviamos comprovantes de pareceres. Recomendamos a atualização do Curriculum Lattes citando estas contribuições, pois servirá de apoio para soma de pontuação com finalidade de término de Mestrado e Doutorado, aceitos por boa parte das academias.

Informamos aos **autores** que o periódico é imparcial quanto as avaliações realizadas pelos pareceristas e que sempre trabalhará com três pareceres ou mais em pareceres arbitrários.

Os **Editores Adjuntos** tem importância na avaliação das áreas do conhecimento que o periódico abrange. Estes controlam pelo menos dois pareceres por artigo, importante para inclusão futura do periódico em grandes bases de indexação. Damos a liberdade de poder atuar apenas como parecerista, quando solicitado. Os editores adjuntos também podem desenvolver eventuais Edições Especiais para a Coleção.

Para avaliar um artigo: de preferência, ter Mestrado, Doutorado ou ser Especialista. Aceitamos avaliações de Bachareis, desde que comprovem que trabalhe na especialidade referente a Área do Conhecimento que o periódico abrange. Os artigos aguardando parecer são referenciados no link: < <http://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia> >. Para solicitar o artigo desta lista (sem a identificação dos autores), orientamos os pedidos via e-mail: sinergia@ifsp.edu.br.

•••

EDITORIAL

Adriana Gomes de Moraes ¹

Caros leitores,

É com grande satisfação que apresentamos a terceira edição trimestral do ano de 2016, da Revista Sinergia, com sua área temática multidisciplinar, esta edição está composta por nove artigos.

No primeiro artigo, os autores objetivam relatar uma experiência de realização de oficinas de produção textual voltadas a alunos ingressantes do primeiro ano do ensino médio no IF do triângulo Mineiro.

No segundo artigo, os autores propõem uma nova abordagem de medição e análise a partir de máquina de vibração em tempo real baseado em um processador de sinal digital.

No terceiro artigo, os autores apresentam uma ferramenta didática de baixo custo, com detalhes construtivos de um manipulador robótico com quatro graus de liberdade.

No quarto artigo, os autores, apresentam um estudo dos requisitos das principais normas aplicadas aos implantes ortopédicos em aço inox, obtidos a partir do processo de forjamento.

No quinto artigo, a autora analisa as atividades de reflexão da escrita alfabética proposta por livros didáticos de alfabetização incluídos no Programa Nacional de Livros Didáticos para a educação de jovens e adultos.

No sexto artigo, os autores apresentam uma pesquisa realizada, cujo objetivo, foi realizar o estudo de tempos nas rotinas operacionais do implante dentário e seus componentes.

No sétimo artigo, a autora estuda a educação de jovens e adultos no Brasil desde a década de 1930 ao ano de 2015, faz uma exposição do histórico das políticas públicas direcionadas a educação.

No oitavo artigo, os autores propõem uma nova metodologia para detecção e identificação da cavitação erosiva em turbinas de geração hidroelétrica.

Fechamos a edição com o artigo em que, os autores, apresentam diretrizes para o projeto do calibrador do detector de ondas gravitacionais, com foco no sistema de mancais.

Agradecemos aos autores, que escolheram a Revista Sinergia para a divulgação de seus trabalhos, e aos avaliadores, que dispensaram parte valiosa de seu tempo para os trabalhos de análise dos artigos e que, compartilharam seus conhecimentos relacionados aos temas inerentes aos textos, quando na elaboração dos pareceres. Desejamos a todos aos colegas do meio acadêmico, uma proveitosa leitura dos artigos apresentados nesta edição.

Cordiais Saudações,

A Revista SINERGIA está aberta para cadastro reserva de novos pareceristas/revisores, prioritariamente nas seguintes áreas em que a revista obteve Qualis entre 2012 e 2014:

- . Administração, Ciências Contábeis e Turismo;
- . Astronomia/Física;
- . Ciência da Computação;
- . Ciência e Tecnologia dos Alimentos;
- . Educação;
- . Enfermagem;
- . Filosofia/Teologia;
- . Letras/Linguística;
- . Química;
- . Engenharia I (Engenharia Civil, Engenharia de Construção Civil, Engenharia de Estruturas, Engenharia Geotécnica, Engenharia de Recursos Hídricos, Engenharia Sanitária e Ambiental, Engenharia de Transportes e Engenharia Urbana);
- . Engenharia II (Engenharia Química, Nuclear, Materiais, Minas e Metalurgia);
- . Engenharia III (Engenharia Mecânica, Produção, Aeroespacial, Aeronáutica, Gestão; Petróleo, Oceânica, Naval, Energia e Planejamento Energético, Pesquisa Operacional, Automotiva e Automobilística);
- . Engenharia IV (Engenharia Biomédica (Engenharia de Sistemas, dentre outras), Engenharia Elétrica (Engenharia da Informação, Engenharia de Automação e Sistemas, Engenharia de Computação, Engenharia Elétrica e de Computação, Gestão de Redes e Telecomunicações, Telecomunicações, dentre outras);
- . Ensino (Ensino de Ciências e Matemática; Ensino, Ciências Ambientais, Biodiversidade e Nutrição);
- . Interdisciplinar (Multidisciplinar):
- . Desenvolvimento e Políticas Públicas, Sociais e Humanidades, Engenharia, Tecnologia e Gestão, Saúde e Biológicas);
- . Medicina Veterinária: Ciências Agrárias.

Os artigos submetidos são analisados em duplo cego (double-blind review), ou seja, pelo menos dois pareceristas/revisores fazem avaliação de um mesmo artigo científico. Os direitos autorais seguem os termos da Creative Commons.
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/br/>

Endereço dos artigos aguardando avaliação/parecer:
< <http://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/issue/view/5> >
O comando para incluir o endereço acima nos Favoritos: Ctrl+D.
e-mail para solicitar o artigo: < sinergia@ifsp.edu.br >

Informamos que, por força maior, os endereços de Internet e e-mail estão sujeitos a mudanças. Recomendamos buscar estas referências pelo buscador de Internet, caso não os encontre.

Contato para cadastro/descadastramento de revisor:
< sinergia@ifsp.edu.br >
<http://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia>

Rua Pedro Vicente, 625 — Canindé
São Paulo — SP — CEP 01109-010

¹ Doutora em Ciências Sociais pela PUC-SP.

A Revista Sinergia faz parte do Portal de Revistas Científicas do Instituto Federal São Paulo!

Portal de Revistas Científicas do Instituto Federal São Paulo

Capa > Portal de Revistas Científicas do Instituto Federal São Paulo

Portal de Revistas Científicas do Instituto Federal São Paulo

Documentos recomendados para obtenção de boa avaliação junto a Capes:
1 - Indexação de Periódicos:
http://www2.ifsp.edu.br/edu/prp/sineria/documentos/criterios_indexacao_SciELO.pdf

Revista Interdisciplinar de Tecnologias na Educação [RInTE]
 Por favor acessar:
<http://sinte.btv.ifsp.edu.br/index.php/sinte>
[ACESSAR REVISTA](#) | [EDIÇÃO ATUAL](#) | [CADASTRAR](#)

HIPÁTIA - Revista Brasileira de História, Educação e Matemática
[ACESSAR REVISTA](#) | [EDIÇÃO ATUAL](#) | [CADASTRAR](#)

Portal de Revistas Científicas do Câmpus Itapetininga
 Por favor acessar:
<http://itp.ifsp.edu.br/ojs/>

Mesmo sendo um periódico multidisciplinar, a Revista Sinergia tende a focar em áreas específicas do conhecimento para a melhoria da avaliação do periódico junto a Capes e melhor aceitação pelas grandes bases de indexação. Com mais periódicos no Portal, focados em determinadas áreas, você tem opções de publicação em periódicos específicos e áreas específicas definidas pelo CNPq.

Você pode consultar os relatórios finais desta revista e, junto ao seu orientador, saber se um dos periódicos que estão no Portal, atendem a especialidade em que está pesquisando, conforme as Qualis obtidas por cada revista.

Abaixo, os periódicos em formação no Portal de Revistas Científicas do IFSP.

Nome do Periódico	e-ISSN	Área Temática
RInTE - Revista Interdisciplinar de Tecnologias na Educação	2447-5955	Multidisciplinar
Hipátia	0000-0000	História, Educação e Matemática
Hipótese	2446-7154	Multidisciplinar
Revista Internacional de Formação de Professores	2447-8288	Formação de Professores
Revista Brasileira de Iniciação Científica	2359-232X	Iniciação Científica
Metalinguagens (Área Temática: Letras, Linguística, Língua Portuguesa, Literatura e Ensino)	2358-2790	Letras, Linguística, Língua Portuguesa, Literatura e Ensino
Scientia Vitae	2317-9066	Exatas e da Terra, Agrária e Biológicas
Iluminart	1984-8625	Multidisciplinar
Ciência & Ensino	1980-8631	Geociências
Sinergia	2177-451X	Multidisciplinar

[ACESSAR REVISTA](#) | [EDIÇÃO ATUAL](#) | [CADASTRAR](#)

Sinergia (Área Temática: Multidisciplinar - ISSN: 2177-451X)
 A Revista Sinergia é uma publicação mensal semestral do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo. Seu principal objetivo é publicar artigos científicos, resenhas e entrevistas, a fim de estimular o debate acadêmico científico, estimulando a busca de novas teorias, o debate e o intercâmbio de conhecimento para enriquecimento da ciência e tecnologia.

Caso seja Coordenador de Pós-Graduação do Stricto Sensu e tenha artigos publicados neste periódico, não deixe de fazer a Coleta de Dados na Plataforma Sucupira. Assim, você ganha na avaliação da Área e a Revista em Qualis!

Revista Sinergia
 "Ações Integradas para o Importante Papel Social da Pesquisa"
 Revista Digital também disponível em:
<http://www2.ifsp.edu.br/edu/prp/sineria> (site 2008-2016)

Endereço do Portal: <http://ojs.ifsp.edu.br>

As informações básicas e Modelo de Elaboração de Artigo Científico estão disponíveis em:

A PRODUÇÃO TEXTUAL SOB A PERSPECTIVA DOS GÊNEROS DISCURSIVOS: UMA EXPERIÊNCIA COM OFICINAS EM UM INSTITUTO FEDERAL MINEIRO

TEXT PRODUCTION UNDER THE PERSPECTIVE OF DISCURSIVE GENDERS: AN EXPERIMENT WITH WORKSHOPS IN A FEDERAL INSTITUTE OF MINAS GERAIS

Data de entrega dos originais à redação em: 26/01/2016
e recebido para diagramação em: 16/05/2016.

Cristiane Manzan Perine ¹
Keula Aparecida de Lima Santos ²
Rodrigo Borges Machado ³

A atividade de produzir textos não se resume apenas a conhecer e empregar corretamente nosso sistema linguístico a fim de transmitir uma mensagem. Escrever é uma forma de atuar no mundo. Assim, o objetivo deste trabalho é relatar uma experiência de realização de oficinas de produção textual voltadas a alunos ingressantes do primeiro ano do ensino médio e realizadas em um Instituto Federal mineiro. As oficinas foram ministradas por um aluno do terceiro ano do ensino médio como parte de sua pesquisa de iniciação científica. Desse modo, neste trabalho, salientamos a relevância do ensino de produção escrita com foco nos gêneros discursivos, uma vez que estes abrangem uma infinidade de temas, formas e estilos de enunciar, além de propiciar o uso da linguagem em diversas situações sociocomunicativas. O trabalho que desenvolvemos se apoia, sobretudo, nos estudos de Bakhtin (2010) e Marcuschi (2008), que abordam o aspecto interacional da linguagem e o estudo do texto com base nos diferentes gêneros discursivos.

Palavras-chave: Gêneros Textuais. Produção Textual. Oficinas.

The activity of producing texts is not limited to acknowledging and correctly using a linguistic system in order to convey a message. Writing is a way of acting in the world. Thus, the goal of this paper is to present an experience in conducting writing workshops to a group of first grade high school students in a Federal Institute. The workshops were taught by a third year high school student as part of his junior research grant project. In this paper, we highlight the importance of teaching writing based on genre, since they cover an infinitude of themes, forms and styles. Besides, they provide the use of language in diverse socio-communicative situations. This article relies on Bakhtin (2010) and Marcuschi (2008) studies, which emphasize the interaccional aspect of language and the study of text based on different genres.

Keywords: Text Genres. Text Production. Workshops.

1 INTRODUÇÃO

Recentemente, as pesquisas linguísticas na área de ensino e aprendizagem de língua portuguesa apontam a necessidade de um contexto escolar que favoreça o desenvolvimento de habilidades linguísticas, textuais e discursivas. Tendo em vista essa necessidade, as propostas pedagógicas atuais recuperaram a teoria dos gêneros desenvolvida pelo filósofo russo, Mikhail Bakhtin (2000) e, a partir dela, desenvolveram estudos na área de linguagem. Tais estudos apresentam perspectivas teóricas que norteiam o processo de ensino e aprendizado de línguas e estão baseados na concepção de linguagem como forma de interação social, como prática social mediadora das relações e experiências humanas, e não um simples meio de comunicação.

Ao considerar esse aspecto da linguagem, as práticas de produção textual realizadas no ambiente escolar tomam um novo significado ao considerarem o aspecto histórico-social da interação, os locutores envolvidos na produção e a recepção do texto. Toma-se

o conceito de gênero discursivo como ponto de partida para o ensino de produção textual. Tal perspectiva é importante porque considera a comunicação verbal nas suas diferentes esferas sociais e analisa o discurso em situações reais de produção e circulação na sociedade, tornando a aprendizagem muito mais significativa.

Os gêneros discursivos, tanto orais quanto escritos estão presentes em todas as esferas de produção da linguagem e, portanto, fazem parte do cotidiano de todo cidadão, pois incluem desde panfletos de supermercado, bulas de remédio à placas de trânsito, cartas e *e-mails*. O estudo de gêneros discursivos é assim, de extrema importância para o contexto de ensino e aprendizagem de língua portuguesa e para a formação de cidadãos leitores e escritores.

As práticas de ensino e aprendizagem que privilegiam os estudos de gêneros enfrentam o desafio de formar cidadãos que façam mais do que decifrar o código linguístico. É necessário que os alunos atuem de forma ativa na leitura e produção de textos e analisem o

1 - Docente de Língua Inglesa/Portuguesa do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Campus Uberlândia. Doutoranda em Estudos Linguísticos na Universidade Federal de Uberlândia. < cristianemanzan@iftm.edu.br >.

2 - Docente de Língua Espanhola/Portuguesa do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Campus Patrocínio. Mestre em Estudos Linguísticos pela Universidade Federal de Uberlândia. < keula@iftm.edu.br >.

3 - Discente do Ensino Médio Integrado ao curso técnico de Suporte e Manutenção em Informática do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Campus Uberlândia. < rodrigobm@gmail.com >.

contexto de produção, os gêneros, a intenção de quem produz e a interpretação de quem recebe.

Sendo assim, a proposta deste artigo é apresentar um relato de experiência realizado no âmbito de um Instituto Federal no interior de Minas Gerais. O relato parte de um projeto de iniciação científica no âmbito do ensino médio¹, o qual, a partir de uma abordagem bakhtiniana, investigou a importância dos estudos de gêneros discursivos jornalísticos no ensino e aprendizagem de língua portuguesa, bem como avaliou a importância desses gêneros para a formação de uma consciência crítica e reflexiva dos jovens. Tal projeto contribuiu ainda, para a preparação dos jovens participantes para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)². Como forma de extensão, foram realizadas oficinas de produção textual, as quais, posteriormente, culminarão na elaboração de um jornal virtual. As oficinas foram ministradas por um estudante do terceiro ano do ensino médio a alunos ingressantes no primeiro ano do ensino médio e orientadas por um professor supervisor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Marcuschi (2008), o estudo sobre os gêneros não é algo novo. O que é novidade é a perspectiva adotada para análise e compreensão desses gêneros, o que acarretou em novas formas de trabalhar o tema no âmbito escolar. Tal mudança deve-se principalmente aos estudos do filósofo da linguagem Mikhail Bakhtin (2010). Para ele, o conceito de gênero discursivo abrange todos os tipos de enunciados relativamente estáveis que os interlocutores sociais usam em suas interações verbais, sejam elas escritas ou orais.

Bakhtin (2000), ao se referir aos gêneros define-os como textos escritos ou orais que produzimos e diferenciam-se uns dos outros visto que são produzidos em condições diferentes. Apesar dessa diversidade, podemos constatar regularidades. Em situações semelhantes, escrevemos textos com características semelhantes, que podemos chamar de gêneros de textos, conhecidos e reconhecidos por todos, e que, por isso mesmo, facilitam a comunicação. Segundo o autor, a riqueza e a variedade dos gêneros do discurso são infinitas, pois a variedade virtual da atividade humana é inesgotável.

Em relação ao ensino de língua portuguesa, a adoção da concepção de gêneros textuais/discursivos torna-se indispensável, porque nos apresenta o texto como um todo comunicativo, sem negar suas especificidades nem desconectá-lo do contexto sociohistórico. Consequentemente, pressupõem-se uma nova concepção de ensino de língua, como sugere Brandão (2001, p. 40):

ensinar a língua é desenvolver a competência comunicativa do educando e, considerando o texto como uma unidade de comunicação, para nós, o aluno deve ser exposto a diferentes tipos de texto e de gêneros discursivos para apreender o que os caracteriza em suas especificidades e naquilo que os identifica.

1 Agradecemos o apoio financeiro concedido pelo CNPq para realização deste projeto.

2 Para maiores informações: <<http://enem.inep.gov.br/download.html>>.

Ainda para Brandão (2001), aproximar os alunos de textos autênticos em uma perspectiva discursiva e levá-lo a aprender a ler as estratégias discursivas com que se tecem os diferentes gêneros é formar leitores competentes e, conseqüentemente, cidadãos.

A produção dos gêneros discursivos está relacionada ao meio social, aos interlocutores sociais, às condições de produção e aos meios de circulação dos discursos. Portanto, segundo Bakhtin, produzir linguagem equivale a produzir discursos sociais, pois o discurso não é formado apenas pelo seu conteúdo linguístico, mas pela interação entre processos ideológicos, históricos e sociais. Devido ao caráter discursivo, é possível a formação de novos gêneros, como, por exemplo, os que circulam no contexto da Internet (*e-mail*, *chats*, *blogs*, *hipertextos*).

Marcuschi (2002) afirma que os textos se manifestam sempre num ou noutro gênero textual e pontua que um maior conhecimento do funcionamento dos gêneros textuais é importante tanto para a produção como para a compreensão. O trabalho com gêneros textuais em sala de aula é incentivado por órgãos do governo federal, por meio da publicação dos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais). Segundo tal publicação, o trabalho com o texto deve ser feito na base dos gêneros, sejam eles orais ou escritos. Marcuschi (2002, p. 32) chama atenção para os principais aspectos a serem considerados no trabalho com os gêneros textuais na sala de aula, quais sejam:

- a) a natureza da informação ou do conteúdo veiculado no gênero;
- b) o nível de linguagem (formal, informal, dialetal, culta, etc);
- c) o tipo de situação em que o gênero se situa (pública, privada, corriqueira, solene etc.);
- d) a relação entre os participantes (conhecidos, desconhecidos, nível social, formação etc.);
- e) a natureza dos objetivos das atividades desenvolvidas com esses gêneros.

Na seleção de textos para a sala de aula, nos PCN (1998) afirma-se que os gêneros existem em número quase ilimitado, variando em função da época, das culturas e das finalidades sociais, de modo que mesmo que a escola se impusesse a tarefa de tratar de todos não seria possível, colocando a situação da seguinte forma:

Portanto, é preciso priorizar os gêneros que merecerão abordagem mais aprofundada. Sem negar a importância dos textos que respondem a exigências das situações privadas de interlocução, em função dos compromissos de assegurar ao aluno o exercício pleno da cidadania, é preciso que as situações escolares de ensino de Língua Portuguesa priorizem os textos que caracterizem os usos públicos da linguagem. Os textos a serem selecionados são aqueles que, por suas características e usos, podem favorecer à reflexão crítica, o exercício de formas de pensamento mais elaboradas e abstratas, bem como a fruição estética dos usos artísticos da linguagem, ou seja, os mais vitais para a plena participação numa sociedade letrada (p. 24).

Os gêneros textuais baseiam-se em três dimensões: a) conteúdo temático, b) construção composicional e c) estilo. A primeira, diz respeito aos objetos do discurso. A segunda refere-se à estrutura formal propriamente dita, que, em alguns gêneros, segundo Bakhtin (2010), pode ser mais padronizada, tais como nos documentos oficiais. Por fim, a terceira contempla questões individuais de seleção e opção: vocabulário, estruturas frasais, preferências gramaticais, embora Bakhtin afirme que nem todos os gêneros refletem a individualidade, sendo os literários mais propícios para a manifestação subjetiva. Para Bakhtin (2010, p. 284): “o estilo é indissociavelmente vinculado a unidades temáticas determinadas e, o que é particularmente importante, a unidades composicionais: tipo de estruturação e de conclusão de um todo, tipo de relação entre o locutor e os outros parceiros da comunicação verbal”.

De acordo com Dias et al. (2011), ao analisarmos tais dimensões, temos de levar em consideração as condições sociohistóricas (tempo e espaço) e o conjunto de participantes que se utilizam do enunciado em questão, bem como de suas intenções. Segundo as autoras, os gêneros, sob a perspectiva bakhtiniana, são práticas sociocomunicativas construídas historicamente, influenciadas por fenômenos sociais e dependentes da situação comunicativa em que são enunciados. Isso significa que no momento da interação, oral ou escrita, recorreremos a um gênero, que, apesar de ser inerente a cada situação discursiva, revela a necessidade dos participantes envolvidos nessa situação, a vontade do enunciador, a intenção do falante, ou seja, o gênero é determinado pela esfera discursiva e está presente em toda atividade comunicativa humana, representando as formas de dizer e de se interagir em cada situação específica.

Para Rojo (2006), os gêneros textuais são configurações das práticas de linguagem existentes numa determinada sociedade, sendo assim associados a uma concepção de língua como forma de interação e intimamente relacionados ao conceito de letramento. Desse modo, desloca-se a visão corrente de ensino de Língua Portuguesa como objetivando a construção de conhecimentos e conceitos sobre a língua e a construção da capacidade de análise linguística, em favor de uma visão comunicativa ou enunciativa, em que se trata de ensinar usos da linguagem ao invés de análises da língua. Estes usos são, desde o início, qualificados como usos das duas linguagens, a oral e a escrita, na compreensão e produção de textos socialmente situados e com finalidades comunicativas, as quais ocorrem em situações de produção específicas do discurso.

Segundo Schneuwly (2004), um instrumento, no nosso caso, um gênero textual, não é eficaz senão à medida que se constroem, por parte do sujeito, os esquemas de sua utilização. É nesse sentido que Schneuwly (2004, p.28) amplia a noção de instrumentalização vygotskyana e define o gênero como um megainstrumento, ou seja, “uma configuração estabilizada de vários subsistemas semióticos (sobretudo linguísticos, mas também paralinguísticos)”, que permite ao sujeito agir eficazmente numa classe bem definida de situações de comunicação.

Ao citar o trabalho com textos envolvendo os gêneros textuais, Rojo (2009) argumenta que, embora estes sejam produções individuais, estão inseridos em esferas de utilização da língua construindo modelos relativamente estáveis que serão orientados pelo conteúdo temático, pelo estilo e pela construção composicional. A autora aponta ainda a utilidade dos gêneros para os letramentos críticos, pois os gêneros textuais configuram-se como artefatos linguísticos construídos histórica e culturalmente pelas pessoas para atingir objetivos específicos de linguagem em variadas situações comunicativas e sociais. Ensinar ao aluno a lidar com os diferentes gêneros é desenvolver as competências leitoras e escritoras que proporcionam ao sujeito letramentos críticos necessários à vivência social. Segundo a autora:

O fato de que a linguagem não ocorre em um vácuo social e que, portanto, textos orais e escritos não têm sentido em si mesmos, mas interlocutores (escritores e leitores, por exemplo) situados no mundo social com seus valores, projetos políticos, histórias e desejos constroem seus significados para agir na vida social. Os significados são contextualizados. Essa compreensão é extremamente importante no mundo altamente semiotizado da globalização, uma vez que possibilita situar os discursos a que somos expostos e recuperar sua situacionalidade social ou seu contexto de produção e interpretação: quem escreveu, com que propósito, onde foi publicado, quando, quem era o interlocutor projetado, etc. (ROJO, 2009, p.108)

Rojo (2009) aponta para as variadas exigências que o mundo contemporâneo coloca para a escola em relação aos letramentos necessários à inserção do aluno no mundo tecnológico e globalizado. Diante disso, as práticas docentes envolvendo leitura e escrita indicam a necessidade do trabalho com textos variados (de diferentes gêneros) que possam contemplar a multiplicidade de sentidos exigidos para um letramento inclusivo na sociedade do conhecimento.

Reconhecer a relação entre língua e sociedade é algo imprescindível para o estudo das questões políticas e éticas relacionadas à linguagem. Como explica Rajagopalan (2004), enquanto se conceber língua apenas como um fenômeno, um produto natural, fica difícil levar adiante qualquer discussão acerca das possíveis questões éticas dela decorrente. Nenhum texto é inocente, pois todo texto reflete um fragmento do mundo em que se vive, é político. Como postulado por Moita Lopes e Rojo (2004, p. 46):

São muitos os discursos que nos chegam e são muitas as necessidades de lidar com eles no mundo do trabalho e fora do trabalho, não só para o desempenho profissional, como também para saber fazer escolhas éticas entre discursos em competição e saber lidar com as incertezas e diferenças características de nossas sociedades atuais. Ensinar a usar e a entender como a linguagem funciona no mundo atual é tarefa crucial da escola na construção da cidadania.

O estudo dos gêneros textuais pode ser um meio de se atender a essa premissa, tendo em vista a possibilidade de se explorarem os vários efeitos de sentidos que os gêneros provocam, pois, como se sabe, o gênero estabelece uma conexão da linguagem com a vida social (FARIAS, 2013).

A atividade de produção textual pode desafiar e transformar as formas de relações entre indivíduos participantes do evento discursivo. Assim, compreende-se que, mais do que nunca, a escola deve formar cidadãos que compreendam o papel da linguagem em todas as esferas e instâncias sociais e que entendam a relação língua-discurso-ideologia, percebendo a primeira como produtora de sentidos por/para sujeitos discursivos.

A prática de leitura e produção de textos com foco nos gêneros discursivos é relevante porque, a partir dessa perspectiva, é possível desmitificar e democratizar o ato de escrever. Além disso, no trabalho com os gêneros discursivos, é possível criar oportunidades para que o sujeito possa familiariza-se com diversos gêneros discursivos ou textuais, por meio dos quais ele pode desenvolver sua capacidade crítica diante dos discursos que circulam na sociedade, expressar seus posicionamentos, opinar e interferir de forma efetiva nos acontecimentos da sociedade, exercendo sua cidadania.

A seguir, descrevemos, o contexto de pesquisa e os participantes do projeto.

3 CONTEXTO DE PESQUISA E PARTICIPANTES

O contexto de desenvolvimento desta pesquisa de iniciação científica no âmbito do ensino médio de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, localizado na zona rural de uma cidade no interior de Minas Gerais. Tal instituto foi criado em 2008. De acordo com a lei nº 11.892, sua missão é ofertar a educação profissional e tecnológica por meio do ensino, pesquisa e extensão promovendo o desenvolvimento na perspectiva de uma sociedade inclusiva e democrática. Como publicado no Diário Oficial da União (DOU) de 21 de agosto de 2009, em seu estatuto, trata-se de uma instituição de educação superior, básica e profissional, pluricurricular, multicampi e descentralizada, especializada na oferta de educação profissional e tecnológica nas diferentes modalidades de ensino, com base na conjugação de conhecimentos técnicos e tecnológicos com sua prática pedagógica. Desse modo, são ofertados cursos de ensino médio articulado ao ensino técnico (integrado ou concomitante), educação de jovens e adultos (EJA), graduação (licenciatura, bacharelado, tecnologia) e pós-graduação (*stricto sensu* e *lato sensu*). Nos cursos de graduação, é contemplada ainda a modalidade de Educação a Distância (EaD). No *campus* em questão, o instituto tem cerca de 1000 alunos.

Este projeto foi desenvolvido como pesquisa de iniciação científica do ensino médio. O pesquisador é um aluno bolsista do terceiro ano do ensino médio de 16 anos de idade, inscrito no curso de Manutenção e Suporte em Informática Integrado ao Ensino Médio, o qual tem carga horária total de 1582 horas. As oficinas de produção textual foram criadas pelo aluno sob orientação de um professor de Língua Portuguesa/Redação. Primeiramente, o aluno passou por um período de estudo e pesquisa bibliográfica sobre os

gêneros discursivos, que durou cerca de três meses. A seguir, foram elaboradas as oficinas e preparados os instrumentos necessários, o que durou cerca de dois meses. Foi também realizada a divulgação e convite à participação nas oficinas. Essas tiveram duração de um mês e meio. Foram cinco encontros de uma hora cada e aconteceram às sextas-feiras à tarde, após o período de aulas matutinas, visto que este era o único dia da semana em que os alunos não tinham aula à tarde. Nos três meses restantes de condução da pesquisa, o aluno se dedicou à confecção do relatório final e, posteriormente, à montagem de um jornal virtual com as produções dos alunos nas oficinas, o qual estará disponível para consulta em breve. As oficinas foram ministradas no primeiro semestre de 2015 e ofertadas a 30 alunos do primeiro ano do ensino médio integrado a diferentes cursos técnicos e ingressantes no instituto. Mediante o interesse expresso, esses alunos se inscreveram previamente nas oficinas, de acordo com o número de vagas ofertado.

Na próxima seção é apresentada uma breve descrição das oficinas do projeto.

4 A CONCRETIZAÇÃO DO PROJETO: OFICINAS DE PRODUÇÃO TEXTUAL

A primeira parte da pesquisa foi dedicada ao estudo dos aspectos fundamentais da linguagem e suas diferentes concepções bem como o estudo das atuais propostas de ensino-aprendizagem de produção escrita com foco nos gêneros discursivos. A partir dessa pesquisa bibliográfica, foi possível concluir que é de fundamental importância criar atividades que levem em consideração o caráter social da linguagem, criando situações de produção que privilegiem não apenas o texto em si, mas os elementos mais significativos do processo de escrita: o escritor, o leitor, o objetivo do texto, a situação em que este foi produzido e o local de circulação. Entendemos que o ato de escrever é uma forma de expor nossas práticas históricas, sociais e culturais. Por meio da escrita, o sujeito é capaz de refletir e de interferir no mundo, de ampliar sua consciência sobre si mesmo e sobre o outro, de defender pontos de vista e interagir das mais diversas formas no meio social em que está inserido. Surgiu, então, a ideia de elaboração das oficinas de produção textual.

A realização das oficinas nos permitiu uma real aproximação com o universo do aluno ingressante no ensino médio. Tendo em vista esse público - e sendo coerente com a proposta de ensino com ênfase nos gêneros textuais que valoriza o contexto de produção, a intenção do escritor e a interação entre os interlocutores - julgamos necessário incluir um novo gênero a ser discutido na oficina: a dissertação do ENEM. Percebemos, por meio de conversas informais que, para esses alunos novatos no ensino médio, o grande anseio deles era se familiarizar com a produção textual do ENEM, o qual seria um desafio novo e até então, desconhecido para eles. Constatamos ainda, por meio de breve leitura das fichas de inscrição dos alunos, as quais foram preenchidas à época de sua matrícula, que um dos principais motivos que atraem os alunos a estudar no instituto em questão é o fato de que este ocupa a primeira colocação nas notas do ENEM da cidade, dentre as escolas públicas.

Todo o estudo teórico que realizamos nos ajudou a pensar a redação do ENEM como um gênero, embora a dissertação seja entendida como uma modalidade ou tipo textual. O ENEM não especifica nenhum gênero como é feito na maioria das universidades do país, as quais permitem que o aluno escolha entre escrever cartas, resumo, artigos de opinião, editoriais, notícia, etc. Entendemos que, conforme a definição de gênero dada por Bakhtin (2010) como enunciados relativamente estáveis, e considerando as características específicas da proposta de redação exigida no ENEM, podemos afirmar que se trata de um gênero: “dissertação do ENEM”. Conforme expresso no guia dos candidatos ao ENEM³, a proposta da Redação é elaborada de forma a possibilitar que os participantes, a partir de uma situação problema e de subsídios oferecidos, realizem uma reflexão escrita sobre um tema de ordem política, social ou cultural, produzindo um texto dissertativo-argumentativo em prosa.

Com esse estudo, percebemos que os alunos do 1º ano do ensino médio se preocupam, quase sempre, apenas com a dissertação do ENEM, suas formas e conteúdos e se esquecem do quanto importantes são os outros gêneros para a formação do leitor e do escritor. A partir dessa constatação, pensamos em uma estratégia para ajudá-los a perceber a importância da leitura e produção de outros gêneros, mais especificamente alguns que circulam no meio jornalístico para o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de argumentação que são tão necessários para a produção de qualquer texto dissertativo.

Como expresso anteriormente, a oficina foi realizada em cinco encontros, nos quais os participantes tiveram contato com diversos textos motivadores de diferentes gêneros (charge, notícia, artigo de opinião e editorial) todos tratando do mesmo tema: suicídio na adolescência. Tal tema também nos serviu para discutirmos um assunto de relevância para os adolescentes, pois o índice de suicídios entre jovens, segundo um dos textos trabalhados, é alarmante. A proposta final feita para os alunos foi que, a partir da discussão e escrita sobre o tema, pudéssemos aumentar nosso conhecimento sobre o assunto, refletir sobre as razões que levam ao suicídio e principalmente que apontássemos alternativas para tentar solucionar esse problema, postura que também é cobrada na dissertação do ENEM. Deixamos os participantes discutirem os aspectos estruturais, o conteúdo e o tema e a princípio não comunicamos aos alunos a que gênero pertencia cada texto, apenas permitimos que eles lessem e tirarem suas conclusões.

No primeiro encontro, apresentamos tirinhas e charges para introduzir o tema “Suicídio na adolescência”. Após o debate, apresentamos uma proposta de como

³ Para maiores informações: < http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/edital/2015/edital_enem_2015.pdf >.

fazer uma dissertação utilizando um dos esquemas propostos por Branca Granatic (2011). Em seu livro *Técnicas Básicas de Redação*, a autora sugere um esquema básico a partir do qual podemos desenvolver um texto dissertativo que se estrutura da seguinte maneira:

- 1º parágrafo: apresentação do tema + argumento 1 + argumento 2 + argumento 3.
- 2º parágrafo: desenvolvimento do argumento 1.
- 3º parágrafo: desenvolvimento do argumento 2.
- 4º parágrafo: desenvolvimento do argumento 3.
- 5º parágrafo: expressão inicial + reafirmação do tema + observação final.

Desse modo, segundo o esquema de Branca Granatic, a introdução deve conter o tema que será discutido e apresentar a postura assumida pelo escritor com relação ao assunto tratado. Além disso, o primeiro parágrafo também deve indicar de forma embrionária, os argumentos que serão discutidos para defender tal posicionamento. A seguir, o exemplo de introdução citado por Granatic (2011, p. 24):

Chegando ao terceiro milênio, o homem ainda não conseguiu resolver graves
Tema
problemas que preocupam a todos, pois existem populações imersas em completa
Argumento 1
miséria, a paz é interrompida frequentemente por conflitos internacionais e, além do
Argumento 2
mais, o meio ambiente encontra-se ameaçado por sério desequilíbrio ecológico.
Argumento 3

Figura 1 - Exemplo de parágrafo de introdução ⁴

Segundo o esquema, cada argumento deverá ser discutido e expandido nos parágrafos seguintes. A conclusão deve conter uma reafirmação do tema e da ideia defendida no texto além de apresentar possíveis soluções para o problema discutido.

Depois de apresentar o esquema de Branca Granatic para os alunos, nos detivemos em como elaborar a introdução, enfatizando que o que a autora chama de tema é a tese, ou seja, uma ideia a ser defendida, uma proposição que alguém expõe com o objetivo de discuti-la ou defendê-la. Em seguida, fizemos juntos algumas introduções e logo propusemos aos alunos que fizessem uma introdução sobre o tema “Suicídio na adolescência”. Explicamos que naquele momento seria realizada apenas a introdução e que o restante da dissertação seria construída ao longo dos próximos encontros.

No segundo encontro, foram apresentados editoriais e artigos de opinião sobre o mesmo tema para que os participantes pudessem aprofundar seus conhecimentos sobre o que seria discutido e, assim, ampliar os argumentos da dissertação. Depois do novo debate com novos pontos de vista, recordamos o esquema de Granatic (2011) para construção do desenvolvimento. Para a autora, a escolha dos argumentos deve ser bem fundamentada em uma reflexão sobre o tema e a tese central que gostaríamos de explorar no texto. Devemos elaborar a tese e nos perguntar: por quê? A autora sugere que façamos

⁴ Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

uma reflexão e pensemos em duas ou três respostas para o problema explicitado na ideia tese e, assim, teríamos as razões que justificam a afirmação que foi feita na tese. Tais respostas seriam os argumentos que seriam apresentados sucintamente na introdução e discutidos mais profundamente no desenvolvimento. Em cada parágrafo do desenvolvimento seria explorada uma resposta. Para manter a coesão, a coerência e a progressão das ideias do texto, Granatic sugere alguns conectivos apropriados para iniciar o segundo e terceiro parágrafos do desenvolvimento como “Além disso”, “Outro fator importante é”.

Ainda nesse segundo encontro, tomamos o cuidado de frisar a importância de dois aspectos importantes apontados por Granatic (op. cit.): a estreita relação entre os argumentos escolhidos e a afirmação tese bem como a utilização de recursos coesivos para unir frases e parágrafos. Tal cuidado é importante para que o texto não se transforme em um amontoado de frases soltas e ideias desconexas. Além disso, os argumentos devem ser consistentes e fundamentados com fatos, explicações, exemplos, dados estatísticos, etc. Após retomar tais características do esquema de Granatic (op. cit.), propusemos que os alunos desenvolvessem os argumentos, dando continuidade à dissertação que haviam iniciado no primeiro encontro.

No terceiro encontro, foram discutidas algumas notícias sobre o tema suicídio. Após o novo debate, sugerimos uma forma de conclusão de acordo com o método proposto por Granatic (2011) no qual ela sugere, primeiro, uma expressão inicial própria para conclusões como “Em virtude do que foi mencionado,” ou “Levando-se em conta o que foi observado,”. Em seguida o texto deve fazer uma reafirmação da ideia tese para reforçar a opinião do escritor. Depois, a conclusão deve apontar o que a autora chama de “observação final” que indica a posição final do autor sobre tudo que foi discutido anteriormente. Como estamos tratando de desenvolver uma dissertação dentro daquilo que é solicitado no ENEM, pedimos que essa “observação final” contivesse possíveis soluções para o problema discutido.

Assim, no terceiro encontro, nos dedicamos à elaboração da conclusão da redação iniciada no primeiro encontro. Essas produções textuais foram corrigidas pelo ministrante das oficinas, que fez comentários e sugestões nos textos, com o intuito de levar os alunos a refletirem sobre o que haviam escrito. Na sequência, o professor supervisor conferiu essas produções textuais.

No quarto encontro, conversamos sobre as produções textuais que os alunos fizeram, apontamos os principais erros, os pontos a serem melhorados e aqueles nos quais eles obtiveram um bom desempenho, utilizando as próprias produções textuais dos alunos como exemplo. Ocorreu a devolução das produções textuais, para que os alunos pudessem ter a oportunidade de uma primeira reescrita. Os alunos observaram os comentários tecidos em seus textos e aproveitaram para tirar dúvidas com o ministrante do encontro. Além disso, puderam comentar e observar as produções textuais dos colegas a fim de trocar experiências. Na ocasião, foram apresentados aos alunos, as competências expressas na matriz de referência para redação do ENEM e níveis

de conhecimento associados. Como exposto no guia do candidato ao exame, são cinco as competências avaliadas: 1) Demonstrar domínio da modalidade escrita formal da língua portuguesa; 2) Compreender a proposta de redação e aplicar conceitos das várias áreas de conhecimento para desenvolver o tema, dentro dos limites estruturais do texto dissertativo-argumentativo em prosa; 3) Selecionar, relacionar, organizar e interpretar informações, fatos, opiniões e argumentos em defesa de um ponto de vista; 4) Demonstrar conhecimento dos mecanismos linguísticos necessários para a construção da argumentação; 5) Elaborar proposta de intervenção para o problema abordado, respeitando os direitos humanos. Explicamos aos alunos ainda, como ocorre a correção e o processo de atribuição de notas na produção textual do ENEM.

No quinto e último encontro, fizemos a reavaliação das redações finais e conversamos sobre as mesmas. Depois, como proposta do projeto, conversamos com os alunos sobre os diferentes textos motivadores que entregamos para que eles fizessem a redação final. Explicamos que cada texto era de um gênero diferente, e perguntamos se haviam notado. Como resposta, obtivemos que eles notaram os diferentes gêneros trabalhados, mas que não haviam se dado conta, no momento da escrita, do quanto eles foram importantes no processo de produção dos textos. Desse modo, retomamos o debate focalizando a importância dos gêneros discursivos trabalhados, apontando suas especificidades, analisando o contexto e os interlocutores que interagem em cada um deles e discutindo a estrutura que cada um possui. Discutimos como os alunos se identificavam com cada gênero textual e como eles discerniam cada um. Criamos um espaço para que eles se envolvessem com os textos, interpretando-os e buscando as ideias contidas em cada um.

Ao darmos destaque aos gêneros discutidos no decorrer dos encontros e a maneira diferente como cada um abordava o mesmo tema, os participantes notaram o quanto seus próprios argumentos se desenvolveram a partir do que era discutido. Percebemos que muitos alunos mudaram de opinião no decorrer dos encontros e precisaram reescrever seus textos a partir da introdução, selecionando novos argumentos ou reelaborando a ideia tese. Isso mostra o quanto a leitura de diferentes gêneros é importante para o desenvolvimento do pensamento crítico e para a formação de um cidadão consciente e ativo com relação aos problemas que ocorrem na sociedade.

A partir dessa proposta, fizemos com que os alunos entendessem como cada um dos textos demonstravam suas ideias, argumentando que cada um deles tinham um formato e uma forma de defender um ponto de vista, de informar parcialmente ou imparcialmente o leitor. Fazendo isso, os participantes entenderam a relevância de cada um dos gêneros e o porquê da existência de tantos: cada situação necessita de uma linguagem diferente, de um modo diferente de abordagem sobre um assunto, considerando lugar, tempo e espaço no qual escritor e leitor estão para cada texto.

O próximo passo, ainda em execução, é utilizar as produções textuais por eles criadas durante as oficinas, para que possamos proceder à criação de um jornal virtual para circulação no âmbito da comunidade escolar

do instituto. Para tanto, os alunos assinaram um termo de compromisso no qual autorizaram que seus textos fossem parte desse jornal virtual.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho, percebemos o quanto é importante colocar em prática o estudo dos gêneros de uma forma que considere sua relevância para o universo do estudante e suas formas interação com a sociedade. Observamos que em alguns casos, os processos seletivos para ingresso nas universidades muitas vezes ditam os rumos do modelo de ensino-aprendizagem de produção textual e não o contrário. Por exemplo, a ansiedade dos alunos em aprender como escrever uma dissertação do ENEM pode deixá-los resistentes ao estudo de outros gêneros por não compreenderem como todos eles são importantes e fazem parte do nosso processo de comunicação. Nós nos comunicamos por meio dos gêneros orais ou escritos: entrevista de trabalho, *e-mail*, carta de reclamação, bilhete, artigo de opinião, notícia, reportagem, debate, agenda cultural, resumo etc. Por meio deles é possível desenvolver um processo de ensino-aprendizagem que possua uma dimensão social e funcional, ou seja, escrever o quê, para quê e para quem. Os gêneros discursivos analisados durante a oficina são também textos de caráter público e torná-los objeto de estudo permitiu que os alunos refletissem e argumentassem criticamente a respeito da influência que a mídia desempenha na formação da opinião pública. Assim, é importante incorporar outros gêneros no ensino de produção textual e associá-los, na medida do possível, ao texto dissertativo exigido no ENEM de forma a atender suas expectativas. Concluímos que trabalhar nessa perspectiva é fundamental para atribuir sentido ao processo de escrita tornando-o mais significativo, produtivo e atraente, pois por meio dele o aluno pode produzir conhecimento, desenvolver sua capacidade crítica, interagir com os outros no trabalho, na escola e em qualquer outro contexto de comunicação. Acreditamos que este projeto contribuiu para a formação do aluno, enquanto jovem pesquisador e ampliou suas capacidades no manuseio de textos. Além disso, cremos que este projeto pode propiciar aos alunos do primeiro ano no ensino médio um contato mais aprofundado e colaborativo com os gêneros discursivos, em especialmente, o que é esperado no ENEM, o que certamente será de grande valia para eles futuramente. Por fim, destacamos a interação e colaboração dos alunos: um aluno mais experiente auxiliando alunos menos experientes.

REFERÊNCIAS

BAKHTIN, M. O discurso no romance. In: **Questões de literatura e de estética: teoria do romance**. Trad. Aurora F. Bernardini et al. 6 ed. São Paulo: Hucitec, 2010.

_____. Os gêneros do discurso. In: _____. **Estética da criação verbal**. Tradução de Maria Ermantina Galvão; revisão da tradução Marina Appenzeller. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000, p. 277-326.

BRANDÃO, H. M. Texto, gêneros do discurso e ensino. In: _____. (org.). **Gêneros do discurso na escola: mito, conto, cordel, discurso político, divulgação científica**. 2 ed. São Paulo: Cortez, 2001.

GRANATIC, B. **Técnicas Básicas de Redação**. 4 ed. São Paulo: Editora Scipione. 2011.

DIAS, E. et al. Gêneros textuais e(ou) gêneros discursivos: uma questão de nomenclatura? **Revista Interações**, n. 11, p. 142-155, 2011.

FARIAS, S. A. L. S. **Gêneros textuais em livros didáticos: uma análise de duas coleções do ensino médio**. 2013. Dissertação (Mestrado em Letras) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

MARCUSCHI, L.A. **Produção textual, análise de gêneros e compreensão**. São Paulo: Parábola Editorial, 2008.

_____. Gêneros textuais: definição e funcionalidade. In: DIONÍSIO, A. P. et al. (Org.). **Gêneros textuais e ensino**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS. **Ensino Fundamental: Língua Portuguesa**. Brasília. MEC/SEF. 1998.

RAJAGOPALAN, K. **Por uma linguística crítica: linguagem, identidade e a questão ética**. 2.ed. São Paulo: Parábola, 2004.

ROJO, R.; MOITA LOPES, L. P. Linguagem, códigos e suas tecnologias. In: BRASIL/DPEM. **Orientações curriculares do ensino médio**. Brasília, DF: MEC/SEB/DPEM, 2004.

_____. Letramento e diversidade textual. In: CARVALHO, M. A. F. de; MENDONÇA, R. H. (Orgs.). **Práticas de leitura e escrita**. Brasília: Ministério da Educação, 2006.

_____. **Letramento/Letramentos: Escola e Inclusão Digital**. São Paulo: Parábola, 2009.

SCHNEUWLY, B.; DOLZ, J. (Orgs.). **Gêneros orais e escritos na escola**. São Paulo: Mercado das Letras, 2004.

A NEW APPROACH FOR REAL-TIME FAULT DIAGNOSIS IN INDUCTION MOTORS BASED ON A DIGITAL SIGNAL PROCESSOR EMBEDDED IN FPGA

Cesar da Costa ¹
Mauro Hugo Mathias ²

Data de entrega dos originais à redação em: 24/11/2014
e recebido para diagramação em: 19/05/2016.

This paper proposes a new approach for the design of a real-time vibration measurement and analysis instrument based on a digital signal processor embedded in a field-programmable gate array (FPGA). Circuit architecture mapped from a MATLAB/SIMULINK model is the main idea in this new approach. Signal processing algorithms, such as FIR filters, fast Fourier transform, and the high-frequency resonance technique, are implemented in hardware embedded in the FPGA using a system generator toolbox. This automatically translates the MATLAB/SIMULINK model into a hardware description language, VHDL. Special focus is dedicated to the area of fault detection in rolling bearings.

Keywords: Rotating Electrical Machine. Fault. Condition Monitoring. Diagnostic. Vibration. Digital Signal Processing.

1 INTRODUCTION

Machine vibration analysis has become an important tool for the identification of machine faults. Large electromechanical systems are often equipped with sensors of mechanical quantities. In many situations, vibration monitoring methods are used to detect the presence of incipient failures, and it has been proposed that stator current monitoring can provide the same indications without requiring access to the motor [1]. In this context, various sensors can be used to collect measurements from a rotating machine for the purpose of condition monitoring. These sensors can measure stator voltages and currents, air-gap and external magnetic flux densities, rotor position and speed, output torque, internal and external temperature, and case vibrations, among others. A real-time vibration measurement and analysis instrument can monitor a variety of possible failures. For the purpose of detecting such fault-related signals, many diagnostic methods have been developed. These methods to identify faults in rotating machines may involve several different types of fields of science and technology [2, 3].

According Benbouzid [1] and Sadoughi et al. [2] analysis can be divided into two types: in the time domain and in the frequency domain. Frequency domain analysis can give more detailed information about the status of the machine. Time domain analysis can give qualitative information about the machine condition. Traditionally, fast Fourier transform (FFT) was used to perform frequency domain analysis.

Al Kazzas et al. [4] investigated induction machine condition monitoring and fault diagnosis using digital signal processing techniques. Different methodologies based on vibration spectral analysis have been proposed using fast Fourier transform (FFT) [5], [6], and [7]. In the last decade, real-time vibration measurement and analysis instruments have become one of the important tools for machine fault identification [8], [9]. Historically, vibration monitoring

techniques have been widely used for the diagnosis of faults in induction motors, but, as reported by Lebaroud et al. [15], electrical detection methods have been preferred in recent years. Nevertheless, all of the presently available techniques require the user to have some degree of expertise to distinguish a normal operating condition from a potential failure mode. This happens because the monitored spectral components can result from a number of sources, including those related to normal operating conditions [6], [7].

Embedded systems have grown tremendously in recent years, not only in their popularity but also in their complexity. The modelling of instrumentation systems requires the use of a set of tools to obtain a simulation of physical systems. For design engineers, these tools should enable the design of a simplified physical model, as close as possible to the real model, allowing its implementation in real time and within the required levels of accuracy [7], [9] and [11]. This complexity increases the demands on the system developer that must work in the hardware design as well as in the software design.

FPGAs offer ample quantities of logic and register resources that can easily be adapted to support the fine-grained parallelism of many pipelined digital signal processing applications. With current logic capacities exceeding one million gates per device, substantial logic functionality can be implemented on each programmable device [6], [8].

This paper presents a new approach to the development of a real-time vibration measurement instrument that uses the analysis of vibration signals to enhance detectability for mechanically unloaded operating conditions of the rotating machine that other isolated techniques are unable to detect. Special purpose digital signal processing (DSP) hardware, implemented into a FPGA, is developed to provide on-line detection, measurement, and analysis that do not require the diagnosis of a highly trained expert technician to estimate the motor condition [6], [7].

1 - Faculty of Engineering, Department of Mechanical - UNESP - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho Guaratingueta, São Paulo, Brasil. <cost036@hotmail.com>.

2 - Faculty of Engineering, Department of Mechanical - UNESP - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho Guaratingueta, São Paulo, Brasil. <mathias@feg.unesp.br>.

MATLAB/SIMULINK was used for prototyping the digital signal processing application in terms of functional blocks, and the respective simulation. The DSP Builder software tool was used within SIMULINK to support the design and direct compilation of the digital signal processing routines to the FPGA [7], [8], [11] and [12].

2 MODELING THE INSTRUMENT FOR VIBRATION MEASUREMENT AND ANALYSIS

The development of an instrument for vibration measurement and analysis for the identification of machine faults is described. In the first stage, the overall measurement and analysis system model was developed in MALAB and its SIMULINK toolbox. In the second stage, the model of the analysis algorithms was modeled in DSP Builder software and converted to VHDL code. The design was captured and presented in a way that allows the VHDL code to be generated automatically [6, 7].

SIMULINK is a dynamic system and simulation software that offers an interactive scientific and engineering environment for system modeling, analysis, and simulation [9]. This environment is useful for the rapid implementation of a digital signal processing application in terms of functional blocks, and provides high-level simulation capabilities. A functional block is a basic structure that can represent a function or a specialized system, with well-defined input and output ports and customized parameters. In this paper, the focus is centered on the implementation and testing of algorithms using block diagrams for data flow modeling for an instrument for vibration measurement and analysis. SIMULINK uses a set of libraries for signal processing to represent dynamic systems [9, 10]. The standard block library is organized into several subsystems, i.e., grouping blocks, according to their behavior. In practice, the system developer must map the behavior of electronic hardware to symbolic representation in SIMULINK. The next subsections present the SIMULINK model of vibration measurements and analysis instrument.

a) Data acquisition and filter model

The sensor used for the data acquisition of motor vibration was the accelerometer B&K, model 4371, with sensitivity of 9.77 pC/g, mounted on the motor structure. The output vibration signal from

the accelerometer was amplified and conditioned by an instrument model 133 from Endevco. The output signal conditioner was connected to the input of a data acquisition board, model NI USB-9234 from National Instruments with four analog input channels, a 24-bit resolution and a maximum acquisition rate of 51.2 kS/s.

The data acquisition and filter model consisted of one analog input block to drive the signal sensor, a subsystem of linear scaling of the signal, a low-pass 6th order Butterworth filter with a cut-off frequency of 12 kHz, and a subsystem of high pass filters. The filters are used for two purposes: to attenuate the noise and undesired frequency components and to separate some individual frequencies or band of frequencies for their relation with the machine faults [7, 4]. The model display produces a time domain graphic of amplitude versus time of the input signal. Figure 1 shows the functional block representing the data acquisition and filter model.

b) Time domain analysis model

The simplest approach in the time domain is to measure the overall root-mean-square (RMS) value, peak value, and crest factor (ratio of peak value to RMS value) of the vibration signal. Some statistical parameters of the vibration signal, such as probability density function and kurtosis, have been proposed for bearing defect detection [4]. The probability density function of the acceleration of a bearing in good condition has a Gaussian distribution; for a damaged bearing it has a non-Gaussian distribution with dominant tails because of a relative increase in the number of high levels of acceleration [13]. Instead of studying the probability density curves, it is often more informative to examine the statistical moments of the data. The first and second moments are well known, as they are the mean value and the variance, respectively. The third moment, normalized with respect to the cube of standard deviation, is known as the coefficient of skewness. The fourth moment, normalized with respect to the fourth power of standard deviation, is quite useful and is called kurtosis [13]. The time domain analysis model consists of one subsystem of time domain analysis block and a multipoint switch. Signal analysis is used to extract some useful features of the signal, i.e., RMS value, peak value, crest factor, and kurtosis. The numeric display of the model shows the value

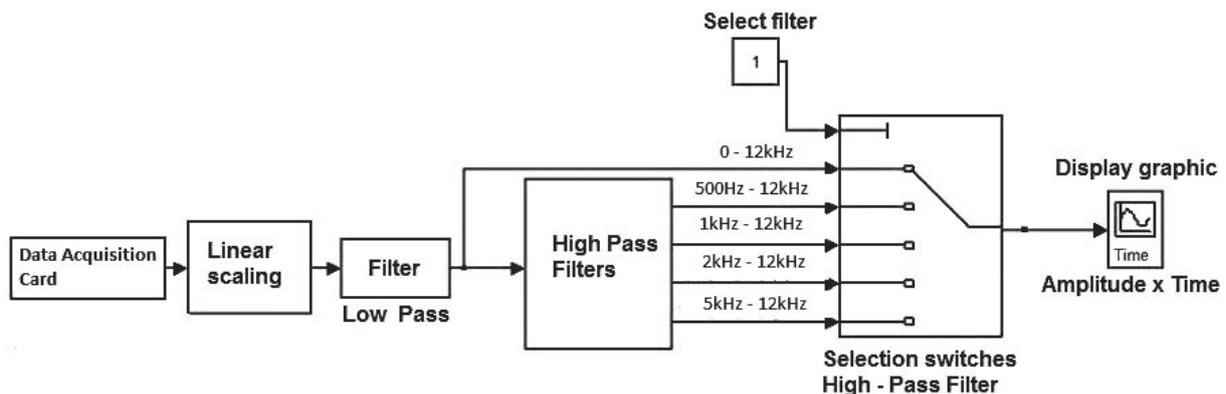


Figure 1 - Schematic diagram of the data acquisition and filter model

of the variable selected by the multiport switch. Figure 2 shows a functional block representing the time domain analysis model.

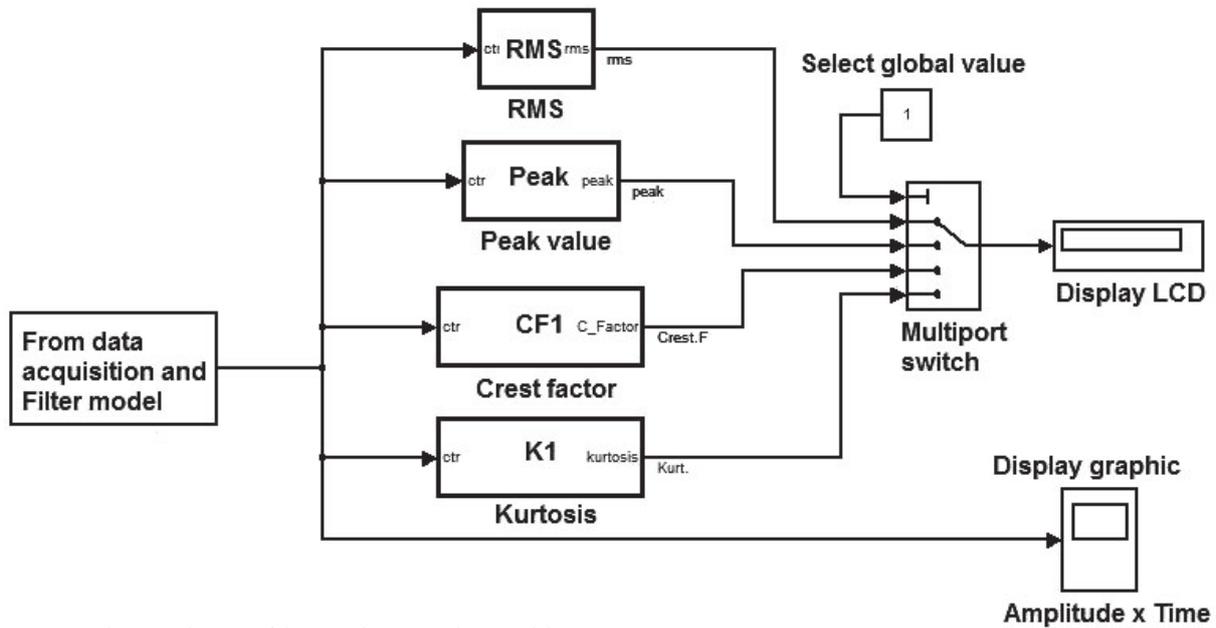


Figure 2 - Schematic diagram of the time domain analysis model

Figure 3 shows the vibration signal in the time domain. Figure 3(a) corresponds to a motor without fault while Figure 3(b) corresponds to a motor with bearing fault. Both graphics were obtained with the model implemented in Figure 2. Note that, in the time domain, information about failures is not detailed in the graphics. For more information on time domain analysis a new vibration severity measurement model is needed.

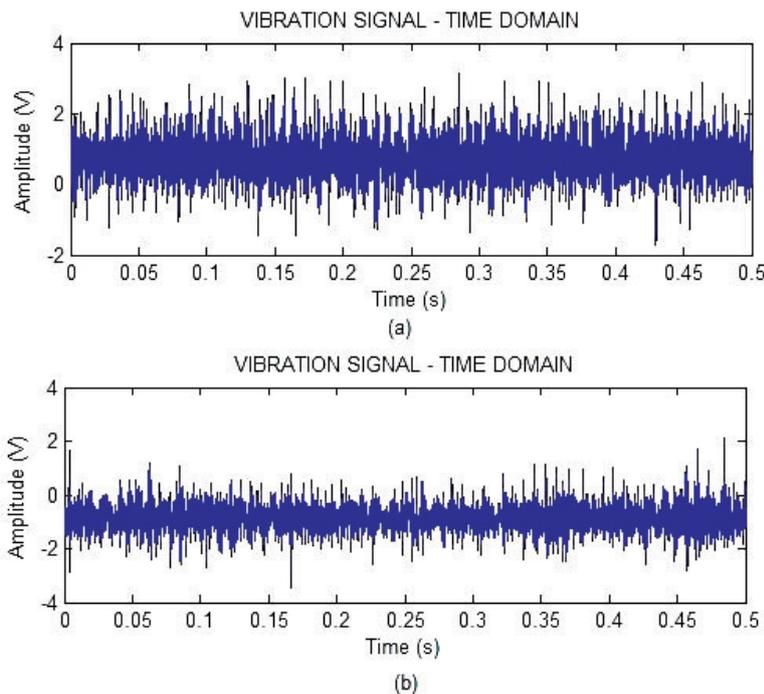


Figure 3 - Vibration signal in the time domain. Motor without fault (a) and motor with bearing fault (b)

c) Vibration Severity Measurement Model

Local defects can be detected in the time domain by displaying the vibration severity alarm due to the overall RMS level specified by vibration severity ISO 10816 -1 (former ISO 2372) [14]. A common procedure for monitoring the imbalance of rotating machines is the measurement of the RMS value of vibration, or the so-called vibration severity, which is a measurement of the energy of the emitted vibration [5]. The vibration severity is related to machine power class and running speeds.

There are four power classes according to machine sizes and power ratings [14].

The vibration severity measurement model consists of one subsystem of vibration severity measurement block and four displays of machine status. Signal analysis is used to extract vibration severity measurement as specified by ISO Standard 10816-1, class I, and small machines. The model uses a routine developed in MATLAB that determinates the symptoms of machine status: good, satisfactory, unsatisfactory, and unacceptable [4, 5].

d) Critical Alarms Model

Large values of kurtosis indicate large peak values in the vibration signal. Different defects in a bearing produce high peak impulses, which have high frequency components. The RMS value and kurtosis, peak value, and crest factor are good indicators to distinguish between healthy and defective bearings, but none of them determines the type of fault [13]. For an undamaged bearing

with Gaussian distribution in the vibration signal, the kurtosis value is close to 3. A value higher than 3 is critical and is judged by itself to be an indication of impending failure and no prior history is required. In the same way, peak values in the time series signal will result in an increase in the crest factor value. For normal operations, the peak value can be between 3.8 mm/s and 15 mm/s and the crest factor between 2 and 6. A peak value above 15 mm/s and crest factor above 6 are critical and associated with machinery problems [13]. The critical alarms model consists of one subsystem of critical alarms block and three displays for alarms status. The model display shows the critical alarm when the value peak is larger than 15 mm/s, crest factor is larger than 6, and kurtosis is larger than 3.

e) Frequency Domain Analysis Model

Frequency domain or spectral analysis of the vibration signal is perhaps the most widely used approach in machine fault identification. The use of FFT analysis makes the job of obtaining narrowband spectra more efficient [4, 13]. Both low- and high-frequency ranges of the vibration spectrum are of interest in assessing the

condition of the machine. RMS measurements in specific bands of frequency are used to derive an initial estimative about the status of the machine. The RMS value of these bands is used to specify the degree and the origin of the faults by comparing them with the corresponding RMS values in the bands of the reference spectrum and the knowhow of where each type of fault causes an increase in the RMS value [4]. From the literature and experimental observations, four frequency bands are selected to cover the vibration harmonics of mechanical and electromagnetic origin [4, 5, 15, and 13]. The frequency domain analysis model consists of normalization block, low pass filter block, and the FFT calculation block. The FFT is implemented in MATLAB. The model display produces a graph of amplitude versus frequency of the band frequency of the input signal. Figure 4 shows a functional block representing the frequency domain analysis model.

Figure 5 shows the vibration signal in the frequency domain. Figure 5(a) shows the vibration signal spectrum of a motor without fault while Figure 5(b) shows the equivalent for a motor with bearing fault. Both spectrums were obtained with the model implemented in Figure 4. To compare the overall level of vibration, the area under the curve was analyzed. The greater this area, the larger the global level of vibration will be. A comparison of Figure 5(a) and Figure 5(b) shows an overall vibration level higher in Figure 5(b), but no condition to identify what caused this increase in energy.

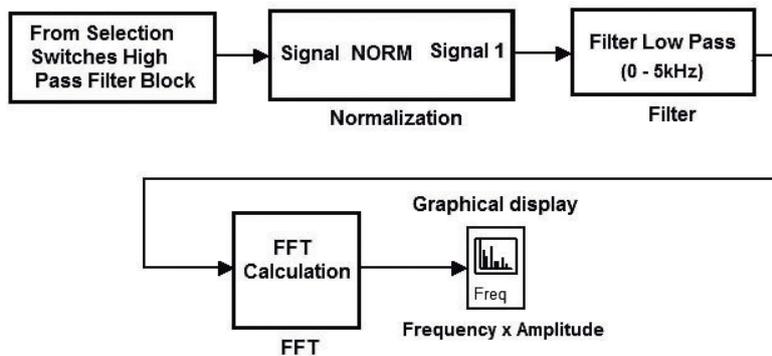


Figure 4 - Schematic diagram of the frequency domain analysis model

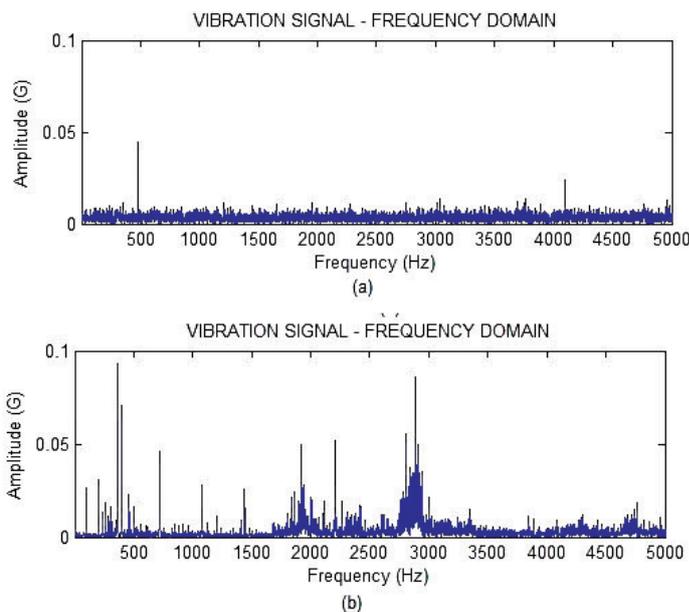


Figure 5 - Vibration signal in the frequency domain. Motor without fault (a) and motor with bearing fault (b)

3 APPLICATION TO ROLLING BEARINGS FAULTS

This section presents a case study to highlight the proposed design flow. The common faults of rolling bearings include corrosion in inner race, outer race and rolling elements, fatigue pitting, and cage damage. Any fault of inner race, outer race, and rolling elements will cause a modulation phenomenon. If there is a fault in either inner or outer race or rolling elements, mechanical impulses with higher amplitudes will occur while the shaft is rotating. These impulses will change the natural frequency of inner, outer race, and rolling elements [16, 17]. Each type of failure produces its own characteristic frequencies; these frequencies are related to the geometry of the bearing, the shaft speed, and location of the fault.

a) Geometry

For a particular bearing geometry, the inner race, outer race, and rolling element faults generate vibration spectra with unique frequency components. These frequencies, known as the fault frequencies, are functions of the running speed of the motor and the pitch diameter to ball diameter ratio of the bearing. Outer and inner race frequencies are also linear functions on the number of balls in the bearing. Given the geometry of the bearing

shown in Figure 6, Table 1 presents the four characteristic frequencies for an angular contact ball bearing in which the inner race rotates and the outer race is stationary. When the outer race is fixed, f_i is the rotation frequency of the shaft, D is the pitch diameter, d is the ball diameter, α is the contact angle, and Z is the number of balls. It is assumed that the contact between balls and inner race and outer race is a pure rolling contact [18].

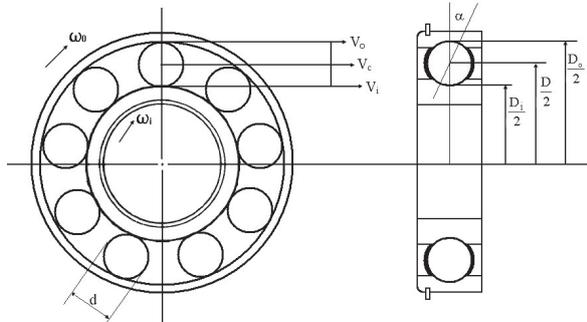


Figure 6 - Ball bearing geometry

Table 1 - Characteristic fault frequencies

Fault frequency of inner race	$f_{bi} = f_i \times \frac{Z}{2} \left(1 + \frac{d}{D} \cos \alpha \right)$
Fault frequency of outer race	$f_{bo} = f_i \times \frac{Z}{2} \left(1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right)$
Fault frequency of rolling elements	$f_{bs} = f_i \times \frac{D}{2d} \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \cos^2 \alpha \right]$
Fault frequency of cage	$f_c = f_i \times \frac{1}{2} \left(1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right)$

b) Faults Identification Approaches

Some works have used higher-order spectra to detect the fault frequency from modulated frequencies [16, 17]. This approach is useful when there is a simple modulation. However, in complex modulations it is hard to get a good result with this method. Thus, a virtual instrument system consisting of three stages is proposed: (i) 1st stage: the resonance frequencies characteristic of bearing failures, calculated theoretically; (ii) 2nd stage: analysis of the time domain to measurement the RMS value, peak value, crest factor, and kurtosis; (iii) 3rd stage: analysis of high-frequency resonance (the envelope technique - high-frequency resonance technique, or HFRT) in the frequency domain to identify the frequency of failures (peak values of the spectrum). Figure 7 shows the graphical representation of the virtual instrument system implemented [8].

In the first stage, the theoretical fault frequencies are calculated using the geometric data of the rolling bearing. In the analysis in the time domain (second stage) a computer routine measures parameters that demonstrate the existence of faults in rolling bearings, such as RMS value, peak value, crest factor, and kurtosis.

The interaction of the defect in the rolling element bearings produces pulses of very short duration, whereas the defect strikes the rotation motion of the system. The pulses excite the natural frequency of the bearing

elements, resulting in the increase in the vibration energy at these high frequencies. The fault frequencies can be calculated theoretically. Each bearing element has a characteristic rotational frequency. With a defect on a particular bearing element, an increase in the vibration energy at this element rotational frequency may occur [19, 20, 21]. This defect frequency can be calculated from the geometry of the bearing and element rotational speed. By using HFRT, or the envelope technique, these frequencies can be isolated and demodulated to give an indication of bearing condition [19, 20, 21]. The envelope detection process is the heart of the HFRT diagnostic system. An accelerometer signal entering the envelope detector may be either attenuated or pre-amplified. The resulting signal is then sent through a band pass filter set for an appropriate carrier frequency. The filtered signal is then rectified and demodulated to extract the envelope of the modulated carrier frequency signal. This envelope is then analyzed for frequency content using a real-time frequency spectrum analyzer. The amplitude of the defect frequencies can be used to diagnose the condition of the rolling element bearing. In this work the five largest amplitude peaks of the spectrum to locate the frequency of fault (third stage)

were identified. The experimental procedure was performed so that the virtual instrumentation system acquired data at a frequency of 10 kHz, during 4 seconds, comprising a total of 40000 samples for processing and analysis by the developed computer routines. Bearing model NSK 6205 was used to test, with previously known faults. The bearings were classified by the manufacturer according to the location of the fault (inner and outer race). Table 2 shows the geometric data of the NSK 6205 bearing used for the theoretical calculations of the frequency characteristics of bearing failures [8].

Table 2 - Geometrical parameters of the NSK 6205

Geometrical Parameters	Value
Number of balls	9
Ball diameter	7.96 mm
Inner raceway diameter	31.04 mm
Outer raceway diameter	46.72 mm

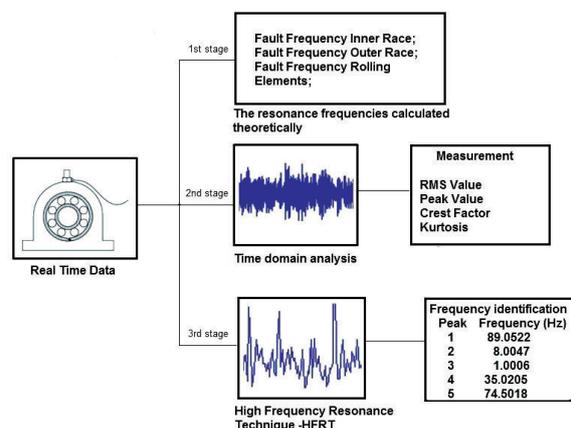


Figure 7 - Schematic diagram of the virtual instrument system

c) Prototype Setup

A laboratory setup was prepared to examine the theoretical results, which focused on the development and testing of algorithms and methods suitable for on-line detection of rolling bearing faults identification. A test bench was created to provide a representative model of a real situation where the bearing could be mounted in its housing and the active forces and velocities were similar to those found in actual situations of the industrial environment. The vibration sensor was an accelerometer with a bandwidth of more than 10 kHz. Figure 8 shows the setup of the test environment used for the development of computational algorithms for virtual instrumentation. Basically, it consists of a computer, a data acquisition board, an amplifier and signal conditioner, an accelerometer, and a three-phase induction motor.



Figure 8 - Setup for bearing and related motor

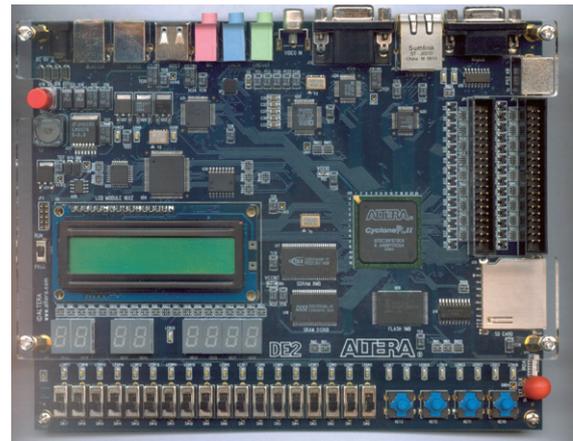


Figure 9 - Altera DE2 Board

In this case study, an Altera DE2 board, represented in Figure 9, was used. The relevant features on the board are (i) SRAM with 512 kbytes, (ii) flash memory with 4 Mbytes, and (iii) 2 Mbits of block RAMs in the FPGA.

After the graphic model is verified without error in the MATLAB/SIMULINK software, the DSP Builder software is operated to transform the model into VHDL language. The designed model files are analyzed and the model files are then transformed into general hardware description language files for the selection of chip type and clock cycle. After the hardware description files based on register transfer level (RTL) are acquired, the DSP Builder software will automatically complete integration, adaptation, and timing analysis. Finally, the files for download to the FPGA are generated. The working condition of actual circuit is consistent with the simulation results, reaching the design requirements.

d) Implementation of Virtual Instrument System Embedded in FPGA Hardware

The libraries of the functional blocks of the SIMULINK/DSP Builder software allowed the construction of the basic structure of the functional virtual instrumentation system. Figure 7 shows how this was divided into three stages.

A general purpose FPGA with an embedded soft-processor was chosen to maintain the reconfigurable fabric uncommitted for any particular function, thus opening room for the evaluation with different heterogeneous implementations. In addition, the fast reconfiguration feature of FPGAs may also be used to select among different digital systems according to the special requirements of a given task. The FPGA core board is the most important component of the embedded

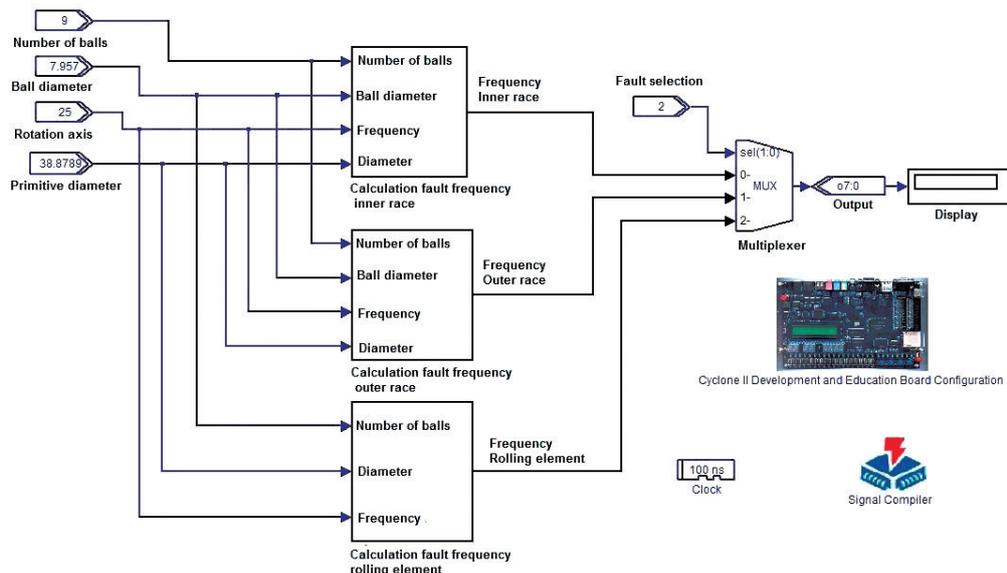


Figure 10 - Block diagram of 1st stage of instrument modeled in SIMULINK/DSP Builder

Figure 11 shows the block diagram of the second stage of the instrument modeled in the SIMULINK/DSP Builder software. The model consists of (i) calculation of the root mean square (RMS) value, (ii) calculation of the peak value, (iii) calculation of the crest factor, and (iv) calculation of the kurtosis. The numeric display shows a global value of the variable selected by the multiplexer block.

Table 3 - Characteristic frequencies of bearing failures

Fault frequency (Hz)	Fundamental	2 nd harmonic	3 rd harmonic
Inner race	135.40	270.80	406.20
Outer race	89.60	179.20	268.80
Rolling element	58.87	117.74	176.61

in the second stage of the instrument embedded in the FPGA, with a fault bearing inner race.

Figure 12 shows the block diagram of the third stage of the instrument modelled in the SIMULINK/DSP Builder software. The model consists of (i) normalization of the signal of vibration block, (ii) low pass filter block, (iii) the HFRT block, and (iv) the scope block that indicates the five largest amplitude peaks of the spectrum to locate the frequency of bearing fault.

f) Experimental Results

Table 3 shows the fault frequencies and harmonics calculate by the first stage of the instrument embedded in the FPGA, considering the rotation axis as 25 Hz (1500 rpm) and the geometric parameters of the NSK 6205 bearing (Table 2).

A Figure 13 shows the results obtained in the calculation of statistical parameters in the time domain

CHARACTERISTICS EXTRACTED THE TIME DOMAIN		
1 - RMS Value =	0.010743	2 - Peak Value = 0.026514
3 - Crest Factor =	2.4679	4 - Impulse Factor = 2.7844
5 - Kurtosis =	4.3974	
CHARACTERISTICS OF THE ROLLING BEARING		
Item	Name	Value
1-	Resonance (Hz)	2853
2-	Rotation of the shaft (Hz)	25
3-	Fault Frequency of Inner Race (Hz)	135.5324
4-	Fault Frequency of Outer Race (Hz)	0
5-	Fault Frequency of Rolling elements (Hz)	0
6-	Sampling Frequency (Hz)	10000
7-	Length of the Signal (points)	40000

Figure 13 - The results obtained in the calculation of statistical parameters in the time domain

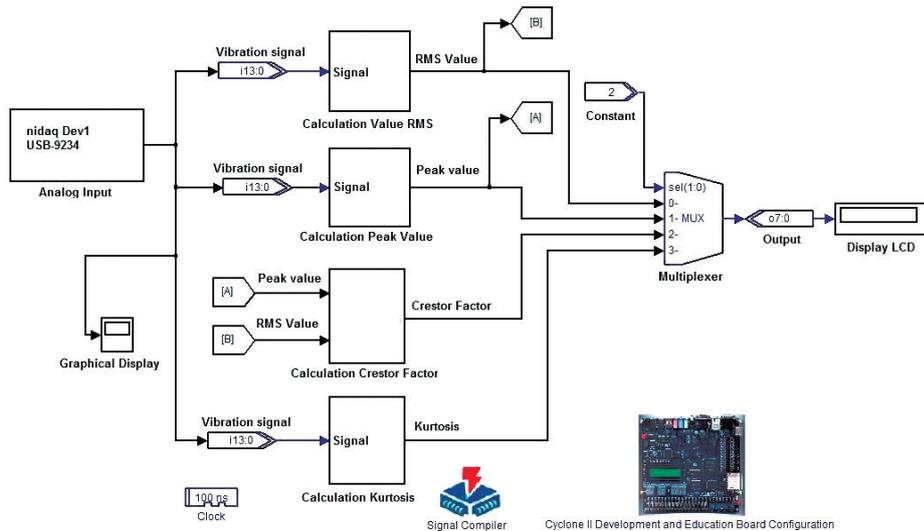


Figure 11 - Block diagram of 2nd stage of instrument modeled in SIMULINK/DSP Builder

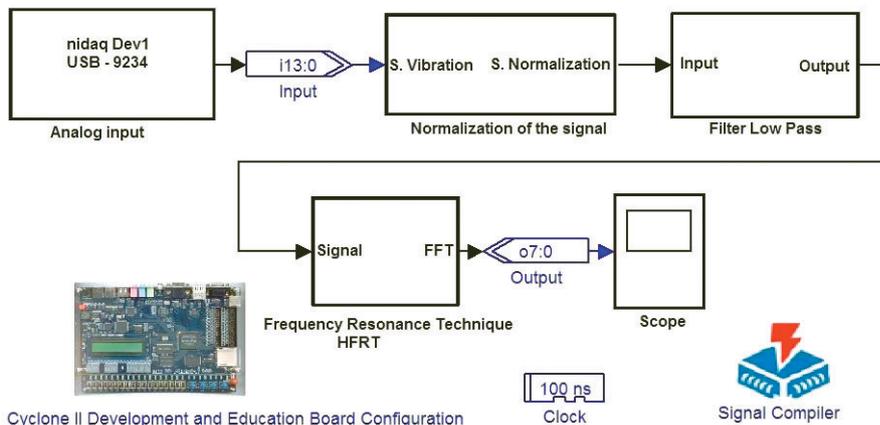


Figure 12 - Block diagram of 3rd stage of instrument modeled in SIMULINK/DSP Builder

Figure 14 shows the time and frequency representations of the vibration signal. In the vibration spectrum presented, the identification of the fault frequency of inner race is not immediate.

Figure 15 shows the results obtained with the high-frequency resonance technique - HFRT by the third stage of the instrument. It shows the spectrum of the vibration signal demodulated with the identification of the five largest amplitude peaks of the spectrum to locate the characteristic frequency of the inner race fault. It can be seen that the relevant frequency component (135.01Hz) can be easily located.

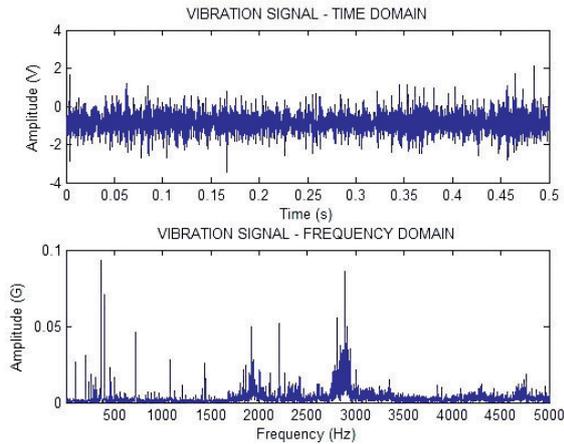


Figure 14 - Vibration signal and the vibration signal spectrum when the bearing inner race has a fault

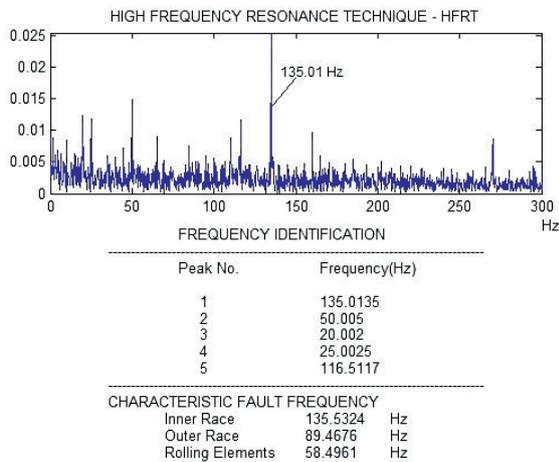


Figure 15 - High-frequency resonance technique with the identification of the characteristic frequency of inner race fault

Figure 16 shows the vibration signal spectrum obtained using the HFRT method to locate the characteristic frequency of the outer race fault (89.50 Hz).

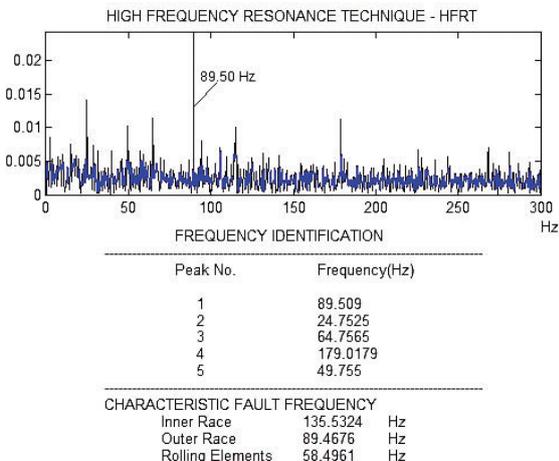


Figure 16 - High-frequency resonance technique with the identification of the characteristic frequency of outer race fault

4 CONCLUSIONS

A complete approach for the modelling, simulation, and development of a real-time vibration measurement and analysis instrument based on a reconfigurable logic, FPGA-based, was developed and tested. The target instrument was capable of identify fault in both inner and outer race of rolling bearings in rotating machines. The results show that the methodology adopted in the proposed project was efficient, facilitating the design flow, with significant reduction of time and costs associated with prototype production. This design flow uses a high-level behavioural description of the DSP algorithm that allows the researcher in a short time develops a new application. The implementation can be simulated and then deployed into an FPGA-based hardware setup.

ACKNOWLEDGMENT

The work developed by Cesar da Costa was sponsored by CAPES/Brazil scholarship.

REFERENCES

- [1] M. E. H. Benbouzid, "A review of induction motors signature analysis as a medium for faults detection", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 47, n°. 5, pp. 984-993, October 2000.
- [2] A. Sadoughi, M. Ebrahimi, M. Moalem, S. Sadri, "Intelligent diagnosis of broken bars in induction motors based on new features in vibration spectrum". Diagnostic for Electric Machines, Power Electronics and Drives, IEEE International Symposium, pp. 106-111, Sept. 2007.
- [3] S. Nandi, H. A. Toliyat, X. Li, "Condition monitoring and fault diagnosis of electrical motors – a review", IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 20, n°. 4, pp. 719-729, Dec. 2005.
- [4] S. A. S. Al Kazzas, G.K. Singh, "Experimental investigations on induction machine condition monitoring and fault diagnosis using digital signal processing techniques". Electric Power Systems Research, no. 65, pp. 197-221. New York: Elsevier. 2003.
- [5] W. Q. Lim, D. H. Zhang, J. H. Zhou, P. H. Belgi, H. L. Chan, "Vibration – based fault diagnostic platform for rotary machines". IECON 2010 – 36th Annual conference on IEEE Industrial Electronics Society, pp. 1404-1409, 2010.
- [6] J. J. Rangel- Magdaleno, R. J. Romero- Troncoso, L. M. Contreras-Medina, A. Garcia-Perez. "FPGA implementation of a novel Algorithm for on-line bar breakage detection on induction motors". IEEE International and Measurement Technology Conference, IMTC 2008, pp. 720-725, Canada, 2008.
- [7] C. da Costa, M. H. Mathias, P. Ramos, P. S. Girão, "A new approach for real time fault diagnosis in induction motors based on vibration measurement," Proc. Instrumentation and Measurement Technology Conference, Austin, Texas, May 2010, pp. 1164-1168.
- [8] C. da Costa, M. Kashiwagi, M. H. Mathias, "Development of an instrumentation system embedded on FPGA for real time measurement of mechanical vibrations in rotating machinery". In: 2012 International Symposium on Instrumentation & Measurement, Sensor Network and Automation (IMSNA), Sanya, China, pp. 60-64, 2012.

- [9] A. B. Rey, F. Marin, S. De Pablo, L. C. Herrero, "A methodology for teaching the integrated simulation of power system by modeling with MATLAB/SIMULINK and controlling via a c-based algorithm". Power Electronic Education, 2005, IEEE Workshop, pp. 114-119, 2005.
- [10] I. Grout, J. Ryan, T. O'Shea, "Configuration and debug of field programmable gate arrays using Matlab/Simulink", Journal of Physics: Conference Series 15, pp. 244-249, 2000.
- [11] M. Zengchui, W. Xin, "Design and realization of real-time spectrum analysis system based on DSP builder". On: 2012 Second International Conference on Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC), pp. 1077-1080, 2012.
- [12] G. Xiong, X. Zhou, P. Ji, "Implementation of the Quadrature Waveform Generator Based on DSP Builder". IEEE Computer Society, International Symposium on Intelligent Information Technology Application Workshops, IITAW'08, pp. 773-776, Dec. 2008, China.
- [13] N. Tandon, A. Choudhury, "A review of vibration and acoustic measurement methods for the detection of defects in rolling element bearings", Tribology International 32, pp. 469-480. New York: Elsevier. 1999.
- [14] P. Maedel, Jr, "Vibrations standards and test codes, shock and vibration handbook", 5th edition (Cyril Harris, editor), McGraw Hill Publishing Co., 2001.
- [15] A. Lebaroud, G. Clerc, "Diagnosis of induction motor faults using instantaneous frequency signature analysis". IEEE Proceedings of the 2008 International Conference on Electrical Machines, ICEM 2008, 18th International Conference on, pp. 1-5, Sept. 2008.
- [16] J. R. Stack, R. G. Harley, T. G. Habetler, "An amplitude modulation detector for fault diagnosis in rolling element bearing," IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 51, N^o. 5, Oct. 2004, pp. 1097-1102.
- [17] M. Xiaojian, C. Ruiqi, W. Wenyong, "The comparison and application of envelop demodulation in machine fault diagnosis," Journal of DongHua University, Natural Science, N^o. 27, May 2005, pp. 95-97.
- [18] A. Sadoughi, H. Behbahanifardl, "A practical bearing fault diagnoser", Proc. International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, Beijing, China, Apr. 2008, pp. 151-154.
- [19] F. Pan, S. R. Qin, L. BO, "Development of diagnosis system for rolling bearings faults based on virtual instrument technology," Journal of Physics: Conference Series, International Symposium on Instrumentation Science and Technology, Vol. 48, 2006, pp. 467-473.
- [20] P. D. McFadden, J. D. Smith, "Vibration monitoring of rolling element bearings by the high frequency resonance technique - A review". Tribology International, Vol. 17, Issue 1, Feb 1984, pp. 3-10.
- [21] H. Prasad, M. Ghosh, S. Biswas, "Diagnostic monitoring of rolling element bearing by high frequency resonance technique", ASLE Transactions, Vol. 28, Issue 4, Mar 2008, pp. 439-448.

DESENVOLVIMENTO DE UM BRAÇO ROBÓTICO CONTROLADO POR ARDUINO

DEVELOPMENT OF A DIDACTICAL ROBOTIC ARM CONTROLLED BY ARDUINO

Data de entrega dos originais à redação em: 06/09/2015
e recebido para diagramação em: 26/05/2016

Dr. Márcio Mendonça ¹

Dr. Wagner Endo ²

Me. Marco Antônio Ferreira Finocchio ³

Ivan Rossato Chrun ⁴

Eduardo Lino ⁵

Este artigo consiste na apresentação de uma ferramenta didática de baixo custo, com alguns detalhes construtivos, de um manipulador robótico com quatro graus de liberdade. O controlador foi desenvolvido através de uma linguagem de programação nativa da série Arduino, semelhante a linguagem clássica C++, podendo manuseá-lo de forma simples. Tem como finalidade sua aplicação em trabalhos iniciais para laboratórios de robótica.

Palavras-chave: Braço Robótico. Manipulador. Arduino Microcontrolador.

This paper presents a low-cost didactical tool, with some constructive details, of a robotic manipulator with four degrees of freedom. The controller is developed through an Arduino native programming language, similar to the classic C++, allowing a simple handling of it. It aims at an application for initial work in robotic laboratory classes.

Keywords: Robotic Arm. Manipulator. Arduino Microcontroller.

1 INTRODUÇÃO

À medida que os computadores digitais assumiram a função de controle na robótica, o uso de linguagem de programação textual tornou-se um método necessário (GROOVER, 2011). Neste contexto, a complexidade cada vez maior de desempenhos dos robôs para realizar decisões e/ou tomadas de decisões sem a presença de humanos, em lugares inóspitos, tem sido a motivação de trabalhos na área de robótica, em especial a robótica autônoma, como por exemplos, o trabalho de Maki e colaboradores (MAKI et al., 2010).

A presente pesquisa objetiva a construção de manipuladores programáveis, para a construção de um braço robótico didático. Através do controlador "open source" para inserir pulsos nos motores dos elos. O tipo de controle dessa versão inicial, por simplicidade e ser de baixo custo, é em malha aberta.

O braço robótico é um manipulador capaz de realizar inúmeras tarefas de repetição. Entretanto, apesar de ser inspirado em braços robóticos industriais a linguagem de programação é diretamente feita no microcontrolador (Arduino). Seu objetivo principal é determinar uma trajetória para mover objetos, neste trabalho, de duas formas. A primeira proposta é de por meio de ângulos pré-determinados pela programação dos movimentos (ROSÁRIO, 2010), de modo específico, a cinemática dos graus de liberdade é feita via servomotores. A segunda proposta é via dois manipuladores do tipo alavanca, nos quais a movimentação dos elos é feita diretamente pelo operador.

De um modo geral a idéia de construção desse manipulador pode auxiliar em conceitos importantes correlatos a área de robótica, como por exemplo: lições relativas



Vídeo disponível em pdf: < <http://ojs.ifsp.edu.br> >. Testado com a última versão do Acrobat Reader 9 e Flash Player instalado.

a cinemática, dinâmica, planejamento de movimento e questões de controle, que devem ser acompanhadas de práticas de laboratório; como sugere o trabalho similar de (INDRI; LAZZERO; BONA, 2013). Os fundamentos desse braço permitem futuramente evoluir para funções como na fabricação industrial inteligente ou autônoma, indústria de jogos e o mais importante, robôs aplicados a cirurgia assistida (YAQOUB et al., 2014).

Observa-se que não é escopo desse trabalho apresentar a construção do manipulador, e sim a ideia e a possibilidade de se desenvolver uma ferramenta de baixo custo, somente com alguns aspectos, hardware e software. Este trabalho está dividido da seguinte forma: a Seção 2 aborda brevemente alguns fundamentos de manipuladores robóticos empregados no desenvolvimento da pesquisa. A Seção 3 mostra alguns aspectos construtivos, já a Seção 4 mostra o manipulador montado. E, finalmente a Seção 5 conclui, apresenta futuros trabalhos e encerra o artigo.

1 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Cornélio Procópio. < mendonca@utfpr.edu.br >.

2 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Cornélio Procópio. < wendo@utfpr.edu.br >.

3 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Cornélio Procópio. < mafinocchio@utfpr.edu.br >.

4 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Curitiba. < ivanchrun@gmail.com >.

5 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Cornélio Procópio. < dulinocp@hotmail.com >.

2 FUNDAMENTOS DE MANIPULADORES NO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O termo robô ("robot") veio da obra de ficção de Karel Capek em 1922, tendo origem na palavra tcheca robotnik, a idealização de uma interface "homem máquina" já era bem explícita nesta época, mesmo sendo uma ficção.

Por volta de 1940 o visionário Isaac Asimov em seu livro, "I, Robot" ("Eu, Robô"), apresentou as três leis da robótica, as quais ditam as regras básicas para que robôs e seres humanos convivam de forma pacífica.

2.1 Anatomias do Braço Robótico

A articulação de um braço robótico se baseia no movimento do corpo humano, cujo sistema de movimentação imita a morfologia de um braço humano em que cada articulação consiste em elos ligados ao outro (GROOVER, 2011). O número de elos determinará ao robô seus graus de liberdade, apresentados pela figura 1.

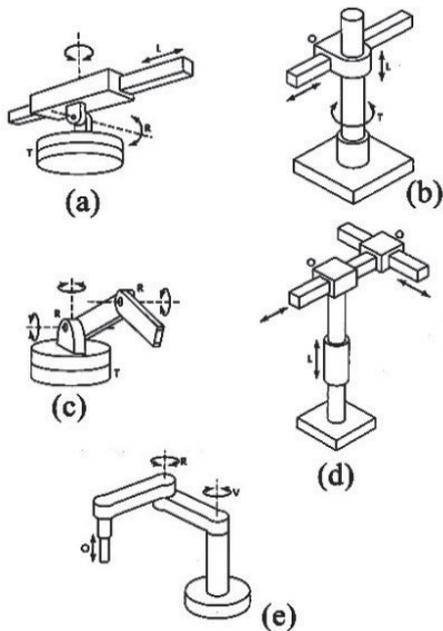


Figura 1 - Tipos de braços Robóticos

Existem basicamente, cinco configurações básicas de robôs:

- Polar - possui um braço deslizante em relação ao corpo, gira em torno de um eixo vertical, como também em horizontal;
- Cilíndrico - consiste em uma coluna vertical onde o braço move para cima e para baixo, direita e esquerda;
- Articulado - parecido com as movimentações de um braço humano, sua estrutura gira sobre uma base e suas articulações são comparadas ao ombro e cotovelo.
- Cartesiano - tem a direção da linha reta, é formado por três articuladores deslizante;
- Scara - similar ao robô articulado, excerto pelo ombro e o cotovelo que tem o movimento rotacional.

Dentre as formas de configuração, nesse projeto será utilizado o um braço robótico articulado, pois por ser um braço didático é interessante sua semelhança com um braço humano.

As peças abaixo compõem a parte estrutural do braço robótico. Construídas em alumínio e fixadas com parafusos.

O elo possui um formato de "U", o suporte apropriado para acomodar os Servomotores, os quais são fixados no final dos elos; há também vigas em "U" para a montagem da base.

A figura 2, caracteriza as peças:

- Suporte para o Servomotor;
- Elo;
- Viga da base.

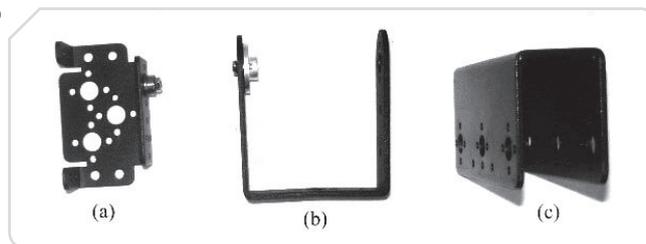


Figura 2 - Conjunto estrutural do robô

2.2 Atuadores

Os atuadores são responsáveis por mover as articulações do braço robótico. Existem três tipos de sistema de movimentação, de acordo com o projeto do braço robótico: elétrico, hidráulico e pneumático (GROOVER, 2011). Para o projeto utilizaremos o elétrico, através de Servomotores. De modo geral, os atuadores elétricos permitem mais velocidade e precisão. Dependendo do tipo de motor utilizado existem variações, entretanto não é escopo desse trabalho, e desse modo será abordado de forma introdutória.

O Servomotor utilizado nesse projeto é um atuador de posição controlada de pequeno porte, porém consegue ter força devidos aos sistemas de redução das suas engrenagens internas (DINIZ; MONTEIRO, 2001).

Esses motores trabalham com um range em graus, posicionando de acordo com pulso fornecido pela entrada. Em geral esses motores, como os motores utilizados nessa pesquisa, possuem 3 fios de entradas, onde o fio vermelho é alimentação de +5 volts, o fio preto que é GND (terra) e o laranja (em alguns Servomotores branco) é responsável pelo controle de posição através de um sinal de PWM (Modulação por pulso). A figura 3 apresenta os servomotores utilizado neste projeto.

Seu controle interno é um sistema em malha fechada, com um motor DC, um potenciômetro como sensor de posição, engrenagens (reductor) e uma placa contendo um driver em ponte H que chaveia e posiciona o motor.

No projeto, os servomotores são responsáveis por mover as articulações do braço e o movimento da pinça de abre e fecha em um ângulo específico, de acordo com a restrição física de abertura da pinça.



Figura 3 - Servomotores

2.3 Efetuadores

Os braços robóticos são desenvolvidos para fazer uma determinada função, para isto, na sua extremidade terminal é fixado a um manipulador mecânico, sendo este componente conhecido como efetuator.

Os efetutores são divididos em dois tipos: ferramentas especiais e garras mecânicas. Cada tipo é utilizado especificamente para uma ação ou trabalho de que foi projetado. (ROSÁRIO, 2010)

Neste projeto foi utilizada a garra de dois dedos, como pode ser visualizada na figura 4, com movimento rotativo. Este modelo possui um range limitado na abertura entre os dedos.

A garra em formato de pinça serve como ferramenta de pegar e segurar objetos, possuindo movimento de abrir e fechar. Essa ferramenta atua com um range de abertura equivalente a 1/3 do giro total do servo motor, fazendo-se necessário definir um range de funcionamento do servomotor devido a esta limitação através da linguagem de programação, ou seja, calcular uma duração de pulso menor que a abertura total dos dedos da garra, o limite físico imposto pelas engrenagens e a capacidade de abertura máxima da mesma. Além das restrições citadas, não existe nenhuma outra limitação mecânica da pinça, conforme mostra a figura 4.



Figura 4 - Vista lateral da garra

2.4 Unidade de Controle

Atualmente, as unidades de controle são baseadas em microprocessadores utilizados como hardware de um sistema de controle, que através de uma linguagem

de programação faz com que o braço robótico realize de maneira coordenada os movimentos desejados. (GROOVER, 2011).

O controle pode ser executado em dois tipos: malha fechada e malha aberta.

O sistema de malha aberta não possui sistema realimentação, ou seja, durante o processo de funcionamento dos atuadores não há amostragem de resultados, devido à falta de sensores em comunicação à unidade de controle.

O sistema de malha fechada possui realimentação da saída do atuador, oriundo de um sensor que envia informação à unidade de controle, onde é comparada e reenviada ao atuador de forma corrida.

Para o projeto será utilizado o controlador Arduino. O Controlador Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica, possuindo a parte hardware e software. Surgiu em 2005 na Itália pelo professor Massimo Banzi, que queria ensinar eletrônica e linguagem de programação aos seus alunos. (MCROBERTS, 2011).

Atualmente é utilizado em projetos pedagógicos e em hobbies, como por exemplo aeromodelismo, entre outros.

As vantagens de utilizar o Arduino é o seu baixo custo, *software* para várias plataformas operacionais de computador, tais como Windows, Linux, entre outros, linguagem amigável e flexível; e seu software é *open source*. A versão do Arduino utilizado nesse projeto foi o Mega 2560, entretanto, devido ao número de entradas e saídas, versões mais simplificadas, como o Arduino Uno poderiam ser empregadas.

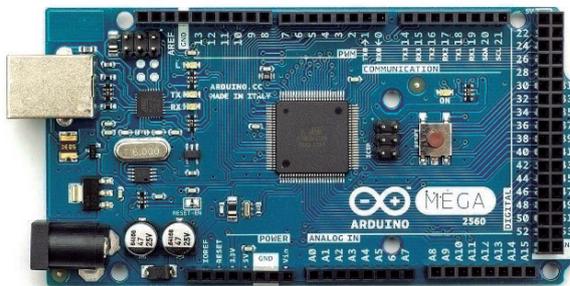


Figura 5 - Arduino Mega 2560

3 ASPECTOS CONSTRUTIVOS PARA A MONTAGEM DO MANIPULADOR ROBÓTICO.

3.1 Montagem Elétrica

A montagem do manipulador é iniciado pela base, na qual um suporte de Servomotor é fixado para acomodação do mesmo. Fixou-se mais três vigas entre si, formando um quadrado de apoio para as próximas peças. A tampa é feita através de um pedaço de plástico cortado e furado, para a saída e fixação do eixo do Servomotor nas vigas através de parafusos. Utilizou-se também um plástico em formato de cantoneira que foi fixado na parte inferior da viga com o objetivo de parafusar na plataforma de madeira. A figura 6 apresenta a base montada.

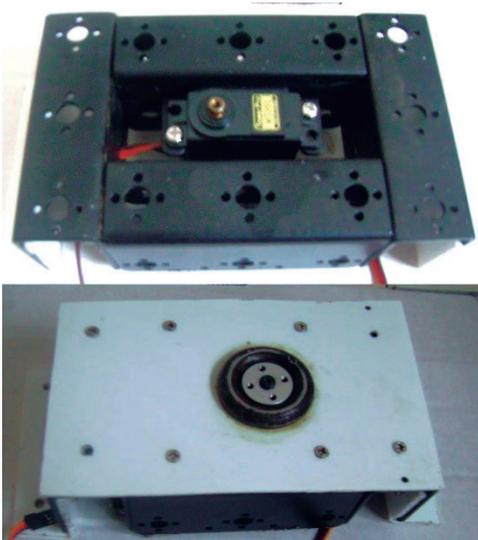


Figura 6 - Base do braço robótico

Com a finalização da base o próximo passo é a montagem dos elos e a fixação de mais um Servomotor através do seu suporte no rolamento da base, no qual são coladas duas hastes em oposição uma a outra, formando-se um "H" (Figura 7).

Com a instalação do primeiro elo, o braço robótico adquiriu a capacidade de movimento rotativo da base, o primeiro grau de liberdade.



Figura 7 - Instalação do primeiro elo

Na figura 8 o braço robótico já possui seus primeiros 3 graus de liberdade, como (movimento giro da base, o antebraço e o cotovelo), entretanto ainda falta o último grau de liberdade, a pinça ou ferramenta manipuladora que executa o movimento de abertura e fechamento para segurar e soltar objetos.

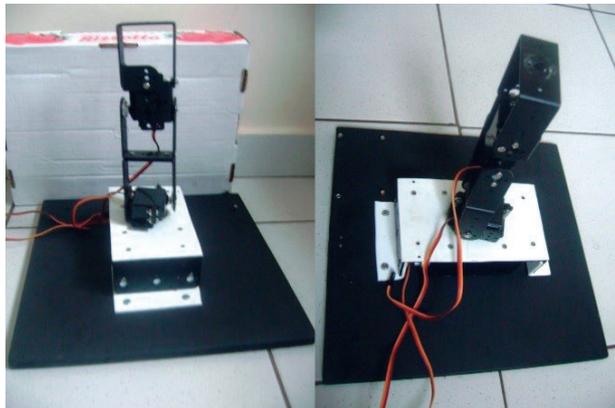


Figura 8 - Instalação do segundo elo

Já a figura 9 mostra o braço após sua montagem, com os 4 graus de liberdade detalhados, inclusa à ferramenta manipuladora. Na garra, como já mencionado possui uma restrição de range de operação via software, a instalação do último Servomotor para movimentar os dedos é feita, sendo está o passo final de construção do manipulador. De forma resumida o manipulador possui um servo para cada grau de liberdade, totalizando 4.

Para melhor compreensão de cada elo e articulação nomeamos algumas partes como as do braço humano, facilitando para linguagem de programação e até mesmo a própria estrutura (Figura 9).

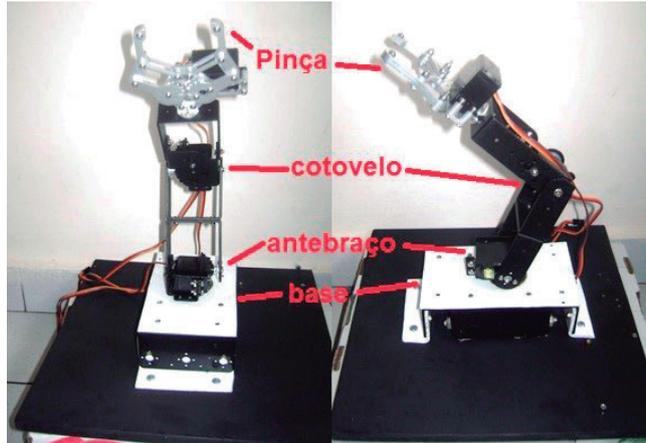


Figura 9 - Característica mecânica Braço robótico

3.2 Montagem Elétrica

Com o simulador (software Fritzing) plotou-se o esquema elétrico do braço robótico a fim de melhorar a visualização, na figura 10 é apresentada a ligação do comando dos Servomotores (fio amarelo), ligado aos pinos de PWM do Arduino. A alimentação dos Servomotores (fio preto 0 volts e fio vermelho +5 volts) vem de uma fonte externa, apesar do Arduino fornecer a tensão, este não suporta a corrente de dois ou mais servomotores ligados simultaneamente.

3.3 Aspectos da Programação

Os códigos ou sketches utilizados foram desenvolvidos originalmente na plataforma Arduino 1.6.5 na linguagem de programação própria do microcontrolador, semelhante a linguagem C++. A princípio duas rotinas foram desenvolvidas.

A rotina principal que o braço robótico determina toda a trajetória e movimentação do braço, a qual é executada de forma serial. Ou seja, cada servo tem seus movimentos determinados pelos pulsos na rotina do código, como mostra a introdução do mesmo na figura 11.

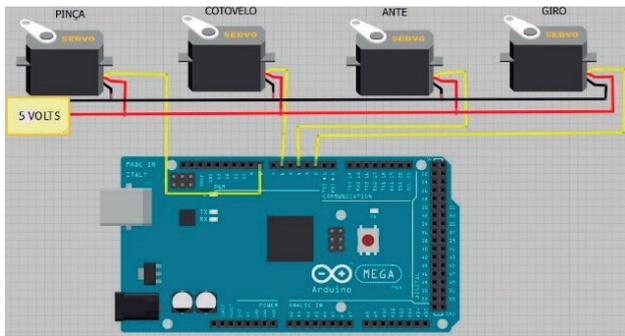


Figura 10 - Diagrama de ligação Arduino-Servomotor via simulador

Observa-se que: caso necessite alguma modificação na trajetória do braço um novo código deve ser gerado. Neste contexto, o planejamento das trajetórias programadas as durações dos pulsos. As mesmas foram cuidadosamente analisadas devido a necessidade de aceleração e desaceleração durante a trajetória do braço (NIKU, 2013).

Já o segundo modo de funcionamento, o código recebe os comandos manuais via alavancas (*joysticks*) e os converte em sequencias de pulsos aos servo-motores do braço, como mostra a introdução do código na figura 12. Em ambos os códigos a biblioteca servo foi inclusa.

4 RESULTADOS

Figura 13 mostra o resultado após a montagem mecânica e elétrica do braço robótico e os componentes instalados.

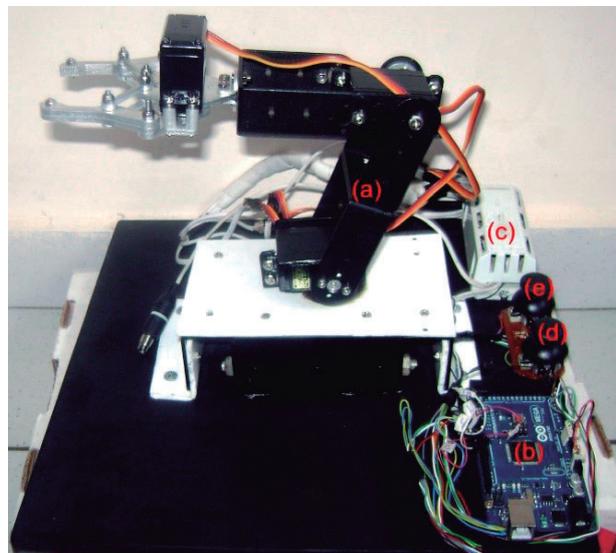


Figura 13 - Braço robótico completo e seus componentes: a) Braço mecânico; b) Arduino Mega 2560; c) Caixa de acoplamento da fiação; d) Alavanca 1 Interface de manual (Joystick); e) Alavanca 2 Interface de manual (Joystick)

```
liga_rotina | Arduino 1.6.5
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

liga_rotina
#include <Servo.h>

Servo base;
Servo ante;
Servo cut;
Servo pinca;
int x=0;
int led=13;
int bot=10;
int var=0;
int var2=0;
int estado=0;

void setup()
{
  pinMode(led,OUTPUT); //declara o Led como saída
  pinMode(bot,INPUT); //declara o botão como entrada
  base.attach(2); //servo da base na porta 2 do arduino
  ante.attach(4); //servo antebraço na porta 4 do arduino
  cut.attach(6); //servo do cotuvelo na porta 6 do arduino
  pinca.attach(8); //servo da pinca na porta 8 do arduino
}

void loop()
{
  // ##### inicializacao da rotina #####
}
```

Figura 11 - Parte inicial do código da rotina principal

```
controle_manual | Arduino 1.6.5
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

controle_manual
#include <Servo.h> //biblioteca do servo motor

const int ft1 = 1; // identifica o pino frente atrás do joystick 1
const int ed1 = 2; // identifica o pino esquerda direita do joystick1
const int ed2 = 3; // identifica o pino esquerda direita do joystick2
const int ft2 = 4; // identifica o pino frente atrás do joystick 2
Servo base; // variavel que identifica o servo
Servo ante; // variavel que identifica o servo
Servo cut; // variavel que identifica o servo
Servo pinca; // variavel que identifica o servo

int angulo1 = 90; // variavel que guarda a posição do servo base
int angulo2 = 90; // variavel que guarda a posição do servo ante
int angulo3 = 90; // variavel que guarda a posição do servo cut
int angulo4 = 90; // variavel que guarda a posição do servo pinca

void setup() {
  base.attach(2); // conecta o motor ao pino de controle
  ante.attach(4); // conecta o motor ao pino de controle
  cut.attach(6); // conecta o motor ao pino de controle
  pinca.attach(8); // conecta o motor ao pino de controle
}
}
```

Figura 12 - Parte inicial do código do controle manual

O manipulador, em sua versão inicial, pode operar de dois modos, sendo o primeiro o modo programado, em que sua trajetória é programada diretamente no código do Arduino.

Já o segundo modo de atuação do braço robótico, duas alavancas de joystick são usadas para manipular as juntas e a base do braço robótico (figura 14).

Resultados iniciais foram obtidos nos dois modos, como por exemplo, pegar pequenos objetos na região de ação do mesmo, como mostram os ângulos das trajetórias nas tabelas 1, 2 e 3 desde o ponto inicial até pegar um objeto e colocá-lo em outra posição, uma manobra frequentemente utilizada na indústria, como por exemplo, em robôs classificadores. Observa-se que no modo manual as trajetórias são geradas pelo usuário sem nenhum planejamento. Desse modo, não foram coletados dados de operação.



Figura 14 - Comandos dobra robótico por meio das alavancas

Os dados das tabelas a seguir foram feitos no modo programado.

A tabela 1 mostra os ângulos dos movimentos do ponto inicial até o ponto final, ou seja, ao objeto:

Já a tabela 2 mostra os ângulos aplicados para a trajetória de movimentação do objeto, que é feita após a pinça pegá-lo, e leva-lo a outro local determinado.

Na tabela 3 é demonstrado o trajeto de retorno do braço robótico para o ponto inicial, fechando assim o ciclo de ações e trajetórias.

Tabela 1 - Trajetória inicial, ação inicial

Referência	Base	Antebraço	Cotovelo	Pinça
0%	90°	90	90°	90°
3.125%	90.94°	88.4	87.81°	-
6.25%	91.88°	86.88	85.63°	-
12.5%	93.75°	83.75	83.75°	-
25%	97.5°	77.5	72.5°	-
50%	105°	65	55°	-
75%	112.5°	52.5°	37.5°	-
87.50%	116.25°	46.25°	28.75°	-
93.75%	118.12°	43.1°	24.38°	-
96.875%	119.06°	41.6°	22.19°	-
100%	120°	40°	20°	43°

Tabela 2 - Trajetória de deslocamento do objeto, ação 2

Referência	Base	Antebraço	Cotovelo	Pinça
0%	120°	40°	20°	43°
3.125%	118.12°	40.62°	21.56°	-
6.25%	116.25°	41.25°	23.12°	-
12.5%	112.5°	42.5°	26.25°	-
25%	105°	45°	31.5°	-
0%	90°	50°	45°	-
75%	75°	45°	31.5°	-
87.5%	67.5°	42.5°	26.25°	-
93.75%	63.75°	41.25°	23.12°	-
96.875%	61.87°	40.62°	21.56°	-
100%	60°	40°	20°	90°

A estimativa dos ângulos de trajetória foi cuidadosamente observada de acordo com o comportamento dinâmico do motor com acelerações e desacelerações suaves, com velocidade aproximadamente constante entre as mesmas. Nos primeiros testes ocorreu a queima de dois

motores devido alto aquecimento provenientes de desacelerações bruscas.

Uma proposta de futuros trabalhos de forma detalhada, em fase de desenvolvimento, é à otimização da trajetória através de sistemas computacionais inteligentes, em especial com Mapas Cognitivos *Fuzzy*, do inglês *Fuzzy Cognitive Maps* (FCM), embarcados na plataforma Arduino.

Tabela 3 - Retorno do braço a base, posição inicial (90° com a base)

Referência	Base	Antebraço	Cotovelo	Pinça
0%	60°	40°	20°	90°
3.125%	60.93°	41.6°	22.19°	-
6.25%	61.87°	43.1°	24.38°	-
12.5%	63.75°	46.25°	28.75°	-
25%	67.5°	52.5°	37.5°	-
50%	75°	65°	55°	-
75%	82.5°	77.5°	72.5°	-
87.50%	86.25°	83.75°	83.75°	-
93.75%	88.13°	86.88°	85.63°	-
96.875%	89.08°	88.4°	87.81°	-
100%	90°	90°	90°	90°

Nesse contexto, pode-se citar o trabalho de Matsumoto e colaboradores (MATSUMOTO, et al., 2013), que utilizaram um controle de um misturador industrial utilizando um Arduino. E também, trabalhos que utilizam sistemas computacionais inteligentes, como por exemplo, o trabalho de Asuni e colaboradores (ASUNI, et al., 2003) que utilizou Redes Neurais Artificiais para controlar manipuladores industriais. Outro exemplo, pode-se citar o trabalho de (SHHEIBIA, 2001) que se utiliza de combinação de técnicas computacionais inteligentes, Agentes Inteligentes e Lógica *Fuzzy*, aplicados a um manipulador robótico para jogo de xadrez.

5 CONCLUSÃO

O braço manipulador robótico desenvolvido satisfaz aos objetivos iniciais do projeto, a construção de um robô didático de baixo custo financeiro e computacional.

Os resultados apresentados ainda são preliminares, porém pode-se controlar com um controlador *Open Source*, programado ou manualmente, por duas alavancas, utilizando-se uma linguagem baseada na linguagem nativa dos microcontroladores da série Arduino, semelhante (C++).

Espera-se que esta ferramenta de baixo custo e construção acessíveis possa contribuir para a difusão do conhecimento em disciplinas introdutórias de robótica.

Futuros trabalhos endereçam desenvolver uma interface HM (homem máquina), para facilitar a construção de trajetória do manipulador por meio de uma gráfico e comandos básicos por meio de um diagrama de blocos para aulas introdutórias de robótica dos conceitos de trajetórias de braços de robôs.

E finalmente, pretende-se utilizar uma câmera para reconhecimento da garra e de objetos no espaço. Com a execução dessa capacidade de reconhecimento, pretende-se desenvolver um controle autônomo, com a inclusão de uma técnica computacional inteligente, como por exemplo, Redes Neurais Artificiais.

REFERÊNCIAS

- ASUNI, G.; Leoni, F.; Guglielmelli, E.; Starita, A.; Dario, P., **A neuro-controller for robotic manipulators based on biologically-inspired visuo-motor coordination neural models, in Neural Engineering**. 2003. Conference Proceedings. First International IEEE EMBS Conference on, vol., n.º., pp.450-453, 20-22 March 2003.
- DINIZ, Gabriel; Monteiro, Nuno. **Controlo de um servo-motor**. 2001.5f. Artigo académico- Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Vila Real.
- GROOVER, Mikell P. **Automação industrial e sistema de manufatura**. 3º ed. São Paulo: PEARSON, 2011.
- INDRI, M.; Lazzero, I.; Bona, B., **Robotics education: Proposals for laboratory practices about manipulators**, in Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA), 2013 IEEE 18th Conference on, vol., no., pp.1-8, 10-13 Sept. 2013
- MAKI, T.; Kume, A.; Ura, T.; Sakamaki, T. And Suzuki, H., **Autonomous detection and volume determination of tubeworm colonies from underwater robotic surveys**, OCEANS 2010. IEEE - Sydney, pp.1,8, 24-27 May. 2010.
- MATSUMOTO, D. E.; Mendonça, M.; Arruda, L. V. R. And Papageorgiou, E. **Embedded Dynamic fuzzy cognitive maps applied to the control of industrial mixer**. Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente – XI SBAI. 2013.
- MCROBERTS, Michael. **Arduino básico**. São Paulo: NOVATEC EDITORA, 2011.
- ROSÁRIO, João Mauricio. **Robótica industrial I: Modelagem, utilização e progamação**. São Paulo: BARAÚNA, 2010.
- SHHEIBIA, Tarig Ali Abdurrahman El. **Controle de um Braço Robótico Utilizando uma Abordagem de Agentes Inteligentes**. 2001. 84f. Tese de mestrado - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- YAQOOB, M.; Qaisrani, S.R.; Waqas, M.; Ayaz, Y.; Iqbal, S.; Nisar, S., **Control of robotic arm manipulator with haptic feedback using programmable system on chip**, Robotics and Emerging Allied Technologies in Engineering (iCREATE), 2014 International Conference on, vol., no., pp.300,305, 22-24 April 2014.

ESTUDO DAS NORMAS REFERENTES A IMPLANTES ORTOPÉDICOS ACABADOS OBTIDOS A PARTIR DO PROCESSO DE FORJAMENTO: REQUISITOS PARA MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

STUDY OF THE RULES RELATING TO ORTHOPEDIC IMPLANTS FINISHED OBTAINED FROM FORGING PROCESS: REQUIREMENTS FOR MATERIALS AND MANUFACTURING PROCESSES

Ylich Peter Schmitt ¹
Francisco Yastami Nakamoto ²
Givanildo Alves dos Santos ³

Data de entrega dos originais à redação em: 23/06/2015
e recebido para diagramação em: 29/05/2016.

Por causa de seu potencial risco ao ser humano, os implantes ortopédicos são produtos que exigem uma série de características para que os mesmos tenham o menor grau possível de rejeição. Desta forma, é necessário que os implantes atendam a características biomecânicas, químicas e físicas, necessárias à sua utilização. Essas definições são estabelecidas através de normas, sendo que as principais instituições internacionais são a International Organization for Standardization (ISO) e a American Society for Testing and Materials (ASTM). O presente artigo tem como objetivo apresentar um estudo dos requisitos das principais normas aplicadas aos implantes ortopédicos em aço inox, obtidos a partir do processo de forjamento.

Palavras-chave: Implantes Ortopédicos. Materiais. Processos de Fabricação.

Because of their potential risk to humans, orthopedic implants are a kind of product that requires a certain number of characteristics in order to have the minimum degree of rejection. Thus, it is necessary that implants satisfy the biomechanical, chemical and physical characteristics required for use. These definitions are established by standards, and the main international institutions are International Organization for Standardization ISO and the American Society for Testing and Materials (ASTM). This paper aims to present a study from the requirements of the main standards applied to the stainless steel orthopedic implants obtained by the forging process.

Keywords: Orthopaedic Implants. Materials. Manufacturing Processes.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com definição da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (ABDI, 2010), são classificados como Implantes Ortopédicos todos os produtos médicos implantáveis com finalidade ortopédica e são utilizados diretamente para substituição articular, síntese óssea, ligamentoplastia e manutenção funcional da coluna vertebral de seres humanos. Os primeiros relatos de utilização de materiais não biológicos em seres humanos foram para restauração de tecidos ou órgãos danificados a partir do ano de 1550, onde se utilizou fios de ouro para suturas (LYMAN e SEARE Jr., 1974). Os avanços tecnológicos em implantes ortopédicos, mediante desenvolvimento de novos materiais, processos de fabricação e evoluções na área das ciências e da medicina, contribuem na busca incessante do bem estar do ser humano que utiliza tais implantes. Consequentemente, a normalização de materiais e processos torna-se uma necessidade para garantir a confiabilidade do produto para atender as necessidades de um mercado cada vez mais dinâmico e globalizado. Com isso, diferentes instituições e órgãos regulamentadores vêm buscando padronizar materiais e métodos para obtenção de

implantes. Consequentemente, norteiam desde o projeto, a especificação de materiais, os processos de produção que envolvem a fabricação, embalagem, esterilização e técnicas de manuseio pós fabricação. Considerando o exposto, o presente trabalho apresenta um estudo comparativo das principais normas aplicadas ao projeto e ao material para implantes ortopédicos em aço inox, obtidos a partir do processo de forjamento.

2 NORMAS VIGENTES

2.1 PROJETO

A Norma ASTM A 2068-09 (ASTM, 2009) se aplica a próteses femorais cujo objetivo é a fixação por pressão direta da prótese no osso, com o uso de cimento ósseo ou através do crescimento do osso devido ao uso de revestimento poroso no implante. Ela orienta o desenvolvimento do projeto estrutural do produto a fim de suportar os esforços a que será submetido quando implantado no interior do corpo humano.

2.2 MATÉRIA PRIMA

Os aços inoxidáveis para implantes ortopédicos sofreram, nos últimos anos, constantes melhorias para

1 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.
2 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.
3 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

adequá-los às condições verificadas no corpo humano, sendo este um processo contínuo. Estas melhorias são feitas com base em pesquisas de ligas e através da análise de implantes retirados de pacientes. Assim, inicialmente utilizava-se a série austenítica – 316, que veio sofrendo adequações em sua composição para melhor desempenho em meio biológico. Posteriormente, reduziu-se o teor de carbono (316L: L referente a *Low Carbon*), uma vez que os átomos de carbono podem facilmente reagir com o cromo formando precipitados de carboneto de cromo que se acumulam nos contornos de grãos, aumentando a possibilidade de corrosão intergranular. Tal corrosão pode promover a falha catastrófica do metal quando submetido a esforços. O processo de refino das ligas inoxidáveis foi melhorado com o objetivo de diminuir as inclusões que podem levar à falência mecânica por fadiga, utilizando-se o processamento de fusão a vácuo que deu origem ao aço 316LVM (*Low carbon, Vacuum Melting*). Por apresentar menor teor e menor tamanho de inclusões, essa liga apresenta maior resistência à fadiga. Com o objetivo de se obter maior resistência à corrosão, surgiram então diferentes normalizações para sua composição química, principalmente no que diz respeito à relação entre os teores de Cromo e Molibdênio (ISO 5832-1 ou ASTM F-138).

2.3 IMPLANTE FORJADO

Os forjados devem atender a norma ASTM F 621, que cobre os requisitos para os forjados em aços inoxidáveis para aplicação em implantes cirúrgicos quando o material forjado esteja conforme uma das seguintes especificações ASTM: F138, F1314, F1586, F2229 ou F2581. Essa norma define as condições de fornecimento do forjado, como acabamento superficial, tratamento térmico, testes mecânicos e metalográficos.

3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO AÇO INOX

- Na composição química dos aços inoxidáveis, não apenas para aplicação em implantes ortopédicos, cabe destacar as seguintes influências de cada um dos elementos químicos na composição do aço inoxidável:
- **Carbono** - estabiliza a austenita e aumenta a resistência mecânica. Nos aços inoxidáveis teores elevados facilitam a sensitização (McGUIRE, 2008);
- **Cobre** - promove a resistência à corrosão dos aços inoxidáveis em meios contendo ácido sulfúrico e estabilizar a austenita (McGUIRE, 2008);
- **Cromo** - é utilizado na estabilização da fase austenítica juntamente com o níquel, além de atuar na formação da camada passiva (McGUIRE, 2008). Os aços inoxidáveis austeníticos com elevados teores de cromo são propícios à formação da ferrita δ e das fases intermetálicas σ e χ , bem como da formação do carboneto $M_{23}C_6$. Esse elemento atua também de forma a aumentar a solubilidade do nitrogênio na austenita (PADILHA e GUEDES, 2004; GIORDANI, 2001);
- **Manganês** - é considerado gamagênico, estabilizador da austenita, e ajuda a diminuir os efeitos negativos da ferrita δ e da fase v , bem como

umentar a solubilidade do nitrogênio e molibdênio na austenita (McGUIRE, 2008);

- **Molibdênio** - deforma a rede cristalina do aço devido ao seu maior tamanho atômico e, conseqüentemente, aumenta a taxa de difusão em massa dos elementos, aumentando a velocidade inicial de formação do Cr_2O_3 . O molibdênio é geralmente considerado prejudicial para a resistência à oxidação. Normalmente forma o óxido MoO_2 , mas este pode oxidar ainda mais e formar o óxido MoO_3 , volátil e de baixo ponto de fusão. Se o MoO_3 evapora, há pouco problema, mas se a sua volatilização é inibida por circulação de baixa atmosfera, o MoO_3 líquido pode acumular-se e dissolver a camada protetiva de Cr_2O_3 , levando a oxidação catastrófica (McGUIRE, 2008);
- **Níquel** - atua como estabilizador mais efetivo da austenita (FERRANDINI et al., 2006). A presença desse elemento favorece a formação do filme passivo em ambientes redutores, além promover melhorias na resistência à corrosão em alguns meios ácidos (ASM HANDBOOK, 2002);
- **Nitrogênio** - atua como estabilizador da austenita e aumenta a resistência mecânica e à corrosão localizada em aços inoxidáveis austeníticos. Esse elemento atua reduzindo o mecanismo de precipitação de fases como σ , χ e outros intermetálicos (McGUIRE, 2008);
- **Silício** - é utilizado para promover resistência à oxidação e resistência à corrosão por oxidação ácida (McGUIRE, 2008).
- **Fósforo** - é uma impureza para a qual não existe tecnologia praticável para sua remoção do aço inoxidável. Qualquer processo conhecido para removê-lo primeiro remove cromo. Assim, existe em quase todo o aço inoxidável em níveis próximos do seu limite normal de especificação, cerca de 0,030 % em ligas austeníticas e 0,020 % ou menos em ligas ferríticas. Os efeitos deletérios do fósforo sobre a corrosão não são evitados a menos que sejam alcançados níveis muito mais baixos. Por conseguinte, sua presença é tolerada, uma vez que não tem efeito diferencial ao longo da faixa em que se encontra. (McGUIRE, 2008)
- **Enxofre e oxigênio** - são considerados impurezas porque eles formam inclusões, geralmente sulfetos/silicatos de cromo e manganês. Se estiverem presentes em quantidades suficientes, o enxofre e o oxigênio precipitam como inclusões primárias antes ou durante a solidificação. Na maioria das ligas inoxidáveis austeníticas, o sobressalente desses elementos está perto da saturação na ferrita solidificada em temperaturas muito elevadas e, em seguida, congelada num estado de sobressaturação na austenita, quando esta se forma durante o resfriamento. O enxofre e o oxigênio precipitam então durante o resfriamento ou no subsequente trabalho a quente, como inclusões isoladas. A interface entre as inclusões e a matriz é o foco de iniciação de pontos de corrosão, muito provavelmente devido à diminuição do cromo que ocorre durante e como resultado do crescimento das inclusões. Quando uma liga solidifica como

austenita, o enxofre imediatamente segrega para os contornos de grãos, devido à sua baixa solubilidade na austenita, e que forma uma película de baixa resistência com uma temperatura de fusão baixa. Isso causa uma baixa trabalhabilidade a quente e fissuração a quente durante processos de solda. (McGUIRE, 2008)

São definidos assim dois padrões de composição química, pela ISO e pela ASTM, como mostrado na tabela a seguir:

Tabela 1 – Comparativo entre as composições químicas exigidas pelas normas ISO 5832-1 e ASTM F 138

Elemento	ISO 5832-1 (ISO, 2007)	ASTM F138 (ASTM, 2013)
C	0,03 máx.	0,03 máx.
Si	1,0 máx.	0,75 máx.
Mn	2,0 máx.	2,0 máx.
P	0,025 máx.	0,025 máx.
S	0,010 máx	0,010 máx
N	0,10 máx	0,10 máx.
Cr	17,0 – 19,0	17,0 – 19,0
Mo	2,25 – 3,0	2,25 – 3,0
Ni	13,0 – 15,0	13,0 – 15,0
Cu	0,50 máx	0,50 máx
Fe	Restante	Restante

Comparando-se as duas normas, verifica-se que o teor de Silício permitido pela norma ISO 5832-1 é maior que o permitido pela norma ASTM F-138. O teor reduzido de Silício é responsável pela redução na formação de inclusões de Silicatos e provê uma maior estabilidade da Austenita.

4 PROPRIEDADES DO AÇO INOX AVALIADAS

4.1 RESISTÊNCIA À CORROSÃO

A fim de garantir a resistência à Corrosão, cada corrida da liga, quando obtida dentro das condições acima, deve ainda obedecer ao PRE(i) (*Pitting Resistance Equivalent* ou equivalente de resistência à corrosão por Pite) que define a capacidade do material a resistir à corrosão, que é dado pela equação (i) abaixo:

$$PRE = \% Cr + 3,3 * \% Mo \quad (i)$$

Tabela 2 – Comparativo entre os parâmetros de PRE exigidos pelas normas ISO 5832-1 e ASTM F 138

Parâmetro	ISO 5832-1	ASTM F138
PRE	>= 26	>= 26

Pode-se verificar, nesse parâmetro, que ambas as normas mantêm o mesmo requisito.

4.2 NÍVEIS DE INCLUSÕES

As inclusões não metálicas, que tem a forma de partículas alongadas ou de esferas, surgem a partir da combinação do enxofre, do manganês, do silício e do alumínio com outros elementos na estrutura do aço. Ficam espalhadas no interior da liga metálica. A Alumina, formada pela combinação do alumínio com

o oxigênio (Al_2O_3), que em, quantidades reduzidas, afeta minimamente o aço por se apresentar em forma de partículas muito pequenas. Os Silicatos, formados a partir do Silício, propiciam o aparecimento de microtrincas no aço, assim como os Sulfetos, formados a partir do Enxofre, porém em menor intensidade. O cobre, resíduo proveniente do uso de sucatas, e alguns gases (Hidrogênio, Oxigênio e Nitrogênio) que são introduzidos durante o processo de fabricação, também são classificados como inclusões nos aços. A partir do conhecimento dos efeitos das impurezas nos aços, e do controle das mesmas e pela verificação exata da composição química do aço, tem-se a possibilidade de se obter o material mais adequado a cada processo de fabricação e ao tipo e aplicação da peça a ser fabricada. Para fins de classificação no material, as inclusões são divididas nos tipos A (Sulfetos), B (Alumina), C (Silicatos) e D (Óxidos) e são determinadas de acordo com a norma ASTM E 45. Ficam definidos os seguintes parâmetros quanto às inclusões para os aços de implantes.

Tabela 3 – Comparativo entre as inclusões exigidas pelas normas ISO 5832-1 e ASTM F 138

Parâmetros	ISO 5832-1	ASTM F138
Inclusões	Tipo A, B, C e D. Máx 1,5 Finas/ 1,0 Grosseiras	Tipo A, B, C e D. Máx 1,5 Finas/ 1,0 Grosseira

1,5 e 1,0 indicam a quantidade de inclusões por unidade de área a uma ampliação de 100x.

4.3 MICRO ESTRUTURA

A microestrutura dos aços inoxidáveis para implantes ortopédicos devem respeitar alguns requisitos:

4.3.1 PRESENÇA DE CARBONETOS

O aço inoxidável austenítico deve estar livre de Carbonetos de cromo. O Carboneto $M_{23}C_6$ é o mais observado nesses aços. Sua precipitação ocorre quando o mesmo é exposto por tempos prolongados na faixa de temperatura entre 500 e 950°C. Seu surgimento é preferencial nos contornos de grão, provocando uma redução no teor de Cromo nessas regiões abaixo de 12%, fazendo com que nessa região o material deixe de ser inoxidável, principalmente devido aos meios corrosivos ao qual o implante é submetido. Portanto, deve-se executar um resfriamento rápido para que o material não passe de forma lenta por essa faixa de temperatura. Na figura a seguir (figura 1), verifica-se graficamente, o efeito da sensitização na redução do teor de cromo próximo às fronteiras dos grãos.

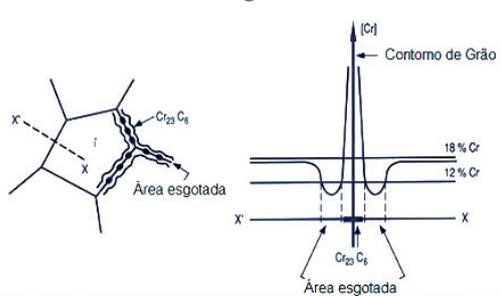
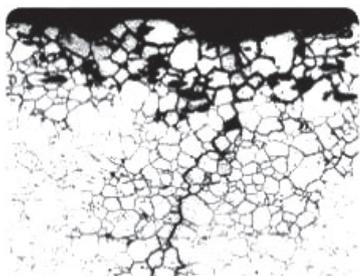


Figura 1 - Diagrama que apresenta o fenômeno de esgotamento nos contornos de Grão. Adaptada de: <http://www.christoforidis.gr/en/intergranular_corrosion.php >.

Na figura a seguir (figura 2), pode-se visualizar uma micrografia demonstrando a oxidação nos contornos de grão.



Micrografia apresentando a oxidação nos contornos de Grão

Figura 2 - Micrografia da oxidação nos contornos de Grão. Adaptada de: <http://www.christoforidis.gr/en/intergranular_corrosion.php >.

N. Parvathavarthini e R.K. Dayal (V.S. RAJA, TETSUO SHOJI, 2011) definiram que:

$$Cr^{eff} = Cr + 1,45 * Mo - 0,19 * Ni - 100 * C + 0,13 * Mn - 0,22 * Si - 0,51 * Al - 0,20 * Co + 0,01 * Cu + 0,61 * Ti + 0,34 * V - 0,22 * W + 9,2 * N$$

onde Cr^{eff} é um indicativo da atividade do cromo na interface entre o carboneto e a matriz

Em alguns experimentos, Parvathacarthini e Dayal, observaram que com $Cr^{eff} = 12,57$ o tempo mínimo para início da sensitização foi de 0,42 h. Com alteração do Cr^{eff} para 14,36 o tempo passou para 4,5 h e com um Cr^{eff} de 16,03 o tempo passou para 185 h, o que demonstra que um maior valor de Cr^{eff} leva a um esvaziamento menos severo dos contornos de grão.

Ambas as normas, tanto ISO 5832-1 quanto ASTM F138 preveem ausência de Carbonetos de cromo.

4.3.2 FORMAÇÃO DE FASES: Os implantes ortopédicos devem ser livres ferrita delta, fases Chi e Sigma.

Tabela 4 – Comparativo entre condições de Ferrita Delta exigidas pelas normas ISO 5832-1 e ASTM F 138

Parâmetros	ISO 5832-1	ASTM F138
Ferrita Delta	Isento	Isento

4.3.2.1 FERRITA DELTA

É visível quando é examinada a seção longitudinal após ataque com um reagente a base de cloreto cúprico, ácido hidroclórico e etanol.

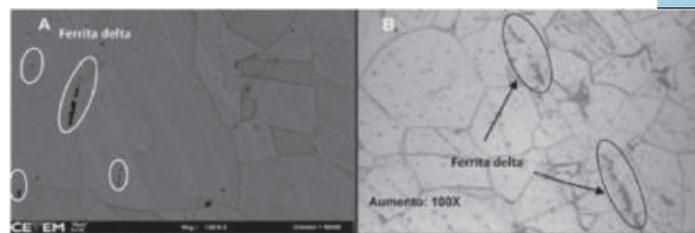


Figura 3 - Caracterização química e metalográfica dos aços inoxidáveis de implantes removidos de pacientes - Elison da Fonseca e Silva; Luiz Fernando Cappa de Oliveira - Acta ortop. bras. vol.19 nº.5 São Paulo 2011

Como referência para controle da formação de fase ferrítica no processo de solidificação da liga, adota-se o Diagrama de Schaeffler-Delong (Outokumpu), que prediz a formação de fases de acordo com a variação da composição química, como demonstrado a seguir. O diagrama parte da definição do Cromo equivalente (influenciado pela participação de todos os elementos estabilizadores da fase ferrítica) e Níquel equivalente (influenciado pela participação de todos os elementos estabilizadores da fase austenítica).

$$Cr_{eq} = \%Cr + 1,5 * \%Si + \%Mo$$

$$Ni_{eq} = \%Ni + 30(\%C + \%N) + 0,5 * (\%Mn + \%Cu + \%Co)$$

Definidos os dois parâmetros, com a entrada destes no diagrama, a intersecção define se a liga formará ou não Ferrita Delta.

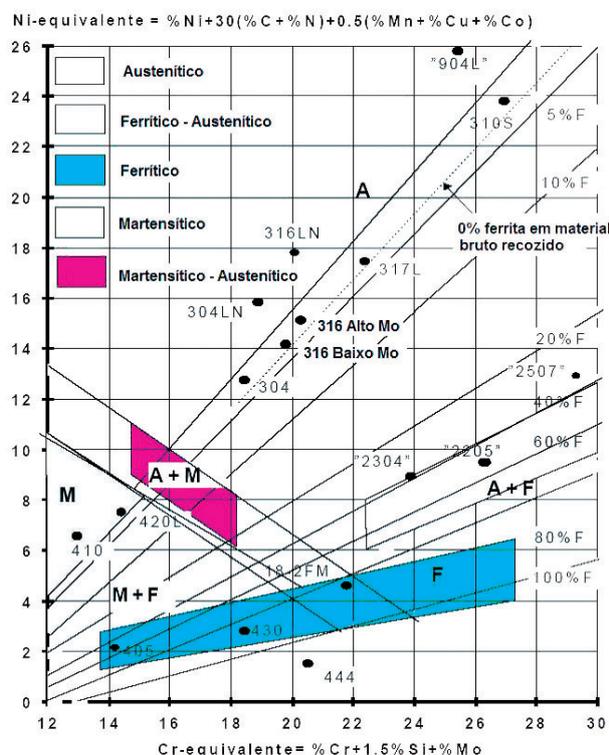


Figura 4 - Diagrama de Schaeffler-Delong. Adaptado de: <http://club.51bxg.com >.

4.3.2.2 FASES CHI E SIGMA

Tabela 5 – Comparativo entre as condições de Fases Chi e Sigma exigidas pelas normas ISO 5832-1 e ASTM F 138

Parâmetros	ISO 5832-1	ASTM F138
Fases Chi e Sigma	Isento	Isento

Fases Chi e Sigma são visíveis quando o material é preparado de acordo com a Norma ASTM E407.

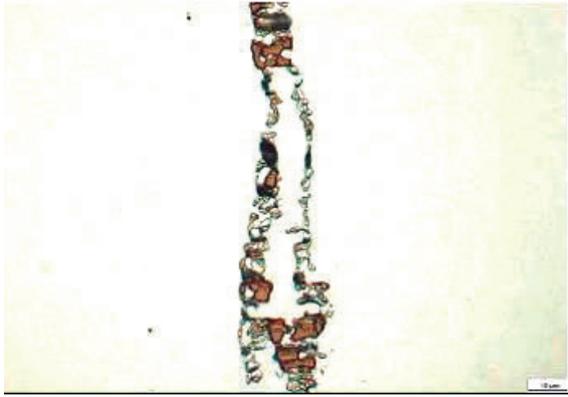


Figura 5 - Caracterização da fase Sigma em Aço Inoxidável AISI 316. Adaptado de Xiaoli Tang - Swagelok Company - EUA - 2005

Assim como a fase Sigma (σ), a fase Chi (χ) também é prejudicial ao aço por dois motivos: fragiliza o material e empobrece a matriz em Cr, Mo, Ti, Nb e V. Em aços inoxidáveis austeníticos, a fase chi é observada em temperaturas acima de 700°C (VACH et al., 2008)

A nucleação da fase chi ocorre na seguinte sequência: contornos de grão, interfaces coerentes e após mais de 100h em temperatura, intergranularmente (WEISS e STICKLER, 1972)

4.4 QUANTO AO TAMANHO DE GRÃO

A análise do Tamanho de Grão deve ser feita de acordo com a norma ASTM E 112 (ASTM, 2013)

Tabela 6 - Comparativo entre as exigências quanto a tamanho de grão pelas normas ISO 5832-1 e ASTM F 138

Parâmetros	ISO 5832-1	ASTM F 138
Tamanho de grão	Nº 5 ou mais fino	Nº 5 ou mais fino permitido Grãos de tamanho 4 em pontos isolados da estrutura

A análise do tamanho de grão deve ser realizada com ampliação de 100x e comparada com os tamanhos padronizados pela ASTM E-112. A comparação pode ser visual, na própria objetiva do microscópio, através de um retículo padronizado como o modelo:

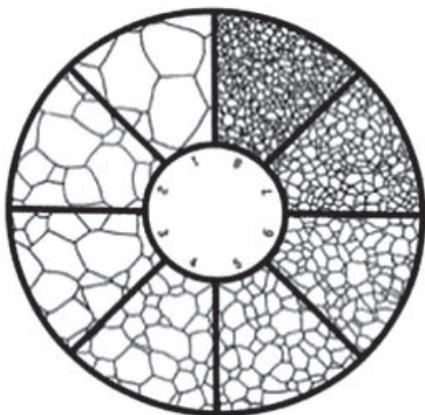


Figura 6 - Exemplo de retículo para ocular utilizado para comparação com uma imagem em tempo real. Fonte: < <http://www.olympus-ims.com/en/applications/grain-size-analysis/> >

ou pode ser feito através de medição pelo método de interceptos, também definido pela norma ASTM E 112. O método a ser utilizado deve ser escolhido de acordo com o objetivo da análise.

Existem ainda softwares apropriados que fazem a medição de forma mais precisa que os dois métodos acima mencionados. Cabe destacar que o Número do Tamanho de Grão é inversamente proporcional a seu tamanho, ou seja, grão 1 é maior que grão 8. Um tamanho de grão menor é desejável a fim de prover uma boa combinação das propriedades de tensão e fadiga, pois grãos maiores facilitam a propagação de trincas devido à fadiga, enquanto grãos menores dificultam sua propagação. Isso ocorre em virtude das zonas de contorno de grão serem zonas de alta energia, o que dificulta a propagação das trincas. O tamanho de grão está diretamente ligado a dois fatores: aquecimento e processamento mecânico.

5 SENSITIZAÇÃO

Tabela 7 - Comparativo entre as exigências quanto a testes de corrosão pelas normas ISO 5832-1 e ASTM F 138

Parâmetros	ISO 5832-1	ASTM F138
Teste de Corrosão	Livre	ASTM A262 - E

Apesar da norma ISO 5832-1 não prever o teste de corrosão, os fabricantes de implantes seguem a norma ASTM F138 e realizam o ensaio previsto na norma ASTM A 262 (ASTM, 2014), na Prática E, também conhecida como Ensaio de STRAUSS. Utilizada para determinação da corrosão intergranular dos aços austeníticos, o ensaio consiste na exposição durante 24 horas de um corpo de prova apropriado de aço inoxidável austenítico, envolvido completamente em limalhas ou granalhas de cobre, em uma solução ácida fervente de 16% de ácido sulfúrico e 10% de sulfato de cobre em água destilada. Após a exposição na solução fervente, o corpo de prova é dobrado a 180° sobre um diâmetro igual à sua espessura e depois inspecionado visualmente objetivando a detecção de trincas. O exame pode ser feito com aumento máximo de 20 vezes. Se forem observadas trincas, o material deve ser considerado sensitizado.

6 CONDIÇÕES EXIGIDAS AO IMPLANTE

6.1 APÓS O PROCESSO DE FORJAMENTO

O processo de forjamento em si não interfere na composição química, pois durante o processo não ocorrem mecanismos de difusão. Após a realização desse processo, é necessário avaliar as condições metalúrgicas da peça. No entanto, para que as características mecânicas sejam atendidas, é necessário que a peça seja submetida a um processo de solubilização, de modo que todos os possíveis carbonetos de cromo sejam dissolvidos da matriz, reduzindo os riscos de corrosão intergranular. Para o implante após o processo de forjamento, existem normas específicas que definem as características a serem avaliadas. Tanto para ISO como ASTM:

Tabela 8 – Comparativo entre as exigências aos implantes forjados pelas normas ISO 15374 e ASTM F 621

Parâmetros	ISO 15374 (ISO,1998)	ASTM F 621 (ASTM,2012)
Material	De acordo com a NBR ISO 5832	De acordo com a ASTM F 138
Fabricação	Por forjamento	Por forjamento
Estrutura	Não mencionada	Se possível que o escoamento do metal seja tal que mais favoreça à resistência mecânica
Temperatura	Deve ser controlada antes do forjamento	Não mencionado
Superfície	Todos os forjados devem ser desincrustados por técnicas adequadas e decapados, se necessário	Isto de dobras, trincas e falhas superficiais que comprometam o produto final
Tratamento térmico	Acordado entre cliente e fornecedor	Após forjamento os produtos devem sofrer um tratamento de solubilização
Ensaio Mecânicos	Corpos de prova de acordo com a ISO 5832	De acordo com os requisitos da norma ASTM F 138 Ensaio de acordo com a ASTM E 8
Microestrutura	Livres de evidências de sub-aquecimento, super-aquecimento, ou segregação prejudicial	Não mencionado
Tamanho de Grão	De acordo com a ISO 5832	Deve ser 4 ou mais fino. Nenhuma região exibindo grão maior que 3 deve ser permitida
Teste de corrosão	Não mencionado	Os forjados devem atender a ASTM A 262 prática E
Penetrante Fluorescente	Não mencionado	Deve ser realizada inspeção de acordo com a Prática E 165
Rastreabilidade	Deve ser mantida da fabricação ao fornecimento	Deve ser feita separação por lote (corrida de fabricação e matéria prima)

Feita a solubilização, devem ser analisados os seguintes parâmetros: Tamanho de Grão e Propriedades Mecânicas. Apesar da necessidade de solubilização as normas preveem três diferentes estados para avaliação das propriedades mecânicas: Re cozido, Trabalhado a frio e Extra duro.

Tabela 9 – Comparativo entre as exigências quanto a ensaios mecânicos pelas normas ISO 5832-1 e ASTM F 138

ITEM	Estado	ISO 5832-1	ASTM F138
LIMITE DE ESCOAMENTO(MPa)	Re cozido	190	190 Mínimo
	Trabalhado a frio	690	690 Mínimo
	Extra duro	Não definido	Não definido
LIMITE DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO(MPa)	Re cozido	490 a 690	490 Mínimo
	Trabalhado a frio	860 a 1100	860 mínimo
	Extra duro	Acima de 1400	1350 mínimo
ALONGAMENTO(%)	Re cozido	40 Mínimo	40 Mínimo
	Trabalhado a frio	12	12
	Extra duro	Não definido	Não definido

6.2 ACABAMENTO SUPERFICIAL

Inicialmente, realiza-se uma decapagem do implante forjado, por processo eletrolítico, para eliminação da camada superficial escurecida provocada pelo processo de forjamento devido à oxidação. Em função da geometria, a grande maioria das peças é previamente submetida a processos de usinagem, passando então por lixamento, para remover marcas, irregularidades e rebarbas e posteriormente pelo processo de polimento mecânico ou eletropolimento. Atualmente alguns processos já são inclusive executados de forma automatizada para garantir a qualidade do produto.

A etapa final no processamento de implantes é a imersão em ácido nítrico para remover partículas de ferro da superfície e para espessar artificialmente a camada superficial de óxido, conhecido como passivação. Os implantes femorais devem ser submetidos a ensaio de corrosão, depois de acabados, em concordância com a norma ASTM F1875 (ASTM, 2014), que define os testes e métodos de caracterização dos ensaios de corrosão por fresta, para avaliação da estabilidade mecânica da união da cabeça modular com o cone do implante e das junções de implantes modulares. Feito isso, passando por todos os controles dimensionais, o implante deve ser preparado para o processo de embalagem, sendo que o processo deve ser rigorosamente controlado para evitar contaminantes no produto.

7 CONCLUSÕES

A norma NBR15165 (ABNT, 2013) estabelece orientações e identifica requisitos para marcação, embalagem e rotulagem de implantes para ortopedia, servindo como suporte para requisitos da legislação nacional vigente. Pelas exigências normativas e pelos dados apresentados neste artigo, pode-se verificar que diferentes fatores influenciam o resultado do implante acabado, porém apenas questões relacionadas ao material, aos processos de fabricação, controles mecânicos e metalúrgicos são definidos por ambos os organismos internacionais (ISO e ASTM), apesar de divergências. Pelos dados apresentados, pode-se observar que, além da composição química, o segundo fator de maior relevância é o aspecto metalúrgico relacionado ao tamanho de grão, uma vez que não é possível verificá-los por simples inspeção sendo necessária a realização de um ensaio destrutivo. Constatou-se que há uma vasta literatura a respeito de estudos de crescimento de grão em materiais submetidos a processos de deformação a frio (ANDERSON et al., 1983 e FELTHAM, P., 2003), porém, são poucos os trabalhos que abordam de forma específica o equacionamento do crescimento de grão para um aço inoxidável austenítico destinado à fabricação de implantes ortopédicos a partir da condição solubilizada que é recebida de uma usina ou revenda de materiais destinados ao forjamento. Como trabalhos futuros, propõem-se as seguintes investigações com bases no aço 316LVM destinado à fabricação de implantes ortopédicos:

- Identificar as variáveis que influenciam o crescimento de grão durante o processo de forjamento;
- Determinar a relação de tais variáveis com o crescimento de grão no material;

- Elaborar um equacionamento que garanta o controle do crescimento de grão.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Manual para Registro de Implantes Ortopédicos na Anvisa**. Parte I. São Paulo, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15165**: Implantes para ortopedia — Orientações e requisitos para marcação, embalagem e rotulagem. Rio de Janeiro, 2013.
- ANDERSON, M.P.; SROLOVITZ, D. J.; CREST, G. S. e SAHNI, P. S. Computer Simulation of Grain Growth - I. Kinetics. **Acta Metallurgica**. Volume 32, Issue 5, Pags 783–791, Maio, 1984
- ASSOCIATION OF METALS. Handbook, Volume 1, **Properties and selection**: Irons, Steels and High Performance Alloys, Specialty Steels and Heat-Resistant Alloys, Wrought Stainless Steels. Ohio, 2002.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **A262**: Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels. Pennsylvania, 2014.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E112**: Standard Test Methods for Determining Average Grain Size. Pennsylvania, 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E45**: Standard Test Methods for Determining the Inclusion Content of Steels – Annual Books of ASTM Standards, Section 3, Volume 03.01, ASTM, West Conshohocken, p. 163-176, 1999.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **F138**: Standard Specification for Wrought 18 Chromium-14 Nickel-2.5 Molybdenum Stainless Steel Bar and Wire for Surgical Implants (UNS S31673), Pennsylvania, 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **F1875**: Standard Practice for Fretting Corrosion Testing of Modular Implant Interfaces: Hip Femoral Head-Bore and Cone Taper Interface. Pennsylvania, 2014.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **F2068**: Standard Specification for Femoral Prostheses – Metallic Implants. Pennsylvania, 2009.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **F621**: Standard Specification for Stainless Steel Forgings for Surgical Implants, Pennsylvania, 2012.
- FELTHAM, P. - Grain growth in metals. – **Acta Metallurgica**. Vol. 5 - fev 1957, pag 97-105, Maio, 2003.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **15374**: Implants for surgery - Requirements for production of forgings. Geneva, 1998.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **5832-1**: Implants for surgery - Metallic materials -- Part 1: Wrought stainless steel. Geneva, 2007
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **6892-1**: Metallic materials -- Tensile testing -- Part 1: Method of test at room temperature. Geneva, 2009.
- LYMAN, D.J., SEARE Jr. Biomedical materials in surgery. **Materials Science**. v. 4, p. 415-433, 1974.
- McGUIRE, M. **Stainless Steels for Design Engineers**. ASM International, 2008.
- OUTOKUMPU Stainless AB - Handbook of Stainless Steels, 2013
- PADILHA, A.F.; GUEDES, L.C. **Aços Inoxidáveis Austeníticos**. Microestrutura e Propriedades – 2004.
- AJA, V.S.; SHOJI, T. **Stress Corrosion Cracking** – Theory and practice. p. 456, 2011.
- VACH, M.; KUNIKOVÁ, T.; DOMÁNKOVÁ, M.; ŠEVC, P.; ČAPLOVIČ, L.; GOGOLA, P.; JANOVEC, J. **Evolution of secondary Phases in Austenitic Stainless Steels During Long-Term Exposures at 600, 650 and 800 °C**, **Materials Characterization** 59. p. 1792-1798, 2008.
- WEISS, B., STICKLER, D. R. - Phase Instabilities During High Temperature Exposure of 316 Austenitic Stainless Steel – **Metallurgical Transaction** – Volume 3 – Abril, 1972.

LIVROS DIDÁTICOS NA ALFABETIZAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS: UM ESTUDO SOBRE AS ATIVIDADES DE APROPRIAÇÃO DA ESCRITA ALFABÉTICA

TEXTBOOKS IN ADULT AND YOUTH LITERACY: A STUDY OF MASTERING ACTIVITIES OF ALPHABETIC WRITING

Data de entrega dos originais à redação em: 14/12/2015
e recebido para diagramação em: 29/05/2016.

Eliene da Rocha Carvalho ¹

Neste artigo, analisar-se-á as atividades de reflexão da escrita alfabética propostas por livros didáticos de alfabetização incluídos no Programa Nacional de Livro Didático para a Educação de Jovens e Adultos (PNLD/EJA). Observou-se, no Brasil, com o avanço dos estudos da "psicogênese" e "letramento" na década de 1990, pouco investimento em atividades no nível da palavra que promovam a reflexão entre a pauta sonora e a escrita. Verificou-se, nos últimos anos, que os livros didáticos ofereciam ao educando muitas atividades com textos, todavia não ofereciam atividades no nível da palavra, resultando em dificuldades na aquisição da escrita alfabética. Apresenta-se a análise das coleções do PNLD/EJA 2014, identificando se estas oferecem atividades que garantam as reflexões necessárias ao processo de apropriação da escrita alfabética.

Palavras-chave: Alfabetização. Livros Didáticos. Educação de Jovens e Adultos.

This article aims to analyze the activities of alphabetic writing proposals for literacy textbooks included in the National Textbook Program for Youth and Adults (PNLD/EJA). It has been observed in Brazil, with the advancement of studies of "psychogenesis" and "literacy" in the 1990s, little investment in activities at the level of the word which would promote reflection between the sound agenda and writing. In recent years, there has been noticed that the textbooks offered students many activities with texts, but did not offer activities at word level, resulting in difficulties in the acquisition of alphabetic writing. This paper presents the analysis of collections of PNLD/EJA 2014, identifying whether the proposed activities in these materials offer adequately reflections on alphabetic writing.

Keywords: Literacy. Textbooks. Youth and Adults Education.

1 INTRODUÇÃO

A Educação de Jovens e Adultos (EJA) é uma modalidade de ensino muito singular que surgiu a partir do processo histórico de desigualdade escolar, característico da realidade social e cultural brasileira. Essa modalidade de ensino é um direito dos cidadãos brasileiros garantido pela Constituição de 1988. Muitos municípios brasileiros já possuem redes de ensino de EJA consolidadas, em outros, é um processo em construção ou ainda inexistente.

A garantia de acesso das redes de ensino ao PNLD/EJA (Programa Nacional do Livro Didático) é um avanço na política de oferta de educação à Jovens e Adultos.

Este artigo apresenta o resultado de uma pesquisa que tratou especificamente o segmento de alfabetização, correspondente aos primeiros anos de escolarização e que encarrega-se de oferecer a apropriação da escrita e da leitura, sendo o objeto deste estudo a apropriação da escrita. O que não quer dizer que leitura e escrita sejam distintas, pois sabe-se que escrita e leitura se relacionam no processo de alfabetização: alguns educandos desenvolvem a escrita primeiramente, outros a leitura; porém o recorte nesta pesquisa é análise de livros didáticos, no que concerne à apropriação da escrita.

Nesta pesquisa analisou-se os Livros Didáticos (LDs) elaborados para a alfabetização e propostos a essa

modalidade de ensino pelo PNLD/EJA (Programa Nacional do Livro Didático/EJA), em 2014.

O estudo analisou as atividades para apropriação da escrita, à luz de referências como: Albuquerque e Leal (2007), Morais (2012), Albuquerque, Morais e Leal (2013).

Este texto, primeiramente, apresentará um resumo das principais concepções de Alfabetização de Jovens e Adultos a partir do século XX, desde o uso de cartilhas, apontando os principais métodos de ensino adotados. Em seguida, um breve histórico da produção de materiais didáticos para a EJA, principalmente, o surgimento do PNLD/EJA. Em um terceiro momento, detalhar-se-á a referência teórica, expondo um pouco da concepção de alfabetização que orienta essa pesquisa. Na quarta parte do texto, dedicar-se-á a metodologia orientada por dimensões de análise elaboradas a partir de Albuquerque, Morais e Leal (2013). Na quinta parte, trata-se da análise das obras e para concluir, apresenta-se os resultados obtidos.

2 CONCEPÇÕES DE ALFABETIZAÇÃO NO BRASIL

Far-se-á aqui uma breve retomada das concepções de alfabetização no Brasil no último século, buscando resgatar evidências de avanços e retrocessos na alfabetização brasileira.

¹ Pós-Graduada no Curso de Especialização *Latu Sensu* em Educação Profissional integrada à Educação Básica na modalidade de Educação de Jovens e Adultos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Câmpus São Paulo. Graduada em Pedagogia pela Universidade Federal de São Paulo. Professora da Educação de Jovens e Adultos na Rede Municipal de São Bernardo do Campo e Professora da Educação Infantil na Rede Municipal de São Paulo. < carvalho_eliene@hotmail.com >.

No século XX, período em que houve o início da expansão da escola brasileira, ainda que para as elites, a aprendizagem da escrita fazia-se com uso de cartilhas. Mortatti (2000) realizou estudo documental sobre relações entre teorias e práticas no ensino de língua materna, na escola pública brasileira. A pesquisa investigou a documentação pedagógica de 1876 a 1994, e encontrou uma variedade de cartilhas e métodos de alfabetização para o ensino de língua materna nesse período.

A primeira cartilha citada no estudo foi *Cartilha Maternal* ou *Arte da Leitura*, a qual foi escrita por João de Deus e publicada em Portugal em 1876.

As cartilhas que passaram a ser divulgadas e usadas no Brasil trouxeram ao longo da história diferentes métodos de aprendizagem da língua materna. A *Cartilha Maternal* ou *Arte de Leitura*, de 1876, baseava-se na palavração¹. Outras cartilhas do mesmo período baseavam-se em métodos sintéticos-soletração e silabação². A partir de 1890, passou-se a defender o método analítico³. A Escola Normal de São Paulo passou a defender e produzir cartilhas orientadas por esse método. A partir de 1920, percebeu-se uma disputa entre os defensores do método misto (analítico-sintético ou sintético-analítico) e partidários do método analítico. Depois desse período, as discussões sobre qual o método era mais eficaz foi sendo relativizada e o uso de diferentes métodos passou a ser aceitável.

Outro estudo sobre esse tema é de Bertoletti (2006), que pesquisou a propagação das cartilhas, os métodos, a organização e seus objetivos didáticos. Nesse estudo, a autora analisou a *Cartilha do Povo e Upa, cavalinho*, para ensino de escrita e leitura de crianças e adultos, de autoria de Lourenço Filho, adotada pela Escola Normal de São Paulo, como método de ensino.

A partir destas publicações percebe-se que a década de 1980 caracterizou-se por uma mudança profunda no ensino da língua materna, polarizando uma disputa entre defensores das tradicionais cartilhas (tradicionais métodos, principalmente o misto) e partidários do construtivismo e das pesquisas de psicogênese da pesquisadora argentina Emilia Ferreiro.

Nesse contexto de uso de cartilhas e defesas de diferentes métodos, a alfabetização ainda não era uma realidade acessível aos brasileiros de diferentes estratos sociais. Diante das profundas desigualdades sociais, surgiram, no Brasil, a partir da década de 1960, as experiências de educação popular.

Paulo Freire (1987) foi o maior expoente dando início à várias experiências e publicando inúmeros trabalhos sobre a educação dos sujeitos preteridos socialmente. Em 1981, Carlos Rodrigues Brandão publicava "*O que é método Paulo*

Freire?", método de referência para a Educação Popular, cuja proposta era alfabetização e consciência social.

Paulo Freire (1967) elaborou uma concepção de alfabetização pautada em situações significativas da vida dos sujeitos, levando em consideração a cultura e as experiências dos jovens e adultos. Apontou a contradição existente no uso de cartilhas na alfabetização, pois as palavras e textos presentes nestes materiais eram fictícios, e muitas vezes desconhecidos dos sujeitos aprendizes.

Na verdade, somente com muita paciência é possível tolerar, após as durezas de um dia de trabalho ou de um dia sem "trabalho", lições que falam de ASA — "Pedro viu a Asa" — "A Asa é da Ave". Lições que falam de Evas e de uvas a homens que às vezes conhecem poucas Evas e nunca comeram uvas. "Eva viu a uva." (FREIRE, 1967, p. 104)

A partir de seus estudos, Freire (1967) comprovou a necessidade de usar no processo de alfabetização palavras-geradoras presente na cultura dos aprendizes. Os estudos de Paulo Freire contribuíram para a alfabetização de Jovens e Adultos e tornou-o reconhecido e respeitado em todo mundo. Segundo Brandão (1981), a metodologia utilizada na alfabetização proposta por Paulo Freire apoiava-se em palavras geradoras e análise das famílias silábicas da mesma. O adulto usava as sílabas para formar novas palavras e depois de aprender palavras passava a escrever textos. Por essa razão aponta-se que a base do método Paulo Freire era o método silábico, o que não reduz a importância de seu trabalho para a época, uma proposta inovadora com metodologia totalmente diferente das existentes até aquele período.

Entre as contribuições de Paulo Freire à educação estão: a superação dos textos fictícios propostos por cartilhas; o reconhecimento de que os educandos já possuem conhecimentos a partilhar; a defesa de uma alfabetização pautada no diálogo e a conscientização política, a partir das situações de vida dos sujeitos aprendizes.⁴

Apesar do surgimento de experiências de alfabetização como a de Paulo Freire, até a década de 1980, os métodos de alfabetização mistos (sintético-analíticos, analíticos-sintético) eram os que mais vigoravam no Brasil. Porém, a partir da década de 1980, chegaram ao Brasil os estudos sobre a *Psicogênese da Língua Escrita* das pesquisadoras argentinas Emilia Ferreiro e Ana Teberosky. Estas pesquisas mostraram cientificamente a necessidade de ultrapassar o método silábico, presente nas cartilhas e se alfabetizar em uma concepção construtivista. O método silábico ensinava a escrita alfabética a partir do ensino de famílias silábicas, por exemplo, ba, be, bi, bo, bu, e as demais formadas por consoante/vogal. No entanto, as pesquisas de Ferreiro (1999) mostraram que ensinar as famílias silábicas não faz sentido, pois os aprendizes se apropriam da escrita compreendendo questões do sistema de escrita como: não se escreve com números, mas com letras; existe uma relação entre a pauta sonora com a escrita;

4 Em 1964, o Educador Paulo Freire deu início à experiência de Angicos. Dentro do programa das Reformas de Base do presidente João Goulart, o método auxiliou na composição do Programa Nacional de Alfabetização, que Paulo Freire ajudou a desenvolver. O plano pretendia alfabetizar cinco milhões de jovens e adultos em dois anos. Logo após o golpe de 1964, um decreto dos militares extinguiu o programa. Ver < <http://www.todospelaeducacao.org.br/> >. Acesso em: 29 nov. 2015.

escreve-se da direita para a esquerda; as palavras têm quantidades diferentes de letras, etc. E para obter essas aprendizagens, é necessário mais do que memorizar as famílias silábicas. É preciso refletir sobre a escrita, sobre quais letras representam determinados fonemas.

Outra contribuição ao processo de alfabetização na década de 1990 foram os estudos da pesquisadora brasileira Magda Becker Soares, que tem mostrado a necessidade de pensar a alfabetização em um contexto de letramento. Para Soares (2003) é preciso ensinar a ler e escrever no contexto das práticas sociais da leitura e da escrita, de modo que o indivíduo se torne, ao mesmo tempo, alfabetizado e letrado.

Essas contribuições apontam para uma nova maneira de pensar a alfabetização, que agora deve estar integrada ao letramento. Enquanto o processo de alfabetização caracteriza-se principalmente por levar o aprendiz a conhecer as convenções da escrita, da constituição das palavras, o processo de letramento deve preocupar-se com os usos, com as características da escrita em cada contexto, levando o aprendiz a compreender os diferentes usos da escrita e as características dos gêneros textuais.

Pesquisas publicadas na última década pelo pesquisador Artur Gomes de Moraes mostraram que as contribuições da Psicogênese provocaram muitas mudanças positivas nas metodologias de alfabetização, porém muitas práticas foram abandonadas, principalmente a reflexão sobre as unidades sonoras que compõem as palavras - as sílabas. Segundo Moraes (2012), não significa retornar o método silábico e passar a memorizar as famílias silábicas, mas é necessário compreender as unidades sonoras da palavra.

Albuquerque, Leal e Moraes (2013) pesquisaram, nas últimas décadas, a alfabetização de crianças, jovens e adultos. Em suas publicações, fica clara a preocupação em garantir os avanços das pesquisas sobre a alfabetização de jovens e adultos, e a necessidade de fomentar metodologias que levem o educando a se apropriar das propriedades do sistema de escrita.

Nesse percurso, observam-se avanços e retrocessos na alfabetização brasileira. Como avanço temos com a propagação das pesquisas da Psicogênese da Língua Escrita, um grande número de estudos que permitem entender por quais as etapas⁵ passam o aprendiz até chegar à escrita alfabética, desde a fase em que ainda não distingue letras de símbolos, desenhos, até a fase em que já consegue escrever palavras ortograficamente. É possível inclusive elaborar intervenções apropriadas para cada fase. Como retrocesso, na passagem de cartilhas para o construtivismo, perdemos a reflexão sobre o método e empobreceram-se as práticas que são indispensáveis para que os aprendizes se alfabetizem.

2 CARTILHAS E LIVROS DIDÁTICOS NA ALFABETIZAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

Quanto aos materiais pedagógicos usados na alfabetização, o que mais foi propagado no ensino brasileiro de crianças e adultos foram as cartilhas. Com a abolição destas por conta do desenvolvimento de pesquisas na área da Psicogênese, a maioria das escolas brasileiras passou a ter como subsídio ao educador alfabetizador apenas o

5 As fases mais conhecidas na ordem cronológica do processo são: pré-silábica, silábica sem valor sonoro, silábica com valor sonoro, silábico-alfabética e alfabética.

livro didático e a lousa. Muitos educadores, em meio ao vazio deixado pela abolição do uso de cartilhas passaram, inclusive, a usar na EJA as mesmas atividades elaboradas inicialmente para crianças. O que se observa com a abolição da cartilha é que o livro didático foi aos poucos tentando tomar esse lugar vazio, principalmente na alfabetização.

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) passou a atender as escolas de Ensino Fundamental desde 1929, e somente em 1996 o MEC (Ministério da Educação) encomendou à Ação Educativa a primeira coleção didática de livros para o 1º segmento da EJA⁶, que passou a ser adotada em 1997. Segundo Barboza (2006), no ano de 1996, o MEC (Ministério da Educação) encomendou à Ação Educativa⁷ a elaboração de uma proposta curricular para o primeiro segmento de EJA, e verificou-se a importância de elaboração de materiais didáticos para este segmento. A Ação Educativa elaborou, em 1997, também por encomenda do MEC, a primeira coleção didática de livros para o 1º segmento da EJA. Foi a partir da publicação dessa coleção que o mercado editorial passou a se interessar em publicar livros didáticos para a EJA.

Atualmente, o Ministério da Educação possui um Programa Nacional de Livro Didático de EJA (PNLD/EJA), onde os educadores escolhem os livros a partir de uma lista de livros aprovados pelo MEC. O processo de escolha é organizado pelo FNDE (Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Educação) e ocorre por meio das seguintes etapas.

O FNDE disponibiliza o guia de livros didáticos em seu portal na internet e envia o mesmo material impresso às escolas cadastradas no censo escolar. O guia orientará a escolha dos livros a serem adotados pelas escolas. Os livros didáticos passam por um processo democrático de escolha, com base no guia de livros didáticos. Diretores e professores analisam e escolhem as obras que serão utilizadas pelos alunos em sua escola. A formalização da escolha dos livros didáticos é feita via internet. De posse de senha previamente enviada pelo FNDE às escolas, professores fazem a escolha on-line, em aplicativo específico para este fim, disponível na página do FNDE⁸.

Com a inclusão da modalidade de Educação de Jovens e Adultos no PNLD, verificou-se um interesse das grandes editoras em organizar obras a serem escolhidas pelas redes de ensino.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Tem-se, nesta pesquisa, como referência teórica para a alfabetização de jovens e adultos os estudos de

6 1º segmento da EJA corresponde ao Ciclo de 1º ao 5º ano do ensino fundamental e refere-se à alfabetização e aprendizagens nas diferentes áreas de conhecimento (Português, Matemática, Geografia, História, Ciências e Artes) necessárias para prosseguir os estudos no 6º ano do ensino fundamental ou 2º segmento de EJA.

7 A **Ação Educativa, Assessoria, Pesquisa e Informação** é uma associação civil sem fins lucrativos fundada em 1994. Sua missão é promover direitos educativos, culturais e da juventude, tendo em vista a justiça social, a democracia participativa e o desenvolvimento sustentável. Para tanto, realiza atividades de formação e apoio a grupos de educadores, jovens e agentes culturais. Integra campanhas e outras ações coletivas que visam à realização desses direitos, no nível local, nacional e internacional. Desenvolve pesquisas, divulga informações e análises enfocando as políticas públicas na perspectiva dos direitos humanos e da igualdade étnico-racial e de gênero. Ver < <http://www.acaoeducativa.org.br> >. Acesso em: 26 abr. 2014.

8 < <http://www.fnde.gov.br> >. Acesso em: 26 abr. 2014.

psicogênese da língua escrita, que chegaram ao Brasil a partir da década de 1980 com Emília Ferreiro e Ana Teberosky (2009).

As pesquisadoras preocuparam-se com o fracasso da alfabetização na América Latina. Entre suas principais indagações estava entender como, apesar da variedade de métodos existentes, muitas crianças não aprendiam a ler e escrever.

Suas pesquisas descobriram que diferentemente do que pensavam os defensores dos métodos sintéticos e analíticos, o sujeito aprendiz é alguém “que procura ativamente compreender a natureza da linguagem que se fala à sua volta e que, tratando de compreendê-la, formula hipóteses, busca regularidades, coloca à prova suas antecipações [...]” (FERREIRO; TEBEROSKY, 2009, p. 24).

A teoria da psicogênese fez descobertas que eram desconhecidas das teorias associacionistas (dos métodos sintéticos, analíticos e fônicos). Descobre-se que, a criança tem conhecimentos prévios “sabemos que a criança que chega à escola tem um notável conhecimento de sua língua materna, um saber linguístico que utiliza ‘sem saber’ (inconscientemente) nos seus atos de comunicação cotidianos” (FERREIRO; TEBEROSKY, 2009, p. 27). Aqui no Brasil, Paulo Freire (1987) já havia tratado em sua teoria, da importância dos conhecimentos que os adultos não alfabetizados já possuem, explicando que o educador não deve ser depositário de conhecimento e o educando o receptor de conteúdos. Afirmando que “Ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo” (FREIRE, 1987, p. 68).

Em sua abordagem, Ferreiro e Teberosky (2009) fizeram muitas descobertas sobre os processos de aprendizagem do sujeito. Identificaram quais as etapas pelas quais o sujeito passa até se tornar alfabético. Segundo seus estudos as principais etapas de evolução da escrita são: *Pré-silábica* – Caracteriza-se por uma escrita na qual o aprendiz registra garatuñas, ou rabiscos, ou letras e números, sem estabelecer relação com a pauta sonora; *Silábica* – O aprendiz já percebe que a escrita nota a pauta sonora, podendo ser silábica sem valor sonoro, quando o aluno usa uma letra para cada sílaba, sem a correspondência da letra usada com seu valor sonoro, ou com valor sonoro, quando o aluno se preocupa em registrar letras que correspondam ao valor sonoro da palavra que escreveu; *Silábico-alfabética* – O aluno já percebe o som do interior das sílabas, e percebe a necessidade de mais de uma letra para formar uma sílaba, mas algumas vezes ainda usa apenas uma letra; *Alfabética* – Percebe que para escrever precisamos registrar todos os sons das palavras. Ainda poderá cometer erros, como trocar e S por Z, mas a consolidação das dúvidas ortográficas ocorrerá na fase posterior, a alfabética.

Dessa maneira, estes estudos inauguram na história da aprendizagem escolar uma nova concepção de pensar o processo de assimilação do conhecimento, atribuindo valor ao processo de assimilação do sujeito que aprende, e não mais no método. Ferreiro e Teberosky (2009) estão dizendo que cada sujeito assimila os estímulos de uma maneira diferente do outro, e portanto, não haveria sentido em apresentar um mesmo ritual de aprendizagem para todos, como aqueles de ma-me-mi-mo-mu. “O método (enquanto ação específica do meio) pode ajudar ou frear, facilitar ou dificultar; porém, não pode criar aprendizagem. A obtenção de conhecimento é um resultado da própria atividade do sujeito.” (FERREIRO; TEBEROSKY, 2009, p. 30)

A partir da década de 1990, as práticas de ensino de alfabetização passaram a ser elaboradas no Brasil, tendo como pressupostos as descobertas da Teoria da Psicogênese. Albuquerque e Leal (2007), Morais (2012), Albuquerque, Morais e Leal (2013), pesquisam e produzem estudos sobre a alfabetização de crianças, jovens e adultos a partir da Teoria da Psicogênese, na atualidade. Esses autores apontam a necessidade de oferecer diferentes tipos de atividades no processo de aquisição da escrita.

O que se propõe nesta pesquisa é analisar se os livros didáticos atendem às necessidades apontadas orientando-se a partir das pesquisas de Morais e Leal (2013).

4 METODOLOGIA

A pesquisa realizada analisou os livros didáticos aprovados pelo PNLD/EJA 2014, que neste estudo serão identificados por LD1, LD2, LD3, LD4, LD5 e LD6.

Nesta análise, não se pretende tratar questões referentes ao “*Letramento*”, sendo o recorte as atividades de apropriação da escrita alfabética e respectivas metodologias explícitas ou implícitas dos materiais didáticos de alfabetização.

A análise orientou-se por propriedades dos SEA (Sistema de Escrita Alfabética) propostas por Morais (2012), a partir das contribuições da Teoria da Psicogênese ao processo de alfabetização. Nesta concepção, o papel do professor é ser mediador do processo de aprendizagem, planejar boas situações didáticas, criar e selecionar bons recursos didáticos.

Morais e Leal (2013) elaboraram 10 categorias de atividades e as contribuições destas atividades para o aluno que está aprendendo a escrever. Apresenta-se, a seguir,

Quadro 1 - Livros Didáticos analisados

Código a ser usado nesta pesquisa	AUTORES	COLEÇÃO	LIVRO	EDITORA
LD1	Virginia Aoki	Eja moderna	<i>Eja moderna</i>	Moderna
LD2	Isabella Carpaneda Angiolina Bragança	Vida nova	<i>Vida nova</i>	FTD
LD3	Cassia Garcia de Souza Marinez Meneghello Angela Passos	É bom aprender	<i>É bom aprender</i>	FTD
LD4	Ana Julia Kloeppel Jeferson Freitas	Ler e pensar o mundo	<i>Ler e pensar o mundo</i>	Positivo
LD5	Jordana Thadei Márcia Mendonça Maria Amáble Mansutti	Viver, aprender	<i>Cultura escrita, trabalho e cotidiano</i>	Global
LD6	Jane Gonçalves	Alfabetiza Brasil	<i>Alfabetiza Brasil</i>	Terra sul

Fonte: Guia dos Livros Didáticos do PNLD EJA 2014/Ministério da Educação

uma breve descrição dos tipos de atividades adaptados a partir de Morais e Leal (2013) e as dimensões, que serão utilizadas nesta pesquisa.

4.1 Tipos de atividades e respectivas dimensões utilizadas na análise dos LDs

Dimensão 1 - Familiarização com as letras do alfabeto.

Este tipo de atividade é essencial para os adultos que estão na hipótese de escrita pré-silábica. Segundo Morais (2013, p.131) “[...] a experiência nos mostra que o aprendiz (jovem, adulto ou criança) se beneficia ao saber escrever, identificar e nomear as letras de nosso alfabeto”. As atividades podem variar, uma das mais comuns é uma sequência didática com nomes dos alunos. Este tipo de sequência pode ocorrer com uso de diferentes atividades, tais como: bingo de letras dos nomes dos alunos, quadro de nomes dos colegas que começam com a mesma letra, recortar de jornais/revistas e colar as letras do seu nome, com apoio de placa. Os bingos de letras do alfabeto em cartelas também ajudam muito. É importante que o aluno possa conhecer as diferentes grafias de letras: cursiva e imprensa. Os diferentes tipos de letras podem ser conhecidos pelo aluno, por meio de rótulos de embalagens, marcas de produtos, entre outros.

Dimensão 2 - Construção de palavras estáveis.

Estas atividades, geralmente, são listas de nomes dos alunos; lista de materiais escolares que usamos no dia-a-dia; listas de frutas; bairros, que ficam expostas, na sala, para os alunos consultarem. Em uma sequência didática de receitas, podemos usar lista de ingredientes, com imagens para o aluno ir apoiando-se nessas palavras e construindo outras. Esse tipo de atividade deve ser construída coletivamente, a partir do contexto de cada classe. Uma atividade que ajuda na construção de palavras estáveis é a escrita coletiva de cabeçalho; nome da escola; data; dia da semana; nome do professor e rotina do dia, na lousa. Os livros didáticos podem trazer listas mais gerais, palavras comuns ao brasileiro, mas diante da diversidade brasileira, cada educador deve selecionar as palavras a partir do contexto do aluno. O importante é atentar-se a necessidade de produzir listas com os alunos e deixar na classe para consulta, e propor diferentes atividades com as palavras destas listas. Com a lista de nomes da classe podem ser feitas cruzadinhas; bingos de nome; ordenação de nomes com letras móveis.

Dimensão 3 - Quantificação de letras e sílabas.

As atividades de quantificação de letras e sílabas fazem parte de um grupo de atividades de análise fonológica que buscam desenvolver a consciência fonológica, estes conceitos foram desenvolvidos por Morais (2013) e constitui um conjunto de habilidades necessárias para o aluno entrar na etapa de fonetização da escrita. Estas etapas são silábica, silábico – alfabética e alfabética. Neste tipo de atividade o educando compreende uma regra dos SEA (Sistema de Escrita Alfabética) que palavras possuem quantidades diferentes de letras e sílabas.

Dimensão 4 - Composição e decomposição de palavras.

Essas atividades auxiliam o aluno a fazer a correspondência fonema/grafema, quando ele precisa compor as palavras a partir de letras ou sílabas.

Uma atividade muito usada é mexe-mexe fechado, nesta atividade o aluno tem as letras ou sílabas e a figura, devendo montar a palavra correspondente. As atividades mais comuns de decomposição são aquelas de decompor palavras em sílabas, mas não é a única decomposição, o aluno pode ser desafiado a formar novas palavras a partir de outras. Ex: cola-saco: sacola.

Dimensão 5 - Comparação entre palavras escritas.

A comparação de palavras permite que o educando compare o som inicial, perceba a existência de uma palavra dentro de outra, identifique semelhanças e diferenças entre as palavras. Essa atividade também possibilita o desenvolvimento de habilidades fonológicas, quando permite a reflexão de som iguais, levando o aluno a perceber que sons iguais correspondem a grafias iguais. Essa correspondência fonema-grafema é uma etapa fundamental da alfabetização.

Outra atividade de comparação é a escrita e análise de palavras que começam com a mesma consoante e que mude a vogal, há a percepção de que o som inicial se modifica. Ex: barriga, botão, bexiga, binóculos, bule. Realizada esta atividade associando palavra e imagens com os alunos, os mesmos percebem essa propriedade do sistema de escrita alfabética, o valor sonoro das vogais. Não se está defendendo aqui, o ensino de sílabas descontextualizadas como BA-BE-BI-BO-BU, mas, uma reflexão a partir de palavras, que leve o aluno compreender essa propriedade do sistema de escrita. O aluno também pode comparar palavras parecidas, mas que mudam de significado por terem uma letra diferente: Ex: bola-bolsa.

Dimensão 6 - Identificação, comparação e formação de palavras com rimas.

O trabalho com rimas é muito importante para a alfabetização, pois contribui para a percepção de que sons iguais correspondem a segmentos escritos iguais. As atividades desta natureza são aquelas que demandam a localização de palavras que rimem entre si, produção de palavras que terminem com a mesma sílaba.

Dimensão 7 - Permuta, inserção ou retirada de letras e sílabas para a formação de novas palavras.

Estas atividades possibilitam aos alunos relacionar pauta sonora à escrita, percebendo que a troca, inserção de novas letras ou retirada, transformam uma palavra em outra. Exemplo: pote – ponte – poste. Algo muito interessante é identificar palavras dentro de palavra. Em uma ocasião em sala de aula, colocou-se propositalmente a palavra Janela na lousa e foi solicitado para os alunos identificarem qual palavra era aquela, observou-se a seguinte reação: uma aluna adulta disse, “eu não sei a palavra toda, mas sei que ali no fim está escrito ‘ela’”. Isso é interessante, pois a aluna utilizou seu conhecimento prévio e pôde identificar outra palavra dentro de palavra. Por exemplo, carambola – bola, casamento – casa, colchão – chão, sacola – saco e cola. Outra atividade é a permuta de letras que leva o aluno a identificar a transformação de uma palavra em outra. Por exemplo, Gelo – belo, gola – bola, gato – bato/pato.

Dimensão 8 - Escrita de palavras através do preenchimento de lacunas.

Este tipo de atividade é muito importante na alfabetização. Em classes de EJA, costuma-se utilizar a imagem e colocar a palavra ao lado com as lacunas para letras. Podem, ainda, serem feitas lacunas para

sílabas também. Essas atividades podem ter lacunas de consoantes ou vogais. Exemplo: J_N_L_ , _A_E_A, TRABA__.

Dimensão 9 - Formação de palavras com a ordenação de letras e sílabas.

Aprende-se com Leal e Morais (2013) que os alunos precisam refletir para aprender, que a ordem em que as letras são grafadas corresponde a ordem em que os segmentos sonoros são pronunciados. Por isso, ordenar letras ou sílabas e formar palavras são importantes. Esse tipo de atividade é muito interessante com letras móveis. Em experiências em classe, passou-se a colocar em envelopes as letras ou sílabas e a imagem, deixando como desafio para o estudante montar a palavra. Este tipo de atividade requer o uso das tabelas de letras, que, geralmente, estão no final do livro. É importante que tenham diferentes tipos de letras nestas tabelas, pois assim pode-se diversificar e aumentar os desafios nos grupos heterogêneos. Também pode-se utilizar os campos semânticos, oferecer as letras e dizer que formarão nomes de frutas, produtos de limpeza, nomes de cidades.

Dimensão 10 - Leitura de palavras.

A leitura de palavras pode ocorrer de diferentes formas e não tem como objetivo que o aluno compreenda os textos, pois para essa compreensão é necessário um trabalho com textos, porém, de acordo com Leal e Morais (2013) a atividade de leitura de palavras vai possibilitar avanços ao alfabetizando que ainda não compreende o processo de fonetização da escrita. No processo de leitura de palavras o educando desenvolverá estratégias de identificar palavras estáveis, testar possibilidades e tentar ajustar a pauta sonora à escrita. As atividades mais comuns são: localizar uma palavra de uso comum em uma música, quadrinha, poema; circular em uma lista, palavras que a professora fala; relacionar palavras a imagem correspondente; organizar palavras de uma lista em campos semânticos: frutas, objetos, animais.

Dimensão 11 - Escrita de palavras.

A escrita de palavras na alfabetização ocorre, principalmente, por meio de listas, mas pode também ocorrer em sequências didáticas, como a sequência dos nomes dos alunos da classe. Para os alunos pré-silábicos, silábicos sem valor, considera-se essencial o uso de palavras conhecidas, como os nomes dos colegas de classe, nome de frutas, lista de supermercado. Outra atividade é o ditado mudo, com uso da imagem. O ditado mudo também pode ter apoio de banco de palavras para alunos em fase pré-silábicos ou silábicos com e sem-valor sonoro. É também possível o uso de marcadores como cruzadinhas, nas quais se pode identificar a quantidade de letras, e podem ser usadas para alunos em etapas iniciais, recomenda-se usar também banco de palavras. Há inúmeras possibilidades de propor atividades de escrita aos alunos adultos.

5 RESULTADOS

5.1 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DAS ATIVIDADES ENCONTRADAS NOS LDS

Para analisar os Livros Didáticos (LDS) organizou-se 11 dimensões. A seguir, detalhamento das atividades encontradas nos livros analisados, correspondentes à cada dimensão e uma análise de cada dimensão.

Dimensão 1 - Familiarização com as letras do alfabeto

LD1: Contém atividades com as letras do alfabeto, alfabeto maiúsculo e minúsculo de imprensa, exceto letra cursiva. Atividades com identificação de vogais e consoantes no nome do educando e do professor; completar a sequência do alfabeto; escrita de palavras que começam com vogais. Atividades para perceber a diferença entre letras e palavras. Atividades de identificação da última e da primeira letra de nomes próprios. Atividades solicitando qual a letra vem antes e depois: Ex: _P_. Colocar nomes de materiais escolares na ordem alfabética; circular a letra inicial dos meses do ano; identificar dias da semana que começam com a mesma letra; identificar nomes de estado que começam com a mesma letra. Identificar as siglas dos estados.

LD2: Traz atividades no nível da palavra com diferentes tipos de letras, exceto letra cursiva. Propõe atividades de comparação entre as letras, propõe atividades com as letras do nome do aluno e nomes de colegas da classe. Atividades com valor sonoro das vogais, escrever nomes de colegas que terminam com A e O; mudar a vogal dos nomes próprios e ver que forma outro nome; a partir de uma palavra com a letra "B" escrever nomes de pessoas que tenham essa letra; identificar vogais e consoantes de palavras; escreva palavras que comecem com a letra M e Z.

LD3: Oferece atividades com diferentes tipos de letras, de imprensa, letra cursiva, maiúsculas e minúsculas. Atividades com a sequência do alfabeto. Bingo de letras. Ditado de letras. Atividade com símbolos, números e letras, para circular apenas letras. Contagem de letras dos nomes dos alunos. Parear palavras iguais escritas com diferentes tipos de letras. Atividades com o próprio nome e nomes de colegas. Completar a sequência do alfabeto com vogais. Identificar e escrever nomes de colegas que comecem com vogais. Circular os nomes das pessoas que comecem com vogais. Circular as vogais dos nomes de pessoas.

LD4: Traz uma tabela de letras de imprensa e cursiva, com letras maiúsculas e minúsculas. Traz atividade de distinção entre letras, números e imagens. Pesquisa de letras em jornais e revistas. Atividade de identificação e nomeação de vogais e consoantes do nome do aluno. Atividade de colocar palavras em ordem alfabética. Atividade com siglas dos estados.

LD5: Atividade para completar a sequência do alfabeto. Atividade de distinguir vogais de consoante. Atividade de diferença entre conceito de consoantes, vogais e letras. Atividade com vogais e consoantes que constam no nome do aluno. Atividade de nomear as letras da palavra NOME. Parear palavras iguais com tipos de letras diferente. Tabela com alfabeto de imprensa e letra cursiva.

LD6: Traz uma tabela com letras de imprensa maiúscula e minúscula, não apresenta a letra cursiva. Atividade para escrever o nome dos colegas de classe que iniciam com as letras da tabela. Circular a letra inicial das palavras e registrar abaixo. Escrita de palavra apresentada em letra de imprensa com letra bastão. Circular as letras do nome de uma pessoa.

As atividades da dimensão "Familiarização com as letras do alfabeto" estão presentes em todos os LDS analisados. Os LDS 1, 2 e 3 apresentaram de maneira mais diversificada o tema, propondo diferentes tipos de atividades, como nome do próprio aluno e nomes de alunos da classe, ou nomes de outras pessoas. Os LDS 4, 5 e 6 propuseram atividades deste tipo, porém com menos

variedade. Os LDs 1, 2, 6 não apresentam a letra cursiva. É importante para o aluno conhecer os diferentes tipos de letra.

Dimensão 2 - Construção de palavras estáveis.

LD1: Ofereceu atividades com lista de nomes de dias da semana, meses do ano, dos estados brasileiros, nomes de espaços do bairro, meios de transporte, materiais escolares, profissões, nome do aluno e nomes de pessoas.

LD2: Oferece atividades com ilustrações de nomes de comidas, objetos cotidianos, animais, frutas, listas de alimentos, nomes de colegas de classe.

LD3: Oferece atividades com ilustrações de nomes de comidas, objetos cotidianos, animais, instrumentos musicais, frutas, listas de compras e atividades com nomes dos alunos da classe.

LD4: Bingo com nomes dos alunos. Atividade com nomes de meses do ano, atividades de escrita de nomes de objetos da sala de aula. Lista de nomes dos estados.

LD5: Oferece atividades com nomes de dias da semana, atividade com nomes de objetos, frutas, meses do ano, animais e nomes dos alunos da classe. Lista das estações do ano.

LD6: Oferece atividades com nomes de dias da semana, atividade com nomes de objetos, frutas, meses do ano, animais e nomes dos alunos da classe. Lista das estações do ano.

Quanto às atividades da dimensão "Construção de palavras estáveis" identifica-se que há poucas propostas nos LDs. Em geral, nas práticas de alfabetização os educandos e educador constroem um conjunto de listas de palavras conhecidas, que o educador usa para se apoiar na construção de novas palavras. Os livros didáticos trazem sugestões de atividades envolvendo nomes dos alunos da classe, dias da semana, meses do ano, animais.

Dimensão 3 - Quantificação de Letras e Sílabas.

LD1: Propõe atividades com nomes próprios, nomes de estados, meses do ano observando o tamanho de palavras a partir da quantificação de letras e sílabas. Comparar palavras quanto ao tamanho, quantidade de sílabas e letras. Atividade de buscar no texto palavras com 1, 2 ou 3 sílabas.

LD2: Identificar nomes de colegas com 5, menos de 5 e mais de 5 letras. Decompor palavras em sílabas. Decompor palavras em sílabas e letras e fazer o registro da contagem. Comparar palavras quanto ao tamanho, quantidade de sílabas e letras. Contar as letras e sílabas de uma lista de palavras.

LD3: Comparar palavras quanto ao tamanho, quantidade de sílabas e letras.

LD4: Quantificar quantas sílabas tem uma palavra. Identificar o número de sílabas e letras do seu nome.

LD5: Comparar nomes de pessoas quanto ao tamanho. Comparar palavras quanto ao tamanho contando sílabas e letras. Contar sílabas e letras das palavras ESPERA e SEMPRE. Atividade de quantificar vogais e consoantes da palavra NOME.

LD6: Decompor a palavra em sílabas e quantificar as sílabas. Comparar palavras quanto ao tamanho quantificando sílabas e letras.

A "Quantificação de letras e sílabas" é uma atividade que garante ao educando compreender um dos princípios do sistema de escrita, que as palavras tem tamanhos diferentes, e a quantificação de sílabas tem como

objetivo desenvolver uma habilidade fonológica, em que o educando pode identificar as unidades sonoras da palavra e além disso compreende que existe uma relação entre a pauta sonora e a escrita. Todos os LDs analisados apresentam atividades desta natureza, porém com pouca frequência.

Dimensão 4 - Composição e decomposição de palavras escritas.

LD1: Atividade de decomposição de palavras em sílabas. Atividade de composição de palavras a partir de banco de sílabas. Atividade de composição de palavra a partir de letras. Separar algumas palavras do cordel em sílabas.

LD2: Compor nomes dos animais da foto, a partir da sílaba de outras palavras. Ex: BOLO/DEDO-bode, lobo. Decomposição de palavras em sílabas e composição de novas palavras com as sílabas encontradas. Separar as sílabas das palavras, formar novas palavras que comecem as sílabas encontradas.

LD3: Decomposição de palavras em sílabas e letras. Decompor palavras em sílabas e letras. Decompor palavras formando outras. Ex: macaco/macac/caco.

LD4: Separar palavras em sílabas.

LD5: Decompor palavras em sílabas.

LD6: Não há atividades desta natureza.

A "Composição e decomposição de palavras escritas" foram encontradas nos LDs 1 e 2 com mais frequência. Nos LDs 3, 4 e 5 esta atividade apareceu poucas vezes. E o LD6 não trouxe nenhuma atividade deste tipo. Este tipo de atividade é muito importante para o desenvolvimento de habilidades fonológicas e como vemos no descritor acima, a presença deste tipo de atividade na maioria dos livros didáticos se mostrou insuficiente.

Dimensão 5 - Comparação entre palavras escritas.

LD1: Atividades de identificar semelhanças no som inicial e na escrita de nomes dos estados. Organizar em colunas de tabela palavras que terminam com LH e NH. Comparar palavras que começam com CI e SI. Preencher nas colunas da tabela palavras que tenham ÇA, CE, CI, ÇO, ÇU. Comparar e organizar em tabela palavras com QU e GU. Comparar e organizar em tabelas palavras com S e SS. Separar em colunas de uma tabela palavras que terminam com ão, ã, ães, ões. Organizar em tabelas palavras que tenham h no começo, LH, NH e CH.

LD2: Identificar outras palavras com apoio em imagens, que também tenham as sílabas VI-DA da palavra vida. Escrita de outras palavras que comecem a sílaba CAR da palavra carvão. Identificar palavras que contenham pedaços iguais, ex: fivela/vela. Circular as palavras que comecem com as sílabas LI e XO da palavra lixo. Identificar no banco de palavras as sílabas XA, XI e XE. Comparar palavras e identificar palavra dentro da palavra, com apoio de imagens. Ex: sapato/pato. Descubra palavras dentro da palavra. Ex: MARTELO/mar/arte/elo. Comparação de palavras que comecem com a mesma consoante, mas mude a vogal. Ex: bala/bola/bule/cabelo/cabide. Comparar e identificar palavras que iniciem com o mesmo fonema/grafema. Ex: lixo/limão/livro. Comparar e identificar diferenças entre palavras. Ex: Pato/prato, vela/velha.

LD3: Comparar palavras que tenham a mesma sílaba. Ex: camaleão, macaco, perereca, jacaré. Circular imagem de animais que comecem com a sílaba GA. Cada capítulo traz atividade de comparação entre palavras

que tenham sílabas com a letra B, D, P, L, M, T, C, G, F, N, V, J, R, S, X e Z.

LD4: Comparar palavras que tenham R no começo, meio e fim. Identificar palavras dentro de palavras. Ex: salsinha/sal. Identificar novas palavras dentro das palavras. Ex: cidade/Cida/idade.

LD5: Circular a palavra NOME de dentro de 3 palavras. Comparar palavras que tenha a sílaba CA. Comparar palavras que tenham o mesmo som inicial. Comparar palavras que tenham a letra L, no começo meio e fim. Comparar palavras que iniciem com a letra H, D, F, R. Comparar o som do R, CH e X no início, meio e fim de palavras. Comparar semelhanças entre palavras que tenham RR. Organizar as palavras com R em duas colunas, R no meio da sílaba e no fim da sílaba. Localizar uma palavra dentro da outra. Comparar palavras iniciadas com CA, CO, CU com palavras iniciadas por QUE e QUI e separá-las em 2 grupos. Comparar palavras que iniciam com CA, CO, CU com palavras iniciadas por CE, CI. Comparação de palavras com L no fim da sílaba. Comparação de palavras com L no meio da sílaba. Marcar com x palavras que tenham o som do G igual em GARRAFA, GOTA, CANGURU. Comparar palavras com as sílabas GA, GE, GI, GO, GU e JA, JE, JI, JO, JU. Comparar palavras com GA, GE, GI, GO com GUA, GUE, GUI, GUO. Comparar o que tem de semelhante entre palavras com GUI, GUE e QUI, QUE. Comparar palavras com as mesmas letras, mas que formem palavras diferentes. Ex: arma/rama.

LD6: Identificar palavras que comecem com o mesmo som. Encontrar na letra da música e escrever palavras que comecem com P e B. Circular as palavras que terminam com vogais e organizar na tabela. Procurar no texto palavras que comecem com A, N e R. Organizar palavras quanto à letra inicial.

A "Comparação entre palavras escritas" foi explorada com variadas e sistemáticas atividades nos LDs 1, 2, 3 e 5. O LD3 traz uma proposta que contém atividades de comparação em todos os capítulos, essa atividade ocorre de maneira sistemática nesta obra. Os LDs 4 e 6, trazem atividades deste tipo, porém são poucas atividades, considera-se insuficiente para o processo de alfabetização. O LD3 organizou a obra com palavras geradoras em cada capítulo e propôs diferentes tipos de comparações entre as palavras, tornando-se uma prática cotidiana para o alunos.

Dimensão 6 - Identificação, comparação e formação de palavras com rimas.

LD1: Atividade de identificar as palavras que rimam em um cordel. Organizar palavras que rimam em um quadro.

LD2: Identificar a semelhança sonora de palavras que terminam com ão e escrita de novas palavras que terminem com ão. Escrever novas palavras que formem rima com a palavra JANELA.

LD3: Identificar palavras que terminam com o mesmo som (rima). Completar quadrinha com palavras que rimam. Comparação de palavras que rimam em cantiga popular. Circular imagem de substantivos que terminam com o mesmo som que MÃO. Ler pares de rimas e completar as quadrinhas com os mesmos.

LD4: Atividade de escrita de palavras que rimam com SABOROSO e GOSTOSO. Escrita de palavras que terminem com a sílaba ão da palavra CIDADÃO.

LD5: Identificar no trava-língua palavras que terminem com o mesmo som. Parear palavras que rimam. Comparar palavras que rimam nas trovas. Criar palavras que rimam com 3 palavras apresentadas.

LD6: Identificar palavras que terminem com o mesmo som. Comparar palavras que rimam de um poema.

Em relação à dimensão "Identificação, comparação e formação de palavras com rimas" todos os LDs trazem atividades com análise de rimas, alguns propuseram análise de palavras retiradas de textos literários ou em palavras de anúncios. Verifica-se a necessidade do trabalho com rimas e aliterações ser mais sistemático, pois ainda são poucas as atividades propostas. Além disso, alguns livros propuseram a análise da rima, porém não utilizou textos literários, entretanto sabe-se que o trabalho com as rimas pode ser melhor explorado com palavras retiradas de textos do cancionário popular, poemas, canções, etc.

Dimensão 7 - Atividades de permuta, inserção ou retirada de letras e sílabas para a formação de novas palavras.

LD1: Criação de novas palavras com a inclusão da letra "H". Retirada e inserção de letras e sílabas formando 3 novas palavras. Inserção do H formando novas palavras.

LD2: Formar novas palavras com as sílabas BO, CUE, LA, FA. Formar novas palavras com as sílabas SO-PA da palavra sopa. Escrever palavras que comecem com as sílabas da Palavra geradora JA-NE-LA. Identificar quais palavras comecem com GA igual a palavra GADO. Formar novas palavras com as sílabas do fim da palavra. Ex: gola/lago,lama/mala. Escrever outras palavras que tenham a sílaba QUE da palavra CACIQUE. Escreva novas palavras que iniciem com as sílabas RA-TO da palavra rato. Atividade de permuta de vogais de nomes próprios, no fim dos nomes de pessoas. Permuta de vogais formando novas palavras. Retirada da sílaba inicial dos nomes dos objetos da foto, formando o nome dos outros objetos retratados. Retirada de sílaba ou letra formando nova palavra. Ex: pregador/regador. Troca das letras J por P e J por C, formando novas palavras. Identificação de nova palavra, a partir da retirada de uma letra. Trocar as letras da palavra GOTA e formar 4 novas palavras. Trocar de lugar a sílaba das 6 palavras apresentadas e formar novas palavras. Ex: lobo/bolo. Mudar as vogais da palavra Mula e formar 2 novas palavras. Trocar o R, por G e P da palavra Gato e formar nomes de 2 animais. Inserção do H e formar novas palavras.

LD3: Escrever palavras que iniciam com MA. Escrita de palavras que terminem com a mesma sílaba. Permutar as vogais e formar novas palavras. Permutar F por V e formar novas palavras. Permutar R por G e observar a nova palavra. Acrescentar o Z nas palavras e formar novas palavras. Acrescentar letras e sílabas e formar palavras derivadas. Inserção de H formando novas palavras. Circular as sílabas que apresentam a letra X e escrever novas palavras com as sílabas. Inserir a letra C e descobrir o nome das plantas de cada foto.

LD4: Escrita de palavras que comecem com NA de natureza e MA de Madalena. Completar o quadro com palavras iniciadas por MI, MO, NA, NE, NI, NU. Criar novas palavras com a palavra cidade. Ex: capacidade, felicidade.

LD5: Observar a permuta feita com a letra N da palavra nome com C, F, T e S e ver as novas palavras que surgiram. Permutar as letras D por T, F por V, B por P e observar as novas palavras que se formam. Inserir a letra r

na palavra e formar novas palavras. Ex: Fio/Frio. Formar novas palavras com a letra de uma palavra. Ex: barco/cobra. Inserção do N e formação de novas palavras. Inserção do L no meio da sílaba e formar nova palavra. Inserir a letra H e observar as novas palavras que formam. Inserir o S, R e L e verificar a formação de novas palavras.

LD6: Não há atividades desta natureza.

Em relação à permuta, retirada, ou inserção de letras formando novas palavras, verifica-se que o LD 2 contempla com mais variedade este tipo de atividade, enquanto os LDs 3 e 5 oferecem algumas atividades desta natureza. Este tipo de atividade é bem escassa nos LDS 1 e 4. O LD 5 não traz esse tipo de atividade. O que se pode notar é que este tipo de atividade ainda é uma novidade para alguns, mas trata-se uma reflexão que leva o educando a refletir sobre a escrita e também na leitura de palavras.

Dimensão 8 - Escrita de palavras através do preenchimento de lacunas.

LD1: Atividade de preencher lacunas de meses do ano, com a sílaba correta. Preencher a lacuna com vogais e formar palavras, sem apoio de imagens. Preencher lacuna e formar nomes de estados do Brasil. Preencher lacunas com M ou N. Preencher lacunas com R ou L; Preencher lacunas com X ou CH. Preencher as lacunas e formar nome de pessoas.

LD2: Ditado mudo com lacunas para vogais, lacunas para consoantes, com palavras iniciadas por D e V. Ditado mudo com lacunas para vogais, com palavras iniciadas por B. Atividade de preencher as lacunas com as sílabas de quatro palavras apresentadas e formar novas palavras. Completar as lacunas com sílabas começadas com a letra S e formar novas palavras. Palavras com lacunas para consoantes.

LD3: Preencher as lacunas com vogais e formar nomes dos substantivos das fotos. Preencher as lacunas com ã, ãos, ões, ães, de uma lista de compras. Preencher a lacuna com as sílabas DI, DO, DA, formando nomes dos animais da foto. Completar as palavras da quadrinha com as sílabas TO, TI e TE. Completar as lacunas com as sílabas PA, PO, PE e PU, formando nomes dos animais da foto. Preencher as lacunas com as sílabas LI, LO, LA formando nomes dos instrumentos musicais da foto. Preencher as lacunas com as sílabas CA, CO, CU, formando nomes de animais. Preencher as lacunas com as sílabas RA, RO, RE, formando nomes das figuras. Preencher as lacunas com as sílabas GI, GE, formando nome das figuras. Completar as lacunas com ÇA, ÇO e ÇU. Completar as lacunas com LH, CH e NH. Preencher as lacunas de uma lista de feira, com as sílabas JU, JE, JA e JL.

LD4: Completar as lacunas com as sílabas MI, NA, NE, NI, NU, formando nome das figuras.

LD5: Completar as lacunas com vogais e formar palavras.

LD6: Completar as lacunas com vogais e consoantes e forme as palavras em destaque no texto. Completar as lacunas com vogais e consoantes formando nomes de direitos do brasileiro.

A respeito da dimensão "Escrita por preenchimento de lacunas" observa-se que todos os LDs propuseram ao menos (01) uma atividade dessa natureza. Verifica-se, no entanto, que o LD3 traz esse tipo de atividade com mais frequência, podendo ser considerado suficiente neste tipo de atividade, enquanto os LDs 1 e 2 trazem ainda esta

atividade com pouca frequência, os LDs 4, 5 e 6 trazem essas atividades de maneira escassa, sendo insuficiente no tocante a este tipo de atividade.

Dimensão 9 - Formação de palavras com a ordenação de letras e sílabas.

LD1: Ordenar as letras formando a palavra DIFERENTE. Ordenar as sílabas e formar as palavras "PROTEÇÃO, EDUCAÇÃO, RECEBER e CAPACIDADE". Ordenar as sílabas e formar palavras que tenham "S" no começo, no interior da palavra ou no fim.

LD2: Não propôs atividades de ordenação de letras e sílabas.

LD3: Ordenar as sílabas e formar nomes das imagens. Ordenar as sílabas e formar nome dos animais da foto. Ordenar sílabas e descobrir nome dos números da figura. Ordenar sílabas e descobrir novas palavras.

LD4: Não propôs atividades de ordenação de letras e sílabas.

LD5: Ordenar sílabas e formar nomes das figuras. Ordenar as sílabas e formar nomes de frutas. Ordenar letras e formar palavras.

LD6: Ordenar as letras e formar palavras. Ordenar as sílabas e formar palavras.

Em relação à dimensão "Formação de palavras com ordenação de letras e sílabas" todas as obras trazem poucas atividades deste tipo. Geralmente, essa é uma atividade feita com letras móveis em sala de aula. Porém, porém há a necessidade de ter atividades desta natureza no LDs. Considera-se necessário que os LDs tragam mais atividades nesse sentido. O único LD que não propôs nenhuma atividade desta natureza foi o LD2.

Dimensão 10 - Leitura de palavras.

LD1: Localizar na lista de estados o nome de seu estado. Localizar nome da capital do país em caça-palavras; circular em banco de palavras o nome de lugares que existem em seu bairro. Localizar nome de dias da semana em caça-palavras com apoio de banco de palavras. Localizar significado de palavra no dicionário. Localizar direitos trabalhistas em um caça-palavras. Localizar palavras com LH e NH no caça-palavras. Localizar antônimo de palavras em caça-palavras. Ligar palavra ao campo semântico correspondente. Localizar no texto palavras que começam com C, R, P, F e A e completar a cruzadinha.

LD2: Atividade com 3 fotos, na qual oferece 3 palavras parecidas para cada foto e demanda ao aluno escolher o nome correspondente à foto. Ler e identificar palavras semelhantes nas placas: fiado/afiado. Escolher, no banco de palavras, o nome das 3 comidas das fotos. Circular a palavra correta de 3 objetos das fotos. Ler as palavras do quadro e separar nos três campos semânticos ilustrados: frutas, animais e objetos. Circular na lista de compras os alimentos que não estão na foto. Ler e organizar em 3 colunas, palavras com LH, CH e NH. Ler as palavras com x e ch e perceber relação entre o som. Organizar em 3 colunas palavras com s no início, SS, e s entre vogais.

LD3: Circular do quadro as palavras que a professora falar. Encontre palavras de uma quadrinha em caça-palavras. Circular as palavras em Quadrinhas Populares, poemas e textos literários. Localizar palavras que começam com a letra D em jornal e revistas. Parear os nomes dos animais à figura dos mesmos. Ler e identificar entre três palavras qual a palavra corresponde à figura do animal. Ler e identificar entre três palavras qual a palavra

corresponde à figura dos produtos e alimentos. Encontrar em caça-palavras o nome dos objetos e alimentos das fotos. Parelar os objetos aos nomes. Separar nomes de alimentos de demais elementos. Pesquisar em jornais e revistas palavras com C, organizar essas palavras em 2 grupos: C com som de K e C com som de S.

LD4: Circular os nomes dos animais do texto.

LD5: Parelar as figuras aos nomes correspondentes. Encontrar a palavra correta para a figura. Parelar a palavra ao seu significado. Ler palavras que tenham o R no início, meio e fim e observar a diferença no som.

LD6: Identificar palavras no texto. Localizar em caça-palavras as palavras em destaque no texto. Localizar em caça-palavras as palavras do banco de palavras. Circular no texto as palavras da tabela. Descubra as palavras escondidas em caça-palavras, depois escreva nos quadrinhos abaixo. Circule em caça-palavras as palavras do banco de palavras. Leia as palavras e assinale o que tem em sua casa. Separar em duas colunas o que são direitos sociais e o que são direitos individuais e coletivos. Circular as palavras em destaque no caça palavras e depois encontrar as palavras no texto. Encontrar algumas palavras do texto em caça-palavras. Encontrar nomes de frutas e legumes em caça-palavras. Parelar palavra ao significado. Identificar a palavra dentro de palavra.

As atividades de "Leitura de palavras" de acordo com Leal e Moraes (2013) possibilitam avanços ao alfabetizando que ainda não compreende o processo de fonetização da escrita. Estas atividades foram propostas de diferentes maneiras nos LDs, as principais propostas eram: localizar palavras em listas, textos, dicionários, caça-palavras, revistas e jornais; parear palavras com as respectivas figuras, organizar palavras em campos semânticos, identificar em três ou mais palavras semelhantes o nome da figura. Todas essas atividades auxiliam no processo de alfabetização e todos os LDs deveriam propor atividades diversificadas como estas. Os LDs 1, 4, 5 e 6, propuseram apenas atividades de localização e pareamento. Os LDs 2 e 3 propuseram além das atividades de localização e pareamento, propuseram também atividades de identificar em um grupo de palavras a palavra da imagem e atividades de organizar palavras em campos semânticos. Quanto à quantidade de atividades oferecidas, os LDs 4 e 5 apresentam quantidades insuficientes de atividades de leitura de palavras.

Dimensão 11 - Escrita de palavras.

LD1: Escrita de nomes dos estados. Nome de bairro, município, cidade, país, estado, endereço, nome da escola, pessoas. Escrever lista de material escolar, na cruzadinha com imagem. Lista de 10 materiais escolares de escolha do aluno. Colocar nomes nos materiais escolares da foto. Lista de ingredientes da feijoada. Lista de materiais para fazer pipa. Cruzadinha para identificar a palavra a partir do significado.

LD2: Escrita de nomes de pessoas com a letra B. Escrita de palavras formadas por sílabas canônicas, em cruzadinha, com banco de palavras. Escrita dos nomes das figuras, todas usam a letra G. Escrita de palavras com as sílabas QUE/QUI. Escrita de palavras que comecem com M e Z. Escrita dos nomes dos números, com apoio do banco de palavras. Lista de animais discutidos no texto. Lista de ingredientes para uma receita. Escrita do nome das figuras que terminam com ão. Escrita de palavras na cruzadinha de sílabas. Cruzadinha com palavras que tenham LH, NH, CH.

LD3: Escrita de nomes de pessoas. Escrita de lista de compras. Escrita de nomes correspondente às fotos. Escrita de palavras que tenham MA. Escrita de palavras que tenham a letra C. Escrita de palavras com as sílabas GA, GO, GU. Escrita de palavras correspondente às fotos, com apoio de banco de palavras. Escrita de palavras derivadas de outras. Ex: horta/hortaliça. Escrita de palavras com a letra R.

LD4: Escrita de palavras em cruzadinhas com lacunas de vogais. Escrita de duas palavras derivadas da palavra CIDADANIA. Escrita de lista de materiais recicláveis da foto.

LD5: Escrita dos nomes do dia da semana, meses do ano. Escrita de nomes dos animais da foto. Cruzadinhas com o significado da palavra para o aluno completar com a palavra correta. Jogo da força com a palavra RÁDIO-OPERADORA. Descubra a palavra a partir do significado e complete os quadriculados. Escrita dos nomes das figuras.

LD6: Escrita do nome do fruto de cada árvore. Ex: abacateiro/abacate. Escrita de nome de coisas, pessoas, sentimentos e doenças. Escrita do nome dos números. Escrita de nomes de pessoas. Três cruzadinhas com o significado da palavra para o aluno completar com a palavra correta. Acróstico da palavra QUILOMBO, CIDADANIA. Escrita de lista de instrumentos musicais da capoeira. Lista de ritmos culturais tratados no texto. Formar acróstico da palavra RESPEITO com as palavras do banco de palavras. Escrever nomes de pessoas correspondentes aos apelidos. Forme uma cruzadinha a partir da palavra sustentável, utilizando as palavras do banco de palavras.

Quanto à dimensão "Escrita de palavras" as atividades mais recorrentes foram a escrita de listas, cruzadinhas, ditado mudo, acróstico. Essas escritas também variam, em alguns casos, com banco de palavras, ou sem apoio do banco de palavras. Todos os LDs oferecem atividades de escrita de palavras. Os LDs 2, 3 e 6 utilizam em cruzadinhas e em caça-palavras, banco de palavras. O que nota-se ser muito importante, pois alunos em etapas iniciais da escrita se beneficiam com este tipo de aprendizagem. Os LDs 1, 5 e 6 usaram as cruzadinhas apenas com o significado de palavras. Não propõe nenhuma cruzadinha com uso de imagens, o que é considerado complicado para alunos que ainda não estão alfabéticos, pois a realização da atividade demanda a leitura do significado pelo educador e a atividade se torna um ditado e não uma cruzadinha. As atividades de escrita são insuficientes no LD4.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na apresentação deste artigo, expõe-se que uma das consequências negativas da interpretação equivocada das pesquisas da Teoria da Psicogênese e das descobertas dos estudos de *Letramento* foi a ausência de investimentos nas metodologias e práticas escolares. Presumia-se que o aluno, por ser um sujeito ativo, descobriria o funcionamento da escrita, a partir do contato com os textos e situações de uso da escrita, passando-se a considerar desnecessário o uso das atividades e recursos de alfabetização, como o silabário, as atividades de explorar sílabas e reflexões das convenções ortográficas. Dessa maneira, os estudos de Moraes (2013) vêm mostrando a necessidade de se investir em boas práticas de alfabetização, relacionadas à reflexão de palavras, com o objetivo de que o aluno se aproprie do SEA (Sistema de Escrita Alfabética).

Na análise das obras, percebeu-se que, de maneira geral, há avanços em relação ao PNLD/EJA de anos anteriores, porém, ainda é preciso avançar mais, de maneira a oferecer todas as tipologias de atividades apontadas, e também oportunizar ao aluno essas atividades de maneira sistemática, com maior frequência, pois este estudo identificou em algumas obras a presença das atividades de maneira esporádica. Identificou-se também que os tipos de atividade com mais frequência foram: Atividades de Familiarização com as letras do alfabeto; atividades de Comparação entre palavras escritas, atividades de permuta, inserção ou retirada de letras e sílabas para a formação de novas palavras; Atividades de Leitura de palavras e Atividades de Escrita de palavras.

Muitos professores ficam com dúvida entre trabalhar com textos ou com palavras, e essa dúvida pode ser resolvida, pois é necessário trabalhar com os dois, há momentos de refletir sobre questões internas do sistema de escrita e momentos de reflexão sobre produções de texto. No processo de alfabetização o que vai garantir esse trabalho é o Projeto Pedagógico que precisa incluir a alfabetização e o trabalho com textos. O objeto desta pesquisa foi a alfabetização, analisar atividades no nível da palavra.

As atividades citadas nesta pesquisa, não são as únicas possibilidades para se alfabetizar, sabe-se que existe, nas práticas de educadores por todo país, atividades desafiadoras e que levam os alunos a apropriarem-se da escrita. Defende-se aqui mais estudos e trocas de experiências formativas, que deem importância às atividades com palavras. Aponta-se a necessidade de discutir com mais frequência nas pesquisas, intervenções e atividades para avançarmos na alfabetização de adultos no Brasil.

Nesta pesquisa estudou-se a produção de livros didáticos e concluiu-se que os pesquisadores e autores precisam aprofundar a pesquisa científica sobre práticas de alfabetização. Os autores de livros precisam conhecer melhor as boas práticas de alfabetização de jovens e adultos que estão sendo realizadas nas escolas brasileiras e com isso, elaborar propostas que sejam possíveis de realização em sala de aula, que sejam desafiadoras, onde os aprendizes possam mobilizar seus conhecimentos e apropriarem-se das questões internas do sistema de escrita alfabética e suas convenções ortográficas.

Sabe-se que construir boas práticas de alfabetização no Brasil não é um caminho fácil, pois os educadores enfrentam graves problemas de condições de trabalho e remuneração. Os educadores brasileiros ainda almejam ter um tempo de estudo em serviço, com o foco na reflexão sobre a prática e elaboração de novas práticas. As formações continuadas ainda estão muito próximas de teorias, e sabe-se que as formações continuadas devem ser espaço para reflexão e enriquecimento de práticas.

Ao realizar esta análise produziu-se mais um subsídio referente à produção de livros didáticos para a alfabetização na EJA e elaborou-se também mais um subsídio para educadores na escolha de livros didáticos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Eliana Borges Correia de; LEAL, Telma Ferraz (Orgs.) **Desafios da Educação de Jovens e Adultos:** construindo práticas de alfabetização. Belo Horizonte. Autêntica Editora, 2007.

ALBUQUERQUE, Eliana Borges Correia de; LEAL, Telma Ferraz; MORAIS, Artur Gomes de Morais (Orgs.) **Alfabetizar letrando na EJA:** fundamentos teóricos e propostas didáticas. Belo Horizonte. Autêntica, 2013.

AOKI, Virginia. **EJA Moderna.** 1. ed. São Paulo: Moderna, 2013.

BARBOZA, Andressa Cristina Coutinho. **Cartilha do Operário:** alfabetização de adolescentes e adultos em São Paulo (1920-1930). Dissertação (Mestrado em Educação) FEUSP. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

BERTOLETTI, E. N.M. **Lourenço Filho e a alfabetização:** um estudo de Cartilha do Povo e da cartilha, Upa, Cavalinho! São Paulo: UNESP, 2006.

BRAGANÇA, Angiolina; CARPANEDA, Isabella. **Vida Nova.** 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.

GONÇALVES, Jane. **Alfabetiza Brasil.** 3. ed. Curitiba: Terra Sul, 2013.

BRANDÃO, C. R. **O que é método Paulo Freire.** São Paulo: Brasiliense, 1981.

FERREIRO, Emilia; TEBEROSKY, Ana. **Psicogênese da Língua Escrita.** Porto Alegre: Artmed, 1999.

FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido.** 17ª edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREITAS, Jeferson; KLOEPEL, Ana Julia. **Ler e pensar o mundo.** 1. ed. Curitiba: Positivo, 2013.

MANSUTTI, Maria Amábile; MENDONÇA, Márcia; THADEI, Jordana. **Viver, Aprender.** 1. ed. São Paulo: Global, 2013.

MENDONÇA, Onaide Schuartz; MENDONÇA, Olympio Correa. **Alfabetização método sociolinguístico:** consciência social, silábica e alfabética em Paulo Freire. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

MENEGHELLO, Marinez; PASSOS, Ângela; SOUZA, Garcia de Souza. **É bom aprender.** 1. ed. São Paulo: FTD, 2013.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Guia dos Livros Didáticos do PNLD EJA 2014.** Natal: Edufrn, 2014.

MORAIS, Artur Gomes de Morais. **Sistema de Escrita Alfabética.** 1. ed. São Paulo: Melhoramentos, 2012.

MORAIS, Artur Gomes de; LEAL, Telma Ferraz. **O ensino dos princípios do sistema alfabético e de suas convenções.** In: ALBUQUERQUE, Eliana Borges Correia de; LEAL, Telma Ferraz; MORAIS, Artur Gomes de Morais (Orgs.) **Alfabetizar letrando na EJA:** fundamentos teóricos e propostas didáticas. Belo Horizonte: Autêntica, 2013.

MORTATTI, Maria do Rosário Longo. **Os sentidos da alfabetização.** São Paulo: Unesp, 2000.

SOARES, Magda. **Alfabetização e Letramento.** São Paulo: Contexto, 2003.

SOUZA, Cassia Garcia de; MEGHELLO, Marinez; PASSOS, Angela. **É bom aprender.** 1. ed. Volume 1, São Paulo: FTD, 2013.

IMPLANTES DENTÁRIOS: CRONOANÁLISE DO PROCESSO DE MONTAGEM

DENTAL IMPLANTS: CRONO ANALYSIS OF THE ASSEMBLY PROCESS

Jaqueline Gonçalves Braga ¹

Sergio Luiz Kyrillos ²

Waldecir Paula Lima ³

Data de entrega dos originais à redação em: 22/06/2015

e recebido para diagramação em: 31/05/2016.

Este artigo refere-se ao projeto piloto realizado na indústria de implantes dentários 'Sistema de Implantes Nacionais e de Próteses Ltda. (SISTEMA INP)'. A pesquisa tem como objetivo realizar o estudo de tempos nas rotinas operacionais do implante dentário e seus componentes. Nele foram utilizadas ferramentas da Engenharia de Produção para identificar os "gargalos produtivos", além de sugerir melhorias para a otimização do processo de montagem e a redução dos custos de fabricação. No sentido de obter resultados positivos utilizou-se a análise de layout, o estudo dos movimentos e dos tempos e o gráfico de fluxo de processo, entre outras ferramentas. Ao final concluiu-se, em função dos resultados obtidos, que os procedimentos propostos demonstram com precisão o caminho que se deve trilhar na obtenção de resultados supracitados.

Palavras-chave: Implantes Dentários. Estudos dos Movimentos e dos Tempos. Produtividade.

This article refers to the pilot project conducted in the dental implant industry "Sistema de Implantes Nacionais e de Próteses Ltda". (SISTEMA INP). The research aims to conduct the study of time in the operational routines of dental implant and its components. In the study production engineering tools were used to identify "production bottlenecks" and to suggest improvement for optimizing the assembly process and reducing manufacturing costs. In order to achieve positive results, we have used the layout analysis and the study of the movement and time, the process flow chart, among other tools. At the end it was concluded, based on the results obtained, that the proposed procedures demonstrate, precisely, the way that one should act in order to get the aforementioned results.

Keywords: Dental Implants. Study of Movement and Time. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

Com o mercado comercial cada vez mais competitivo e a necessidade de conquistar novos clientes, as empresas devem tornar seus produtos mais atrativos tanto na estética como na sua funcionalidade. Para realizar esta conquista de mercado são necessárias algumas ferramentas e pesquisas para tornar o produto mais visível ao cliente e conseguir tornar o atendimento mais eficiente sem acarretar em grandes investimentos e nem proporcionar um aumento excessivo no custo dos produtos.

No intuito de melhorar o relacionamento com o cliente e dar a oportunidade para que o mesmo participe ativamente na melhoria da empresa, é importante proporcionar ao cliente que demonstre sua experiência através de sugestões sobre a funcionalidade dos produtos. Para que isto ocorra, o mesmo poderá responder a pesquisa de satisfação de clientes e realizar visita às dependências da empresa, desta forma, ampliar seus conhecimentos nos processos de fabricação, aumentar a confiabilidade e comprovar a qualidade dos produtos.

Outro fator importante para a conquista de mercado é reduzir ao máximo o *lead time* de fabricação. Neste fator estão envolvidos os contatos

e o gerenciamento de fornecedores, o tempo entre a identificação da necessidade de matéria-prima pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP) e a gerência da produção, a inserção do pedido de compra ao fornecedor, o prazo negociado para entrega da matéria-prima, a fabricação dos produtos, a disponibilização do produto final no estoque de produtos acabados até a entrega ao cliente consumidor.

Entende-se por *lead time* como o tempo de processamento de um pedido, desde o momento de sua requisição até o momento em que o produto/serviço é entregue ao cliente.

Este artigo, metodologicamente classificado como um estudo de caso, caracteriza-se por um projeto desenvolvido na indústria de implantes dentários, denominada Sistema de Implantes Nacionais e de Próteses Ltda. (SISTEMA INP), na qual, por meio de um estudo piloto dirigido à mensuração dos tempos das operações com o auxílio da técnica de cronoanálise, foi constatado um importante gargalo na linha produtiva, na área de montagem de implantes dentários.

O objetivo deste estudo piloto, ao proceder ao estudo de tempos nas rotinas operacionais do implante dentário e seus componentes conduziu à identificação de gargalos na fabricação de implantes dentário.

1 - Mestranda em Engenharia Mecânica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo/IFSP.

2 - Professor Titular e Coordenador no programa *Stricto sensu* em Engenharia Mecânica - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo/IFSP.

3 - Professor Titular e Orientador no programa *Stricto sensu* em Engenharia Mecânica - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo/IFSP.

Utilizando, como o auxílio, as ferramentas da Engenharia de Produção, tais como o estudo dos movimentos e dos tempos (cronoanálise), dados estatísticos, entre outras, constatou-se a redução de tempo no setup e na operação do processo de fabricação do produto.

A justificativa para este estudo piloto é otimizar o processo de fabricação do conjunto implante dentário, reduzir o *lead time* de fabricação, diminuir o custo de fabricação do produto, bem como, satisfazer o cliente com um produto de qualidade. A melhoria do processo visa sugerir novas rotinas operacionais e realizar o desenvolvimento de dispositivos, tornando-as mais rápidas e eficientes, aumentando a produtividade sem que sejam exigidos maiores esforços ao operador.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os implantes dentários e seus componentes são fabricados em titânio. Segundo Suarez e col. (2013), o titânio possui como principal aplicação biomédica a característica de substituição óssea, auxiliando no processo de osseointegração, uma vez que promove a adesão dos osteoblastos na prótese dentária. Para Santos (2015), o titânio faz parte da classificação de ligas especiais e tem como principais características: a excelente resistência à corrosão, a compatibilidade com o corpo humano, além de ser extremamente resistente, dúctil e fácil de ser usinado.

A verificação através do estudo dos movimentos e dos tempos do método convencional (MC), servirá para sugerir melhorias no processo para otimizar a operação e será muito importante para comparar as rotinas do método com dispositivo (MD).

Barnes (2012), relata que o estudo dos movimentos e dos tempos é sistemático, com o intuito de desenvolver um novo método de trabalho, com operadores devidamente treinados para desenvolver esta atividade, tornando-a mais rápida e, conseqüentemente, com menor custo. Portanto, a aplicação do estudo de movimentos e de tempos deve sempre levar em conta o retorno do capital esperado.

Peinado e col. (2007), citam que o estudo dos tempos relaciona-se a mensuração do tempo para realizar uma tarefa com o auxílio de um cronômetro. As empresas brasileiras designam o processo de estudo, mensuração e determinação dos tempos padrão como "cronoanálise".

Após realizada a tomada de tempos no projeto piloto, e gerados os custos de fabricação para os implantes dentários, foram detectados que em algumas rotinas tem-se o chamado "gargalo produtivo", proveniente da utilização intensa da mão de obra do colaborador, com operações totalmente manuais.

Depois de detectar e analisar os problemas de gargalos produtivos, algumas possíveis soluções foram sugeridas, a partir da utilização de listas de verificação com a intenção de auxiliar na solução mais efetiva para esses gargalos, e com isso, identificar o setor mais crítico, que faz parte da linha de montagem dos implantes dentários.

Propuseram-se diversas formas para projetar dispositivos que pudessem auxiliar nesta rotina, tornando a atividade mais rápida e menos fatigante ao operador. A partir dessas considerações; o estudo, além de

identificar uma possível lucratividade do produto, pode sugerir melhorias no aspecto da ergonomia apresentada pelo colaborador na realização dos movimentos repetitivos, podendo diminuir a probabilidade de ocorrência das lesões oriundas desta atividade profissional, embora, neste momento, estes aspectos não façam parte dos objetivos do projeto.

3 METODOLOGIA DO PROCESSO

Conforme relatado este projeto piloto, vem sendo realizado, na indústria Sistema de Implantes Nacionais e de Próteses Ltda. (SISTEMA INP) a partir da autorização emitida por sua diretoria.

A empresa em tela possui um quadro de aproximadamente 60 colaboradores, distribuídos entre as funções administrativas e de desenvolvimento. Comercialmente, participa do ramo de implantes dentários e componentes protéticos; sendo seus produtos consumidos, além do mercado brasileiro, também em países como Portugal e Turquia.

O processo analisado no presente estudo de caso é a fabricação do Conjunto Implante *Conus*.

Devido à demanda dos produtos, foi realizada a divisão do trabalho em diversas rotinas operacionais, processo em que o operador deve realizar pequenas e repetitivas tarefas com maior velocidade. O processo de fabricação de um produto consiste na utilização em conjunto da mão de obra do operador, juntamente com o auxílio de máquinas, materiais e dispositivos. Através da verificação dos recursos disponíveis, são considerados e analisados, os fatores para alcançar os padrões de qualidade exigidos e o menor custo para a produção do produto.

A partir do projeto piloto realizado, analisou-se o *layout* da indústria em seus diversos setores, subsidiando propostas das atividades de tempos e métodos, determinando o Fator de Tolerância, Tempo Normal e Tempo Padrão para as rotinas operacionais, essenciais para a fabricação do conjunto.

O projeto foi desenvolvido a partir de uma amostra composta pelo operador mais qualificado em cada rotina operacional, devidamente treinado, de acordo com o Procedimento Operacional Padrão (POP) determinado pela empresa.

No âmbito dessa pesquisa são considerados POP's, as atividades específicas e setorizadas que respeitam tanto os regulamentos e legislações de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), quanto às certificações ISO 9001 e ISO 13485 que tratam respectivamente dos Sistemas de Gestão da Qualidade e Produtos para a Saúde.

O estudo dos tempos (cronoanálise) foi realizado com o auxílio de um cronômetro digital Technos, modelo DC453 8P C, tendo sido registrado por um único colaborador, que desenvolve suas atividades no setor de PCP.

Registra-se, também, que o desenvolvimento deste projeto não acarreta qualquer risco à saúde dos participantes que compõem a amostra.

Quanto aos benefícios, além da possibilidade da otimização do tempo nas rotinas operacionais do implante dentário busca-se, ainda, aumentar a lucratividade da indústria.

3.1 Fator de Tolerância

Segundo Barnes (2012), o ponto chave para encontrar a combinação mais eficiente entre homens, máquinas, equipamentos e materiais no ambiente de trabalho, determinando quais as funções são melhor executadas pelo homem ou pela máquina são determinados através do projeto de métodos de trabalho.

Ao realizar um projeto com método de trabalho eficiente, deve-se determinar um Fator de Tolerância (FT) mais adequado ao ambiente fabril. São levados em conta fatores que possam interferir no trabalho, como por exemplo: clima, nível de ruído, iluminação, nível de atenção, entre outros.

Por Furtado e col. (1968), as tolerâncias são acréscimos de tempo incluídos no tempo normalizado de uma operação, com a intenção de compensar o operário pela produção diminuída por causa de fadiga e das interrupções normalmente previstas, como as paradas pessoais.

3.2 Avaliação do ambiente fabril

Ao analisar criticamente a realidade fabril e as rotinas operacionais, na intenção de desempenhar corretamente as diversas funções de cada operação, é preciso determinar a Tolerância de Intervalos. Isto é possível, devido à avaliação das tolerâncias variáveis e invariáveis. Para a análise das tolerâncias variáveis são levados em consideração, os indicativos de necessidades pessoais e de grau de fadiga. Já as tolerâncias invariáveis, consideram o quanto o operador fica em pé, como é sua postura ao executar a operação, verificando, se, o operador necessita utilizar de força ou energia muscular para realizar o serviço, qual o nível de atenção, estresse mental, monotonia e de tédio para desempenhar corretamente a operação; quanto ao ambiente, qual o nível de ruído, iluminação e condições atmosféricas são adequados para a atividade.

A Tolerância de Intervalos ou Tempo de Intervalo é imprescindível para posteriormente realizar o cálculo do Fator de Tolerância.

Para o estudo de caso em questão, o cálculo para Tolerância de Intervalos resultou em 19%, conforme demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1 – Tolerâncias de Trabalho

A. TOLERÂNCIAS INVARIÁVEIS		%
1.	Tolerâncias para necessidades pessoais	5
2.	Tolerâncias básicas para fadiga	4
B. TOLERÂNCIAS VARIÁVEIS		
1.	Tolerâncias para ficar em pé	2
2.	Tolerâncias quanto à postura	%
a.	Ligeiramente desajeitada	0
b.	Desajeitada (recurvada)	2
c.	Muito desajeitada (deitada, esticada)	7
3.	Uso de força ou energia muscular (erguer, puxar ou levantar)	%
	Peso levantado em quilos:	
	2,5	0
	5	2
	7,5	2
	10	3
	12,5	4
	15	5
	17,5	7
	20	9
	22,5	11
	25	13
	27,5	17
	30	22
4.	Iluminação deficiente	%
a.	Ligeiramente abaixo do recomendado	0
b.	Bem abaixo do recomendado	2
c.	Muito inadequada	5
5.	Condições atmosféricas	0-10
	Calor e umidade (variáveis)	3
6.	Atenção cuidadosa	%
a.	Trabalho razoavelmente fino	0
b.	Trabalho fino ou de precisão	2
c.	Trabalho fino ou de grande precisão	5
7.	Nível de ruído	%
a.	Contínuo	0
b.	Intermitente - volume alto	2
c.	Intermitente - volume muito alto	5
d.	Timbre elevado - volume alto	5
8.	Estresse mental	%
a.	Processo razoavelmente complexo	1
b.	Processo complexo, atenção abrangente	4
c.	Processo muito complexo	8
9.	Monotonia	%
a.	Baixa	0
b.	Média	1
c.	Elevada	4
10.	Grau de tédio	%
a.	Um tanto tedioso	0
b.	Tedioso	2
c.	Muito tedioso	5
Σ % tolerância de intervalo		19

Fonte: Stevenson (2001) apud Peinado e col. (2007, p. 102)

3.3 Cálculo do Fator de Tolerância

Com o Tempo de Intervalo calculado, definir o Fator de Tolerância, de acordo com a Equação 1, demonstrada abaixo:

$$FT = \frac{1}{1 - p} \quad (1)$$

Onde,

FT = fator de tolerância
 p = tempo de intervalo dado dividido pelo tempo de trabalho (% do tempo ocioso)

Para realidade da empresa:

Tempo de intervalo = 19%

Tempo de trabalho = 480 minutos, portanto:

$p = 19/480 = 0,039583$

Substituindo na Equação 1, foi obtido como resultado: **FT = 1,041215**

3.4 Tempo Normal (TN)

Para chegar ao Tempo Padrão (TP) é necessário obter o Tempo Normal (TN) da operação.

Segundo Peinado e col. (2007), para realizar o cálculo do (TN) é necessário ficar atento à velocidade do operador ao executar a operação, onde com a experiência do cronoanalista, efetuará a comparação do ritmo do operador com seu próprio conceito de ritmo normal, avaliando assim, se o operador não está desempenhando um ritmo com a velocidade maior ou menor que o desejável.

Por Furtado (1968), o TN é considerado como requerido por um operador qualificado e devidamente treinado, trabalhando no ritmo normal, sob supervisão, realizando um ciclo ou operação, sob orientação de método pré-estabelecido.

O cálculo do TN será realizado através da Equação 2, demonstrada a seguir:

$$TN = TC \times v \quad (2)$$

Onde,

TC = tempo cronometrado
v = velocidade do operador

3.5 Tempo Padrão (TP)

Para o cálculo de Tempo Padrão são necessários os resultados dos fatores calculados anteriormente, e aplicá-los na Equação 3, demonstrada a seguir:

$$TP = TN \times FT \quad (3)$$

Onde,

TP = Tempo Padrão
TN = Tempo Normal e
FT = Fator de Tolerância

Após realizar o cálculo do TP para o implante e seus componentes em todas as rotinas operacionais envolvidas, deve-se gerar o custo de fabricação para o produto, analisar qual operação demanda mais tempo e impacta na maior utilização de mão de obra, desta forma, identificar o principal gargalo da linha produtiva em questão.

3.6 Apresentação do produto estudado

O Conjunto Implante é formado por *Conus* (implante propriamente dito), parafuso montador, montador e tapa implante, conforme a Figura 1.

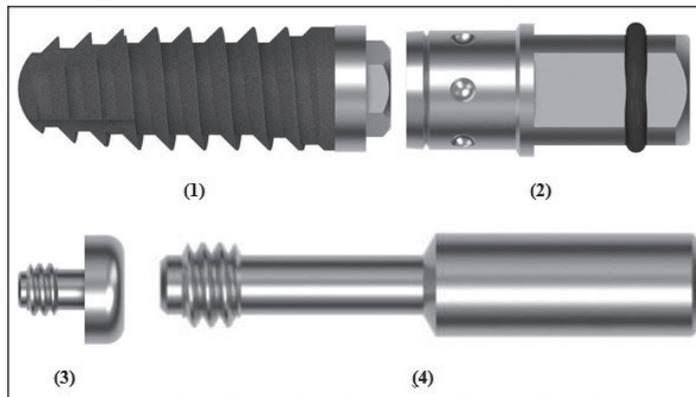


Figura 1 - Componentes do Implante Dentário. (1) Conus; (2) Montador; (3) Tapa Implante e (4) Parafuso Montador - Fonte: Sistema INP (dados internos)

3.7 Fluxograma do processo

Segundo Barnes (2012), a simbologia utilizada no gráfico de fluxo de processo tem como função facilitar a identificação rápida das atividades do processo produtivo. Esta simbologia, exemplificada na Tabela 2, vigora desde 1947 de acordo com a norma ASME (*American Society of Mechanical Engineers*).

O principal objetivo para a simbologia do fluxograma é evidenciar a origem, o processo e o destino, podendo ser realizada através da linguagem escrita e/ou verbal, de acordo com Silva e col. (2014).

Tabela 2 – Simbologia Gráfico Fluxo de Processo

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	DESCRIÇÃO
○	Operação	Ocorre quando o objeto é modificado.
⇒	Transporte	Ocorre quando o objeto é deslocado.
□	Inspeção	Ocorre quando o objeto é examinado para identificação ou comparação com padrão de quantidade ou qualidade.
◐	Espera	Ocorre quando a próxima operação para o objeto não é efetuada.
▽	Armazenamento	Ocorre quando o objeto é mantido sob o controle e sua retirada requer de uma autorização.

OBS: Pode realizar a combinação de símbolos, como um círculo dentro de um quadrado.

Fonte: Barnes (2012)

É importante levar em conta que, antes da fabricação propriamente dita, são necessárias atividades administrativas para que sejam programados os lotes a serem produzidos. Tanto o PCP, quanto o Gerente de Produção analisam a demanda encaminhada por vendas e diretoria. Esta decisão em conjunto, objetiva o controle do estoque acabado com a quantidade ideal de produtos a serem comercializados, e desse modo, evitar o excesso de produto estocado e reduzir o provável alto custo causado pela mão de obra e matéria-prima empregados na fabricação dos produtos.

3.8 Rotinas do setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP)

O setor de PCP, responsável pela identificação e disponibilização de ordens de fabricação em produção, deve realizar o planejamento dos produtos a entrar na linha produtiva, efetuar os lançamentos quando se dá a finalização do lote, liberá-lo para estoque semiacabado ou para o laboratório realizar a assepsia do produto.

3.9 Rotinas do setor de Controle de Qualidade (CQ)

Outro setor que efetua importante suporte à produção é o Controle de Qualidade (CQ), responsável pelas inspeções: de liberação, durante a fabricação e de lote final.

As inspeções realizadas pelo CQ são para assegurar que o lote será produzido de acordo com as especificações passadas pelo setor de projetos, utilizando como recursos comparativos o Desenho do Produto e o Registro Mestre do Produto (RMP). A verificação das características é realizada através de instrumentos de medição como: projetor de perfil, microscópio digital, micrômetro, paquímetro e calibradores. Abaixo são exemplificadas algumas características do implante e seus componentes, conforme Figura 2.

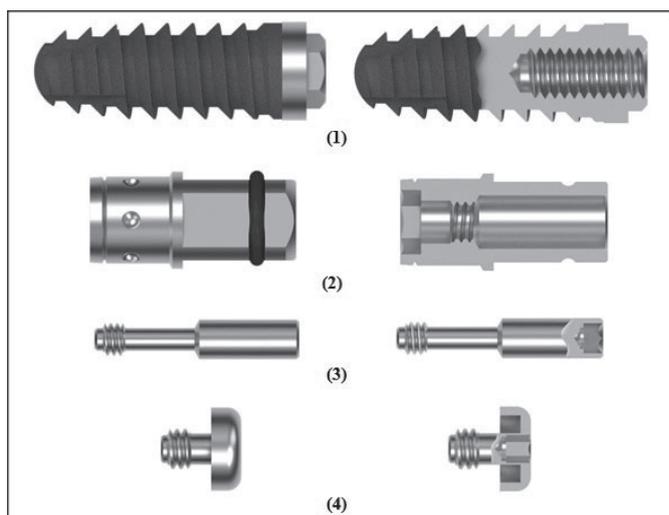


Figura 2 - Componentes do Implante Dentário - corte. (1) Conus; (2) Montador; (3) Tapa Implante e (4) Parafuso Montador - Fonte: SISTEMA INP (dados internos)

A inspeção durante a produção é realizada com a execução de quatro rondas diárias em horários definidos para acompanhar o processo produtivo e identificar possíveis desgastes de ferramentas. Caso ocorra alguma alteração, a produção é comunicada para efetuar as devidas correções. Neste caso, a máquina permanecerá em ajuste até que a próxima peça produzida seja inspecionada e liberada pelo CQ.

A inspeção final é realizada quando a produção encaminha o lote produzido com sua documentação devidamente preenchida para o CQ. O Controle de Qualidade vai realizar a inspeção do lote por amostragem de acordo com a quantidade total produzida do lote, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - Amostragem para verificação de lote

Tamanho do lote	Quantidade a ser inspecionada	Tamanho do lote	Quantidade a ser inspecionada
1 a 8	100%	151 a 280	32
9 a 15	3	281 a 500	50
16 a 25	5	501 a 1200	80
26 a 50	8	1201 a 3200	125
51 a 90	13	3201 a 10000	200
91 a 150	20		

Fonte: SISTEMA INP (dados internos).

Após a inspeção final do lote, o CQ encaminhará o lote para o PCP realizar os devidos lançamentos e a destinação correta do produto.

As rotinas operacionais pertinentes ao Planejamento e Controle da Produção (PCP) e ao Controle de Qualidade (CQ) são contabilizadas como *setup*.

3.10 Detalhamento das rotinas operacionais

A produção do Implante *Conus* foi dividida em operações menores para serem analisadas individualmente e compreendê-las, de modo facilitar a sugestão de melhorias para otimizar o processo.

• Usinagem CNC

A operação de usinagem consiste em transformar a matéria-prima em produto com o auxílio de máquina CNC.

Inicialmente são realizadas as operações de programação, preparação, liberação de máquina e preenchimentos de formulários e registros.

Conforme Santos (2015), deve-se levar em consideração o fator usinabilidade para um material. Através de um valor numérico comparativo, expressa um conjunto de propriedades de usinagem do metal, sendo influenciado pelo material da peça, pelos processos mecânicos e pelas condições de usinagem.

Para a fabricação de implantes dentários e seus componentes está definida a usinagem de no mínimo um lote com 200 peças como o propósito de viabilizar, ao máximo, a capacidade produtiva da máquina e realizar a produção na sequência com produtos da mesma família, portanto, com as mesmas características, desse modo, reduzir os tempos gastos com *setup*, ajustes de máquina, troca de ferramentas e programação de máquina.

• Assepsia I

Outro setor que compõe o ambiente fabril do SISTEMA INP é o Laboratório. O mesmo está localizado no piso superior e possui ambiente totalmente controlado, climatizado e que segue as normalizações de sala limpa. No laboratório, encontram-se os setores de Assepsia I, Assepsia II, produção de água deionizada, lavagem de frascos e tampas, montagem de implantes, sala de embalagem, rotulagem, corte e selagem de blister.

O processo de Assepsia I consiste em lavagens efetuadas em ultrassom aquecido com detergente neutro diluído, enxague em água corrente, imersão em etanol puro e secagem em Estufa a 180°C.

Os componentes (parafuso montador, montador e tapa) após a realização da Assepsia I, são colocados em sacos plásticos *zip*, identificados com o número de lote e encaminhados para o setor de Assepsia II.

O *Conus*, após realizada a Assepsia I é encaminhado através de elevador para o PCP destinar para o setor de jateamento.

• Jateamento por óxido de titânio (tratamento de superfície)

Após a Assepsia I, o lote de implante é encaminhado para ser realizado o tratamento de superfície por jateamento de óxido de titânio (TiO₂). O processo de jateamento de implantes é realizado peça por peça, de acordo com as especificações determinadas em desenho. A cada peça jateada, o operador verifica por inspeção visual se a superfície foi devidamente tratada pelo óxido de titânio. Após jatear o lote inteiro, o operador encaminha o lote para o setor de CQ para realizar a inspeção do tratamento de superfície, com o auxílio do microscópio digital. Estando dentro das especificações, o lote é aprovado, encaminhado para o setor de PCP para a realização dos lançamentos em sistema ERP, que o destina para o laboratório realizar a operação de Assepsia II.

O jateamento por óxido de titânio favorece os parâmetros de rugosidade, promovendo a adesão de osteoblastos, aumentando a osseointegração e, reduzindo desta forma, o risco de afrouxamento do implante, conforme Suarez et al. (2013).

• ASSEPSIA II

- **Conus:** Para a Assepsia II do implante *Conus* deve-se seguir de acordo com o procedimento: Butanol PA, enxaguar por 3 vezes com água deionizada; água deionizada com detergente alcalino, efetuar o enxague por 3 vezes com água deionizada; água deionizada com detergente alcalino. Realizar por 4 vezes a sequência: enxaguar por 3 vezes com água deionizada; adicionar ácido sulfúrico 10% com ácido clorídrico a 15%. Repetir por 4 vezes a seguinte operação: enxaguar por 4 vezes com água deionizada; medir o pH (deve estar entre 5 e 7); adicionar Etanol PA até cobrir as peças; adicionar Metanol PA até cobrir as peças; Colocar na estufa a 180°C. Encaminhar o lote após a realização da Assepsia II para o setor de Montagem de Frasco.

- **Parafuso Montador, Montador e Tapa Implante:** Para a Assepsia II dos componentes para implantes são necessárias às sequências de acordo com o procedimento: lavagem contendo a diluição de água deionizada com detergente alcalino, realizar o enxague por 3 vezes com água deionizada, repetir a lavagem de água deionizada com detergente alcalino, enxaguar 3 vezes com água deionizada, realizar lavagem com etanol puro, metanol puro e secagem em estufa. Após a Assepsia II os componentes são encaminhados para o setor de Montagem de Frasco juntamente com o Implante *Conus*.

• Montagem de Frasco

A operação de montagem de frasco é realizada manualmente em uma sala livre de impurezas e partículas. O operador utiliza vestimenta diferenciada para não ter contato direto com a peça. Para a montagem de frasco, deve-se realizar a limpeza da bancada do fluxo laminar utilizando-se etanol puro, conforme procedimento.

Primeiramente é montado o *Conus* com o parafuso montador e o montador. Para esta operação deve-se atentar para não marcar ou amassar as roscas externas do implante. Na sequência, montar o conjunto na tampa interna e no frasco interno. Colocar dentro do frasco externo e inserir o tapa implante. Realizar o

fechamento do frasco externo com a tampa externa lacrando o produto. Após a Montagem de Frasco o lote é encaminhado para o setor de Embalagem de Blister.

• Embalagem Blister

Para realizar a Embalagem Blister, deve-se efetuar o corte de placas de bobina pet virgem. Ligar a máquina *Vacunet* que através da presença de vácuo e das fôrmas metálicas do aparelho, transformam as placas de pet virgem no formato desejado para o blister.

Após formar o blister, realizar a colocação dos frascos dentro de cada blister, colocar o papel grau cirúrgico e selar na máquina seladora de blister. Com o blister selado, realizar o corte com o auxílio da máquina de corte de blister. Efetuar a contagem do lote, identificar e encaminhar para o setor de Embalagem e Rotulagem.

• Embalagem e Rotulagem

Após os frascos embalados no blister e selados, realizar a impressão de etiquetas, separar as embalagens de caixa de implante e as instruções de uso.

A operação de embalagem e rotulagem consiste em: colocar etiquetas nas instruções de uso e no blister; inserir o blister etiquetado na caixa de implante; colocar a instrução de uso; finalizar o lacre da embalagem com a etiqueta de identificação com a descrição do produto, lote e simbologias. Após a embalagem e rotulagem, encaminhar o produto para efetuar a Esterilização por Raios Gama.

• Esterilização por Raios Gama

O processo de esterilização por raios gama é realizado por empresa terceirizada.

A esterilização via radiação gama é utilizada como padrão internacional, e sua aplicação é ferramenta eficiente para esterilização de materiais poliméricos e na descontaminação ou redução de carga microbiana, conforme Silva (2014). Esta eficiência se dá pela exposição de ondas eletromagnéticas geradas por Cobalto 60 e Césio 137 com um grande poder de penetração (velocidade da luz), por meio de colisões entre a radiação e os elétrons dos átomos do material a ser esterilizado, onde os micro-organismos podem ser alcançados mesmo em embalagens lacradas garantindo a total eficácia do processo. Desta forma, o produto consegue manter-se estéril até que a embalagem seja removida.

Os produtos ficam na esterilização por volta de 48 horas. Retornando ao SISTEMA INP, são encaminhados ao Estoque Acabado e disponibilizados para comercialização, através da liberação do Responsável Técnico.

3.11 Sequenciamento das rotinas operacionais e Tempo Padrão das operações

As rotinas operacionais foram detalhadas para melhor entendimento da sequência de operações e, desta forma, determinar o Tempo Padrão (TP) para cada operação.

Os tempos padrões foram calculados através da tomada de 10 (dez) tempos normais para cada componente, realizando a média e acrescentando o fator de tolerância. Para este projeto piloto, realizou-se a tomada de tempos com os operadores mais experientes em cada função/máquina, somente para tornar mais clara a identificação do possível "gargalo produtivo".

Etapas operacionais para Conus: Usinagem CNC, Assepsia I, Jateamento por Óxido de Titânio e Assepsia II.
- **Tempos padrões (minutos) para cada peça de Conus:**

Usinagem CNC: 1,822

Assepsia I – Detergente Neutro: 0,945 Etanol Puro: 0,026 Secagem: 0,036

Assepsia I – Total das operações: 1,008

Jateamento por Óxido de Titânio: 0,703

Assepsia II – Butanol: 0,052

Detergente Alcalino: 0,312

Detergente Alcalino: 0,156

Água Deionizada: 0,208

Ácido Sulfúrico e Ácido Clorídrico: 0,104

Água Deionizada: 0,208

Etanol Puro: 0,026

Metanol Puro: 0,026

Estufa 180°C: 0,130

Assepsia II – Total das operações: 1,222

TOTAL TEMPO PADRÃO PARA O CONUS (MINUTOS): 4,755

Etapas operacionais para Montador, Parafuso Montador e Tapa Implante: Usinagem CNC, Assepsia I e Assepsia II.

- **Tempos padrões (minutos) para cada peça:**

Usinagem CNC – Parafuso Montador: 1,076

Usinagem CNC – Montador: 1,944

Assepsia I – Parafuso Montador + Montador

Detergente Neutro: 0,607

Etanol Puro: 0,014

Secagem: 0,030

Assepsia I – Parafuso Montador + Montador – Total das operações: 0,651

Assepsia II – Parafuso Montador + Montador

Detergente Alcalino: 0,156

Detergente Alcalino: 0,156

Água Deionizada: 0,104

Etanol Puro: 0,013

Metanol Puro: 0,013

Secagem: 0,065

Assepsia II – Parafuso Montador + Montador – Total das operações: 0,507

TOTAL TEMPO PADRÃO PARA O PARAFUSO MONTADOR (MINUTOS): 2,234

TOTAL TEMPO PADRÃO PARA O MONTADOR (MINUTOS): 3,102

Usinagem CNC – Tapa Implante: 1,319

Assepsia I – Tapa

Detergente Neutro: 0,295

Etanol Puro: 0,026

Secagem: 0,032

Assepsia I – Tapa – Total das operações: 0,353

Assepsia II – Tapa

Detergente Alcalino: 0,312

Detergente Alcalino: 0,312

Água Deionizada: 0,208

Etanol Puro: 0,026

Metanol Puro: 0,026

Secagem: 0,130

Assepsia II – Tapa – Total das operações: 1,014

TOTAL TEMPO PADRÃO PARA TAPA IMPLANTE (MINUTOS): 2,686

Etapas operacionais para Implante Conus: consiste no conjunto montado (Conus, Montador, Parafuso Montador e Tapa) juntamente com os componentes de frasco (frasco interno, tampa interna, frasco externo e tampa externa) e embalagem (papel grau cirúrgico, bobina PET virgem, cartela e etiquetas). Deve-se seguir a sequência: Montagem de Frasco, Embalagem Blister, Embalagem e Rotulagem, Esterilização por Raios Gama e Envio para Estoque de Produtos Acabados.

- **Tempos padrões (minutos) para cada peça de Implante Conus:**

Montagem de Frasco

Conus/Montador e Parafuso: 0,300

Frasco Interno: 0,151

Frasco Externo/Tapa/Frasco Externo: 0,092

Frasco e Tampa Externa: 0,040

Montagem de Frasco – Total das operações: 0,583

Montagem de Blister

Vacunet: 0,022

Colocar Implante Conus no Blister: 0,046

Selar Blister: 0,048

Cortar Blister: 0,105

Embarcar: 0,018

Montagem de Blister – Total das operações: 0,239

Embalagem e Rotulagem

Colocar Etiqueta Instrução Uso: 0,093 Colocar Etiqueta Blister: 0,086

Colocar Blister e Instrução Uso: 0,181 Colocar Etiqueta e Caixa Implante: 0,093

Colocar Etiqueta Código de Barras e Lacre: 0,074

Embalagem e Rotulagem – Total das operações: 0,527

TOTAL TEMPO PADRÃO PARA O IMPLANTE CONUS (MINUTOS): 1,349

TEMPO PADRÃO TOTAL PARA O CJ IMPLANTE CONUS (MINUTOS): 14,126

Tabela 4 – Custo de fabricação dos produtos

PRODUTO	CUSTO COM MATERIAIS	CUSTO COM MÃO DE OBRA	CUSTO TOTAL FABRICAÇÃO
Implante Conus P.A.	R\$ 5,5878	R\$ 19,1740	R\$ 24,7618
Conus S.A.	R\$ 0,7670	R\$ 7,8081	R\$ 8,5751
Parafuso Montador S.A.	R\$ 1,1927	R\$ 2,5536	R\$ 3,7463
Montador S.A.	R\$ 0,7415	R\$ 3,7758	R\$ 4,5173
Tapa S.A.	R\$ 0,2650	R\$ 2,7438	R\$ 3,0088

Fonte: SISTEMA INP (dados internos)

3.12 Considerações sobre custos de fabricação

Após a tomada dos tempos padrões de cada operação, foram gerados relatórios de custo através de sistema informatizado, demonstrado através da Tabela 4. Para esta operação é necessário determinar todas as rotinas operacionais e as estruturas dos produtos, inclusive aplicar a taxa hora.

4 CONCLUSÕES

As rotinas operacionais referentes à fabricação do Conjunto Implante *Conus* e a composição do custo total, fixos e variáveis, foram essenciais no sentido de identificar a parte mais onerosa do processo produtivo. A mão de obra, principalmente as diretamente ligadas às operações de caráter manual, representam custo significativo no produto final, oposto à matéria-prima.

Para isso analisar cada operação, utilizando o POP com o intuito de idealizar melhoria no processo do método convencional e verificar que nas atividades desempenhadas de maneira 100% manual, permitiu identificar um dos pontos de gargalo; qual seja: a Montagem de Frascos de Implantes Dentários.

Postulando otimizar o processo de montagem, comprova-se a necessidade de desenvolver um dispositivo, tendo como meta a redução do tempo do referido processo. Dessa maneira haverá a redução dos custos totais e o conseqüente incremento da lucratividade. Para tanto, em uma etapa posterior, será realizado um estudo comparativo envolvendo a cronoanálise do método convencional com o método proposto com o dispositivo. Logo o presente estudo não se encerra neste artigo, induz a necessidade da utilização de métodos que identifiquem estatisticamente a alteração do tempo padrão na cronoanálise, demonstrando uma sensível redução de tempo para as operações propostas e aumento da eficácia para a empresa.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à indústria Sistema de Implantes Nacionais e de Próteses Ltda. (SISTEMA INP) pela confiança e divulgação dos dados internos para a realização e desenvolvimento deste trabalho, assim

como aos pareceristas da Revista Sinergia pela avaliação imparcial do presente artigo.

REFERÊNCIAS

BARNES, Ralph. **Estudo dos Movimentos e dos Tempos:** projeto e medida do trabalho. São Paulo: Blücher, 2012. 1p, 4p, 23p, 28p, 46p, 167p.

FURTADO, Jorge Alberto; JACÓE, Thomaz; PARDAL, Paulo. **Cronometragem** – em cooperação com o ministério da educação e cultura diretoria do ensino industrial, Brasília: Edart, 1968, 11p, 15p, 41p, 44p, 50p.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da Produção.** (Operações Industriais e de Serviços), Curitiba: Unicenp, 2007. 85p, 88p, 95p, 101p, 102p, 151p.

SANTOS, Givanildo Alves. **Tecnologia dos Materiais Metálicos:** Propriedades, Estruturas e Processos de Obtenção: São Paulo: Érica Saraiva, 2015. 14p, 18p, 53p.

SILVA, Renato César; SILVA, Roberta Maria; AQUINO, Kátia Aparecida S. A Interação da Radiação Gama com a Matéria no Processo de Esterilização. **Revista Virtual de Química.** 6(6), 1624-1641, 2014. Disponível em: < <http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq/article/viewArticle/805>>. Acesso em: 12 fev. 2015.

SILVA, Vinícius Alessandro de Aquino; GUIMARÃES, André Luís; VERALDO Júnior, Lúcio García. Aplicação de técnicas de tempos & métodos em linha de envase de óleos lubrificantes. **Revista de Gestão & Tecnologia** 1(2), 58-63, 2014. Disponível em: <<http://revista.unisal.br/lo/index.php/reget/article/view/145>>. Acesso em: 26 mar. 2015.

SUAREZ, Sandra Liliana Arias; RENDÓN, Mónica Echeverry; RESTREPO, Sara María Robledo; ECHAVARRÍA, Jorge Alberto Arismendi; SIERRA, Diana Marcela Escobar; OROZCO, Claudia Patricia Ossa; PALACIO, Juan José Pavón. Procesamiento, caracterización y ensayos biológicos de titânio modificado electroquímicamente para implantes dentales. **Revista Facultad Ingeniería** 69. 96-108, 2013. Disponível em:<<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/ingenieria/article/viewArticle/1835>>. Acesso em: 17 fev. 2015.

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS: UM PANORAMA HISTÓRICO DE 1930 A 2015

PUBLIC POLICIES FOR YOUTH AND ADULT EDUCATION: AN OVERVIEW HISTORY FROM 1930 TO 2015

Audrey Cristina Rossi ¹

Data de entrega dos originais à redação em: 30/03/2016 e recebido para diagramação em: 11/06/2016.

No Brasil, devido a introdução do ensino primário, obrigatório e gratuito, por meio da Constituição Federal de 1934, inicia-se a educação de jovens e adultos, no ano de 1940, em que era oferecido apenas o ensino primário. No final da década de 50 e começo dos anos 60, a dificuldade da educação de jovens e adultos traz a Pedagogia de Paulo Freire, seu método de ensino e estratégias para sanar os problemas de aprendizagem. O golpe militar de 1964, no qual o presidente João Goulart, foi deposto, ocasionou o exílio de Paulo Freire e a extinção de seu método de ensino. Criou-se o MOBRAL (Movimento Brasileiro de Alfabetização), voltado à alfabetização de adultos em substituição à pedagogia de Freire. No entanto, o MOBRAL aconteceu de acordo com a nova política no país, a qual era governada por militares. Esse Movimento foi criado no ano de 1967 e encerrou suas atividades no ano de 1985, com o fim do militarismo. Após a extinção do MOBRAL, foi criado outro tipo de educação de adultos, nomeada Fundação Educar, abolida no ano de 1990, pelo presidente Collor. Atualmente, a Educação de Jovens e Adultos (EJA) é assumida como política pública e é norteada pelo princípio da gestão democrática; destina-se aos jovens e adultos que não concluíram os estudos na idade esperada, no ensino fundamental e médio.

Palavras-chave: Políticas Públicas. Educação de Jovens e Adultos. Trajetória da Educação.

The historical overview of public policies in Brazil, in relation to adult education, enables to interpret the educational trajectory of the past so that we can think about improving the current education. The problem question of this research is the study and research on the history of youth and adult education across the public policies in Brazil. The objective of this article is to explain those policies from 1930 to 2015, addressed to understand the previous public policies, its advances and setbacks. The choice of this theme is justified by the need for greater knowledge in the interpretation of adult education over the years. The methodology for achieving the objectives consists of: official documents and studies on adult education through legislation, printed and online books, printed and online magazines, scientific articles, research books and websites on the subject. Today, the Youth and Adult Education (EJA) is assumed as a public policy and is guided by the principle of democratic management; it is intended for young people and adults who have not completed the studies, at the expected age, in elementary and secondary education.

Keywords: Public Policies. Youth and Adult Education. Trajectory of Education.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo estuda a educação de jovens e adultos no Brasil desde a década de 30 ao ano de 2015, com o objetivo de fazer uma exposição do histórico das políticas públicas direcionadas à educação em questão, tendo como foco a trajetória, na qual a educação de jovens e adultos mostra avanços e retrocessos. Problemática: - estudo sobre a trajetória da educação de jovens e adultos frente às políticas públicas no Brasil. Justifica-se a escolha do tema a necessidade de maior conhecimento na interpretação e no aspecto histórico da educação de jovens e adultos ao longo destes anos.

No presente trabalho é proposta uma divisão histórica em três períodos. No primeiro estuda-se a educação de adultos da Era Vargas a João Goulart; no segundo período, o Governo Militar e o MOBRAL e no terceiro período, a redemocratização aos nossos dias. Esta pesquisa é de caráter bibliográfico e exploratório, com suporte nos vinte e um autores estudados, além de estudos realizados pelo MEC (1996) e UNESCO (1998).

Para elaboração deste artigo explora-se a educação de jovens e adultos a partir da Constituição Federal do ano de 1934 e através da ótica dos teóricos, desde o ano de

1983 até o ano de 2015. O material de pesquisa consta de: livros impressos e online, revistas impressas e online, artigos científicos, cadernos de pesquisas, sites sobre o tema em questão, assim como documentos, tais como, a Declaração de Salamanca, e a legislação brasileira a partir do ano de 1934. A metodologia está de acordo com os estudos bibliográficos pretendidos para a confecção deste artigo, através de livros impressos e online, artigos científicos, a legislação brasileira e as políticas públicas. A pesquisa qualitativa foi realizada através de revisão bibliográfica, a qual utilizou o método dialético, pois é uma interpretação dinâmica da realidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A educação de jovens e adultos da Era Vargas a João Goulart

Na década de 1930, reconheceu-se a educação de jovens como um direito. A Constituição Federal de 1934 decretou a gratuidade e obrigatoriedade do ensino para todos. Para Souza e Santana (2010), no enunciado alusivo à família, educação e cultura, a Constituição de 1934 instituía o princípio do ensino primário gratuito e a obrigatoriedade da frequência. No ano de 1920, o índice de analfabetos, no Brasil era de 69,9%. Esse índice, no ano de 1940, caiu para

1 - Supervisora Escolar – SESI, em São Paulo. Pedagoga com Especialização em Psicopedagogia. Pós-Graduando em Educação Profissional Integrada a Educação Básica na Modalidade Educação de Jovens e Adultos, do IFSP – Campus SP. < audrey_rossi@hotmail.com >.

56,2%. Observa-se que houve um decréscimo do número de analfabetos no Brasil. O tema da política educacional no ano de 1940 constou na educação de jovens e adultos, somente no ensino primário (ZANETTI, 1999).

Segundo Haddad e Di Pierro (2000, p. 110) “Foi somente ao final da década de 1940 que a educação de adultos veio a se firmar como um problema de política nacional, mas as condições para que isso viesse a ocorrer foram sendo instaladas já no período anterior”. Na Constituição Federal de 1934, havia o Plano Nacional de Educação, este deveria incluir “o ensino primário gratuito e de frequência obrigatória” com extensão para os adultos, porém não aconteceu, embora a educação de jovens e adultos estivesse incluída na lei pela primeira vez.

Depois da ditadura Vargas necessitava-se com urgência aumentar a quantidade de eleitores no país para amparar e manter a segurança da presidência da época, desenvolver a produção e fazer com que os imigrantes recentes tornassem parte do povo brasileiro. No ano de 1947 lançou-se a Campanha de Educação de Adultos com a pretensão de alfabetização em três meses, com o acréscimo de sete meses para a conclusão do curso primário. Essa ação deveria ser extensiva abrangendo a massa popular nacional. Consolidou-se a identidade da educação de adultos. Ainda em Ribeiro (2001, p. 20) “Num curto período de tempo, foram criadas várias escolas supletivas, mobilizando esforços das diversas esferas administrativas, de profissionais e voluntários. O clima de entusiasmo começou a diminuir na década de 50; [...]”. Porém a ação educativa de adultos não atingiu seus objetivos na zona rural e acabou antes do fim da década de 50 (RIBEIRO, 2001).

Segundo Matias (2014, p. 5) “No final da década de 50 e início da década de 60, constata-se a emergência de uma nova perspectiva na educação brasileira fundamentada nas ideias e experiências desenvolvidas por Paulo Freire”. O pernambucano Paulo Freire preocupava-se com a Educação no Brasil e acreditava que esta deveria ser vista e realizada com o propósito de possibilidade de transformação da vida. Para ele, o ensinar deveria ir muito além da codificação e decodificação de sons e letras e as operações fundamentais da Matemática; a educação era o passaporte para a busca de uma vida mais digna e melhor. Paulo Freire criou um método de Alfabetização de Adultos que além da leitura e escrita, ensinava o povo a “pensar” (BRANDÃO, 1986).

Paulo Freire “[...] idealizou e vivenciou uma pedagogia voltada para as demandas e necessidades das camadas populares, [...]. Esta perspectiva fundamenta a educação de jovens e adultos a partir de princípios da educação popular”. O educador Paulo Freire observou e vivenciou a realidade da alfabetização de jovens e adultos e fundamentou uma pedagogia voltada às necessidades dessa clientela, para uma educação funcional (MATIAS, p. 5, 2014).

O conjunto das ações culturais, políticas e sociais criou várias modalidades educacionais. Destacam-se nesse período, de acordo com Zanetti (1999): o MEB (Movimento de Educação de Base), o qual foi desenvolvido pela Confederação Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB), e pelos CPCs (Centros Populares de Cultura), desenvolvidos pela União Nacional dos Estudantes (UNE). O Plano Nacional de Alfabetização (PNA) executado pelo governo federal tinha a finalidade de alfabetizar em todo

o Brasil, jovens e adultos. Paulo Freire foi o coordenador desse Plano.

Experiências de educação e cultura popular passaram a questionar a ordem capitalista, fomentando a articulação das organizações e movimentos sociais em torno das Reformas de Base, conduzidas pelo, então, governo João Goulart. Conforme afirma Paiva (1983, p. 259) “Difundindo novas ideias sociais, tais programas poderiam tornar o processo político incontrolável por parte dos tradicionais detentores do poder e a ampliação dos mesmos poderia até provocar uma reação popular importante a qualquer tentativa mais tardia de golpe das forças conservadoras”. Os grupos da direita estavam preocupados em não conseguir mais eleitores para seus futuros mandatos, visto que os programas de alfabetização de adultos aumentavam consideravelmente e prometiam preparar os indivíduos para a autonomia. A organização política percebeu a ameaça causada pela instrução funcional do povo, e resolveu modificar o tipo de educação causadora do crescimento intelectual e cultural do mesmo, motivando a perda da manipulação popular pela política limitadora da organização estatal.

2.2 O Governo Militar e o MOBRAL

O golpe militar que aconteceu no Brasil no ano de 1964, extinguiu conhecimentos na área da educação. O governo militar e ditador instituiu o Movimento Brasileiro de Alfabetização (MOBRAL) após três anos do golpe. A intenção do governo era restringir a educação com a probabilidade de torna-la normativa, de acordo com as suas decisões. A proposta pedagógica desse novo projeto de ensino preocupava-se com o capitalismo em sua produção e consumo. Portanto, fortalecia somente o ajuste entre a indústria e a cidade, negligenciando a migração da zona rural para a cidade, sendo esta muito intensa nessa época (SAUNER, 2002).

O Movimento Brasileiro de Alfabetização foi criado pela Lei 5.379, de 15 de dezembro de 1967, como Fundação MOBRL, e constituía-se, segundo Haddad e Di Pierro (2000, p. 114) em “fruto do trabalho realizado por um grupo interministerial, que buscou uma alternativa ao trabalho da Cruzada ABC, programa de maior extensão apoiado pelo Estado, em função das críticas que vinha recebendo”.

Dois anos depois da criação do MOBRL, a proposta inicial da fundação do mesmo, sofreu alterações influenciadas pelo fortalecimento do regime militar e afasta-se gradativamente do ideal inicial do projeto, o qual era voltado às necessidades básicas do aluno. Segundo Haddad e Di Pierro (2000, p. 114), o MOBRL “passou a se configurar como um programa que, por um lado, atendesse aos objetivos de dar uma resposta aos marginalizados do sistema escolar e, por outro, atendesse aos objetivos políticos dos governos militares”.

De acordo com Zanetti (1999), dos quarenta milhões de pessoas que frequentaram o MOBRL, no período de 15 anos do Movimento, apenas uma parcela mínima conseguiu se alfabetizar. Essa parcela corresponde a, somente, 10% dos alunos matriculados. De acordo com Haddad (1992), Zanetti, (1999), a miséria social brasileira produz maior demanda por educação de jovens e adultos, que o próprio desenvolvimento da nação.

2.3 Da redemocratização aos nossos dias

Na lei 5692/71 da LBD, em Pereira (2008, p. 4) “a primeira tentativa de articular sistematicamente as experiências de Educação de Adultos e Ensino Fundamental e Médio. [...] o ensino supletivo ganhou um capítulo próprio (Capítulo IV) com cinco artigos”. No entanto, a referida lei foi revogada pela Lei 9394/96, publicada em 20 de dezembro de 1996, a qual possibilita que jovens e adultos frequentem o ensino regularmente.

De acordo com os estudos de Cruz, Gonçalves e Oliveira (2012), a LDB de 1971 reconhecia a educação de adultos como direito de cidadania. Apenas no ano de 1974, implantou-se o Centro de Estudos Supletivos (CES), o qual oferecia ao aluno a obtenção de um certificado rápido, no entanto, superficial. Nessa modalidade de ensino constava, exclusivamente, o ensino técnico.

Ainda de acordo com os mesmos autores (2012, p. 2) “A década de 80 foi marcada pelo desenvolvimento de projetos e pesquisas na área da alfabetização de adultos. Em 1988, a Constituição passou a garantir o Ensino Fundamental, gratuito e obrigatório para todos”.

Segundo estudos de Cruz, Gonçalves e Oliveira (2012) a importância da EJA passou a ser reconhecida em vários países devido às conferências organizadas pela UNESCO, nos anos 1990. A partir de então, surgiu no Brasil uma mobilização nacional no sentido de diagnosticar metas e ações da EJA. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (BRASIL, 1996) garante igualdade de acesso e permanência na escola e ensino de qualidade, além da valorização da experiência extraescolar. Garante, ainda, Ensino Fundamental obrigatório e gratuito, inclusive para os que não tiveram acesso a ele na idade própria. O ensino ganhou um sentido mais amplo, preparar e inserir ou reinserir o aluno no mercado de trabalho.

Dois importantes movimentos internacionais aconteceram na década de 90, no contexto educacional: na cidade de Jomtien, Tailândia, no ano de 1990, e em Salamanca, Espanha, no ano de 1994. Do primeiro movimento surgiu a Declaração Mundial de Educação para Todos e do segundo movimento resultou a Declaração de Salamanca. Segundo Carvalho (2010, p. 155), “[...] a Declaração Mundial de Educação para Todos [...] uma série de recomendações voltadas à melhoria da qualidade do processo ensino-aprendizagem, para qualquer aluno, sem discriminações”. Ainda em Carvalho (2010, p. 156), “[...] a declaração de Salamanca [...] reitera as recomendações de Jomtien e enfatiza a urgência de atendermos às necessidades de nossos alunos, evitando-se todas as práticas discriminatórias e excludentes”.

Carvalho (2010) enfatiza que todos os educadores deveriam ler e debater sobre as duas declarações para não se apegarem à falsa ideia de que a Declaração de Salamanca trata da inclusão de alunos deficientes ao ensino e a Declaração de Jomtien trata dos alunos do ensino regular.

Ainda de acordo com o mesmo autor (2010, p. 156) ambas as declarações têm os mesmos objetivos: “formar cidadãos plenos, contributivos à sua coletividade e que sejam felizes”. As duas Declarações têm a pretensão de formar cidadãos participativos da/na sociedade em todos os sentidos, além de ler, contar e escrever.

Para Silva (2013, p. 1) “a educação de jovens e adultos está regulamentada pela resolução nº01/2000 CNE,

parecer 11/2000 CNE/MT, e pela resolução nº180/2000 CEE/MT, onde garante, entre outros, o ensino a todos os cidadãos que não tiveram oportunidade de estudar em idade adequada”.

A sociedade brasileira percebeu a necessidade de se criar escolas para jovens e adultos, os quais não puderam concluir seus estudos, ou mesmo não tiveram oportunidade de acesso às escolas regulares. Para Haddad (2007, p. 3) “A EJA é uma conquista da sociedade brasileira. O seu reconhecimento como um direito humano veio se dando de maneira gradativa ao longo do século passado, atingindo sua plenitude na Constituição de 1988 [...]”. Os fatos históricos anteriores à Constituição de 1988 restringiram a efetivação dos direitos acima citados.

Segundo Haddad (2007, p. 3, rodapé) “Uma das medidas adotadas em março de 1990, logo no começo do seu governo, foi a extinção da Fundação Educar que cuidava da EJA, particularmente da alfabetização de adultos”. Ainda de acordo com o mesmo autor (2007, p. 3) “[...] foi suprimido o mecanismo que facultava às pessoas jurídicas direcionar voluntariamente 2% do valor do imposto de renda devido às atividades de alfabetização de adultos”. Esse fato contribuiu para a diminuição das verbas direcionadas à educação de jovens e adultos. A Educação de Jovens e Adultos foi prejudicada na década de 1990, sendo as causas principais: o neoliberalismo e as privatizações do setor público para o setor privado e a valorização do Ensino Fundamental compreendendo as crianças dos sete aos 14 anos de idade.

No governo de Fernando Collor de Mello surgiu o Programa Nacional de Alfabetização e Cidadania (PNAC) com o objetivo de reduzir o índice de analfabetismo em 70%, em um período de cinco anos. Porém, esse programa durou menos de um ano.

Itamar Franco assumiu o governo no ano de 1993, após o impeachment de Fernando Collor de Melo. Esse novo governo elaborou o Plano Nacional de Educação, depois da Conferência Mundial de Educação para Todos, realizada em 1990, em Jomtien na Tailândia. A meta desse Plano visava à progressão continuada para pessoas jovens e adultas pouco escolarizadas e para analfabetos, no ensino fundamental (HADDAD & DI PIERRO, 2000).

Segundo Silva (2011, p. 3) com a “[...] gestão do Presidente da República Fernando Henrique Cardoso. [...] as ações para EJA limitaram-se à Alfabetização Solidária e à exclusão da modalidade no Fundo de Desenvolvimento do Ensino Fundamental – FUNDEF, [...]”. Esse procedimento, contribuiu para o enfraquecimento da EJA.

Fernando Henrique Cardoso assumiu o governo no ano de 1994. Ele não executou as metas estabelecidas para a educação de jovens e adultos, elaboradas no governo de Itamar Franco. No entanto, aprovou a emenda 14/96 suprimindo o compromisso da sociedade de erradicar o analfabetismo e universalizar o ensino fundamental até 1998. Esse ato do governo desobrigou-o de aplicar para essa finalidade a metade dos recursos vinculados à educação. Em contrapartida, priorizou o ensino para crianças e adolescentes de 7 a 14 anos, apesar da exigência em grande escala de escolarização para que jovens e adultos ingressassem e permanecessem no mercado de trabalho (HADDAD, 2007).

Para Sampaio (2009, p.16), “A marca da história da EJA é a marca da relação de domínio e humilhação estabelecida

historicamente entre a elite e as classes populares no Brasil, [...]”. O domínio da elite e a submissão das classes populares brasileiras ocasionou abismo entre elas. A elite sempre teve a possibilidade de frequentar a escola, enquanto a outra classe, menos favorecida, não tinha acesso aos estudos ou não conseguia dar continuidade a eles. Os indivíduos pertencentes às classes populares internalizaram a certeza de que não havia motivos para a frequência nas escolas, pois eles sentiam-se incapazes e percebiam a desigualdade entre as classes. Portanto, aceitavam seus destinos, desligando-se das vias que levam à aprendizagem e a uma cultura diferenciada. Dessa forma, os políticos e a elite brasileira marcaram a classe popular com preconceitos, relativos à inferioridade da mesma, os quais persistem até hoje. Esses preconceitos visam o adulto analfabeto em desigualdade de classes.

De acordo com Gomes (2004), a Declaração de Hamburgo foi assinada em julho de 1997, na V Conferência Internacional de Educação de Jovens e Adultos (CONFITEA) e, determina que a Educação de Jovens e Adultos tenha a finalidade de contribuir para a autonomia do aluno, possibilitando-lhe a aceitação das modificações em todos os setores da sociedade, e ao mesmo tempo participar com criatividade e crítica para adequar-se às mudanças com possível crescimento, enfrentando os desafios no percurso da vida.

De acordo com Rummert e Ventura (2007, p. 1) “O período compreendido entre 2003 e 2006, referente ao primeiro governo de Luiz Inácio Lula da Silva, traz para a EJA um maior destaque do que o obtido nos governos anteriores da Nova República”. A EJA aumentou suas ações em relação à Educação de Jovens e Adultos, implantando o Programa Alfabetizado e Educação de Jovens e Adultos (PBA) e do Programa Nacional de Inclusão de Jovens: Educação, Qualificação e Ação Comunitária (ProJovem); a criação da Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade (SECAD) e o Fundeb. No entanto, as ações ainda estão centradas nas políticas, as quais focam o fragmento das ações e, também, são fragmentadoras da sociedade como um todo. Portanto, são falsas as proposições indicadas quanto ao crescimento da EJA.

A Resolução nº 3, de 15/06/2010 determina a duração dos cursos da EJA, e a idade mínima para que os alunos ingressem nos cursos e recebam certificados. Investimentos são destinados à EJA, com vistas à melhoria dessa modalidade de ensino, como por exemplo, a realização do V Seminário Nacional no período de 13 a 15/05/2015. Outro investimento está relacionado à Educação Profissional dos alunos da EJA, conforme a meta 10 do Plano Nacional de Educação (PNE), que tem como meta até 2020 o oferecimento de 25% das matrículas da EJA a esta modalidade de ensino.

O número de jovens e adultos na rede pública, de acordo com dados do Ministério da Educação (2012), caiu 17,2% entre os anos de 2009 a 2012. Esses dados revelam que no ano de 2009, havia 39,1 milhões de alunos estudantes da EJA e no ano de 2012, houve um decréscimo de alunos para 32,4 milhões, um número significativo. Segundo Oliveira (2014), O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) no início de 2013, através do Censo Escolar do mesmo ano, aponta que as matrículas na EJA caíram em relação a 2012. No entanto, se analisarmos um período mais amplo,

veremos que em 2007 havia 4.985.338 alunos matriculados na EJA; enquanto em 2013, esse número foi de 3.772.670 alunos. Isso significa que, em seis anos, houve uma queda de 25% nas matrículas na EJA.

De acordo com estudos de Silva et al. (2011) são vários os motivos pelos quais os alunos apresentam dificuldades na leitura, escrita e na matemática. Não são apenas essas dificuldades que os alunos da EJA encontram na sala de aula. As principais dificuldades são: interesse pelo envolvimento com o estudo e cansaço pelo trabalho do dia-a-dia.

No ano de 2011, o governo federal criou o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (PRONATEC), pela Lei 11.513/2011. Os objetivos desse programa estão evidenciados em: expandir, interiorizar e democratizar a proposta do ensino de jovens e adultos, profissional e tecnológica no país. Outra finalidade é auxiliar para que o ensino médio seja de qualidade. Além desses objetivos o PRONATEC tem a possibilidade de que os trabalhadores por meio de cursos de formação inicial e continuada ou qualificação profissional obtenham oportunidades educacionais em grande escala (BRASIL, s.d.).

Foram publicadas 20 Metas do Plano Nacional de Educação, Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. As metas de número 9 e 10 contemplam a Educação de Jovens e Adultos, de acordo com Oliveira (2014): a Meta 9 é composta por 12 estratégias e a Meta 10 é composta por 11 estratégias. As 12 estratégias da meta 9 objetivam a alfabetização do jovem e adulto em seu todo, ofertando facilidades e possibilidades para a efetivação dessas estratégias. As estratégias da meta 10 estão voltadas à formação profissional dos jovens e adultos (OLIVEIRA, 2014).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil, antes da década de 30, era um país composto por indivíduos analfabetos, em sua maioria. No ano de 1934 houve interesses em que se alfabetizassem os brasileiros e os demais adultos residentes no país. Dessa época até o ano de 2015, muitos acontecimentos na área da EJA foram motivados por interesses políticos, com exceção da pedagogia de Paulo Freire que se interessava em ensinar os jovens e adultos a ler e escrever e a pensar suas ações em prol de suas autonomias.

Nesta segunda década do século XXI, muitos jovens e adultos que procuram a EJA estão interessados em aprender para depois escolher outro curso que lhes possibilite ingressar no mercado de trabalho, outros buscam apenas o certificado escolar para facilitar o ingresso no mercado de trabalho, e ainda há aqueles que desejam, através do certificado, promoções salariais.

Percebe-se que a EJA ainda não oferece atrativos culturais para “segurar” os jovens e adultos na escola, visto que esses indivíduos colocam a aprendizagem em último plano.

No ano de 2014, a presidenta Dilma Vana Rousseff, ao publicar o Plano Nacional de Educação, incluiu a nona e a décima Meta, as quais contemplam a EJA com vinte e três estratégias favoráveis à permanência dos jovens e adultos no estabelecimento escolar, de modo que estes, uma vez inseridos, sejam motivados a concluir seus estudos, além de inserir aqueles distantes da realidade escolar.

Atualmente, as matrículas nos Centros Estaduais de Educação de Jovens e Adultos (CEEJAS), disponibilizados no Estado de São Paulo têm apresentado um novo recorde.

No ano de 2015 matricularam-se 19,3 mil alunos, sendo que no ano de 2011 o total de matriculados era de apenas 5.410. Pesquisas apontam que este aumento significativo decorre do interesse dos alunos em concluir os estudos com horários flexíveis.

Os alunos que frequentam a Educação de Jovens e Adultos (EJA) participam do Exame Nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos (ENCCEJA) o qual avalia habilidades, competências e conhecimentos adquiridos. A participação nesse exame por alunos brasileiros e de brasileiros que moram no exterior, que não puderam por um motivo ou outro concluir seus estudos na idade esperada, acontece de forma voluntária e gratuita. Para os alunos que residem no país, este tipo de certificação atende somente a conclusão do Ensino Fundamental. No Ensino Médio, a certificação Ensino Médio – ENEM foi instituído a partir de 2009.

Há muitos obstáculos a serem superados pela Educação de Jovens e Adultos: - alunos com defasagem de aprendizagem e/ou indisciplinados, ou ainda com deficiência intelectual são incentivados a transferir-se para a EJA; - a heterogeneidade de faixas etárias em uma mesma sala de aula representa um desafio ao trabalho do professor; - o sistema de ensino da EJA encontra-se despreparado para receber alunos oriundos do sistema deficitário da Educação Básica regular; - deve haver o oferecimento de uma base curricular que atenda as necessidades e anseios dos alunos; - há dificuldade de identificação dos jovens com a modalidade de ensino, que se sentem muito velhos para continuarem nos sistemas regulares e muito novos para a EJA.

Sugestão para novos estudos: entender a necessidade da educação de qualidade aos jovens, neste momento político, em que a profissionalização apresenta-se fundamental para a inserção no mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS

- BRASIL, s. d. O que é o PRONATEC? Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (PRONATEC). Disponível em: < <http://pronatec.mec.gov.br/institucional-90037/o-que-e-o-pronatec> >. Acesso em: 16 dez. 2015.
- BRANDÃO, C. R. **O Que É Método Paulo Freire**. Disponível em: < http://sitiodarosadosventos.com.br/livro/images/stories/anexos/oque_metodo_paulo_freire.pdf >. Acesso em: 5 nov. 2015.
- CARVALHO, R. E. **Educação Inclusiva: com os pingos nos "is"**. Porto Alegre. 7ª ed. Mediação, 2010.
- CRUZ, E.; GONÇALVES, M. R.; OLIVEIRA, M. R. A Educação de Jovens e Adultos no Brasil: políticas e práticas. Biblioteca. **Educação Pública**. 2012. Disponível em: < <http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/educacao/0326.html> >. Acesso em: 15 dez. 2015.
- GOMES, I. M. A Educação de Jovens e Adultos Na Atualidade: um desafio para o Brasil. (UFPA) 2004. Disponível em: < http://www.ufpi.br/subsiteFiles/ppged/arquivos/files/eventos/evento2004/GT.5/GT5_1_2004.pdf >. Acesso em: 10 nov. 2015.
- HADDAD, S; DI PIERRO, M. C. Escolarização de jovens e adultos. **Revista Educação**. Maio/Jun./Jul./Ago. 2000. n. 14. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n14/n14a07> >. Acesso em: 5 nov. 2015.
- HADDAD, S. Por uma Nova Cultura na Educação de Jovens e Adultos, um Balanço de Experiências de Poder Local. **Ação Educativa GT: Educação de Pessoas Jovens e Adultas**. n.18. 2007. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/22041278/Capitulo-Novos-Caminhos-em-Educacao-de-Jovens-e-Adultos-EJA#scribd> >. Acesso em: 10 nov. 2015.
- MATIAS, M. B. **EJA-Educação de Jovens e Adultos: O Papel dos Gestores para a Permanência dos Alunos e suas Ações Motivadoras**. 2014. Disponível em: < <http://www.academia.edu> >. Acesso em: 5 nov. 2015.

MEC. Declaração de Salamanca: Sobre Princípios, Políticas e Práticas na Área das Necessidades Educativas Especiais. **Ministério de Educação e Cultura**, 1996. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf> >. Acesso em: 5 nov. 2015.

OLIVEIRA, F. B. de. Educação de Jovens e Adultos. **Por que o número de alunos da EJA está caindo?** 2014. Disponível em: < <http://revistaescola.abril.com.br/blogs/eja/2014/04/09/por-que-o-numero-de-alunos-da-eja-esta-caindo/> >. Acesso em: 12 nov. 2015.

OLIVEIRA, S. S. de (org.). **Plano Estadual de Educação e Plano Nacional de Educação**. Cuiabá/MT. Ago. 2014. Disponível em: < <http://www.seduc.mt.gov.br/SiteAssets/Paginas/Plano-Estadual-de-Educacao/PEE.pdf> >. Acesso em: 12 nov. 2015.

PAIVA, V. P. **Educação Popular e Educação de Adultos**. 2ª edição, Rio de Janeiro, Loyola, 1983.

PEREIRA, M. C. **Educação de Jovens e Adultos: uma contribuição à discussão da proposta pedagógica da rede estadual de ensino**. 2008. Disponível em: < <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/983-4.pdf> >. Acesso em: 4 nov. 2015.

RIBEIRO, V. M. M. **Educação para jovens e adultos: ensino fundamental: proposta curricular - 1º segmento**. Coordenação e texto final (de) Vera Maria Masagão Ribeiro; — São Paulo: Ação Educativa; Brasília: MEC, 2001. 239p. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/eja/propostacurricular/primeirosegmento/propostacurricular.pdf> >. Acesso em: 3 nov. 2015.

RUMMERT, S. M.; VENTURA, J. P. **Políticas públicas para educação de jovens e adultos no Brasil: a permanente (re)construção da subalternidade – considerações sobre os Programas Brasil Alfabetizado e Fazendo Escola**. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-40602007000100004&script=sci_arttext >. Acesso em: 11 nov. 2015.

SAMPAIO, M. N. Educação de jovens e adultos: Uma história de complexidade e tensões. **Práxis Educacional**. Vitória da Conquista. v. 5, n. 7. p. 13-27. jul. dez. 2009. Disponível em: < <http://periodicos.uesb.br/index.php/praxis/article/viewFile/241/253> >. Acesso em: 10 nov. 2015.

SAUNER, N. F. M. **Alfabetização de Adultos**. 1 ed. Curitiba: Juruá, 2002.

SILVA, G. R. **A Educação de Jovens e Adultos: Estudo das Motivações Mobilizadoras Determinantes da sua Permanência em Sala de Aula**. 31 jan. 2013. Disponível em: < <http://www.pedagogia.com.br/artigos/ejaestudo/index.php?pagina=0> >. Acesso em: 10 nov. 2015.

SILVA, M. J. B. **Políticas Públicas Educacionais para a Educação de Jovens e Adultos: um desafio constante**. 2011. VI EPEAL – VI Encontro de Pesquisa em Educação em Alagoas. I Encontro da Associação Nacional de Política e Administração em Educação – ANPAE-AL. Disponível em: < <http://epeal2011.dmd2.webfactional.com/media/anais/399.pdf> >. Acesso em: 10 nov. 2015.

SILVA, A. S. da; COSTA, D. M. V. da; ALMEIDA, R. C. de; MENDES, S. M. V.; COSTA, F. Motivos da evasão escolar na Educação de Jovens e Adultos (EJA) na unidade escolar Maria Modestina Bezerra, Teresina-Plaiui. Disponível em: < <http://www.sbpnet.org.br/livro/63ra/resumos/resumos/3441.htm> >. Acesso em: 27 jun. 2016.

SOUZA, Mércia Cardoso De; SANTANA, Jacira Maria Augusto Moreira Pavão. O direito à educação no ordenamento constitucional brasileiro. In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XIII, n. 74, mar. 2010. Disponível em: < http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7368 >. Acesso em: dez. 2015.

UNESCO (1998). **Declaração Mundial sobre Educação para Todos: satisfação das necessidades básicas de aprendizagem**. Jomtien, 1990. Disponível em: < <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000862/086291por.pdf> >. Acesso em: 5 nov. 2015.

ZANETTI, M. A. (coord. geral). Breve Histórico da Educação de Jovens e Adultos. Documento elaborado pelo departamento de educação de jovens e adultos - secretaria de estado da educação; Governo do Estado do Paraná. **Secretaria de Estado da Educação do Paraná**. Departamento de Educação de Jovens e Adultos. Deja. 1999. Disponível em: < <http://viviane.meistergamer.tripod.com/id3.html> >. Acesso em: 4 nov. 2015.

ZANETTI, M. A. **A Educação de jovens e adultos na empresa: um estudo de caso de uma empresa mecânica no Paraná que oferece escolarização para trabalhadores**. Curitiba, 1999. Disponível em: < <http://dSPACE.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/30078/R%20-%20D%20-%20MARI%A%20APARECIDA%20ZANETTI.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em: 4 nov. 2015.

ESTIMADOR DA AGRESSIVIDADE DA CAVITAÇÃO EM TURBINAS HIDROELÉTRICAS BASEADO EM MODELAGEM CICLOESTACIONÁRIA

ESTIMATOR OF AGGRESSION OF CAVITATION IN HYDRO TURBINES BASED ON CYCLESTATIONARY MODELLING

Data de entrega dos originais à redação em: 13/04/2015
e recebido para diagramação em: 14/06/2016.

Rafael L. Marinho, D.Sc.¹
Prof. Fernando A. P. Baruqui, D.Sc.²

O presente trabalho propôs uma nova metodologia para detecção e identificação da cavitação erosiva em turbinas de geração hidroelétrica. A metodologia baseia-se na modelagem dos sinais vibracionais induzidos pela cavitação como processos cicloestacionários. Diferentes tipos de cavitação afetam diferentes partes da turbina, e induzem assinaturas vibracionais que podem ser usadas para a identificação e localização da cavitação. Adicionalmente, a agressividade da cavitação, que é seu poder erosivo, pode ser estimada com base na potência medida do sinal vibracional. Acelerômetros de alta frequência foram usados para captar os sinais em duas turbinas instaladas em uma hidroelétrica durante operação normal. A metodologia foi implementada em software e um hardware dedicado foi desenvolvido para a execução no local. Um conjunto de sinais foi sintetizado conforme a modelagem cicloestacionária, e foi usado para validação da metodologia proposta. Resultados obtidos com os sinais reais foram semelhantes aos obtidos com sinais sintetizados, e corroboraram a viabilidade do emprego da metodologia em sistemas de monitoramento da cavitação.

Palavras-chave: Turbinas Hidroelétricas. Agressividade da Cavitação. Cicloestacionariedade. Análise Vibracional. Cavitação Erosiva.

This work proposed a new methodology of detection and identification of erosive cavitation in hydro turbines. This methodology is based on cyclestationary modeling of the cavitation induced vibrational signals. Different cavitation types cause damage to different turbine parts and induce different vibrational signatures, which can be employed to identify and locate the cavitation. Additionally, the cavitation aggressiveness can be estimated based on the measured power of vibrational signal. High frequency accelerometers picked up the signals from two real turbines under normal operation. The methodology was implemented in software and a specific hardware was developed to run the software locally. Signals were synthesized according to the cyclestationary modeling and employed to validate the proposed methodology. Results obtained from real signals were similar to the ones obtained from synthetic signals, and thus corroborate the feasibility of this methodology in cavitation monitoring systems.

Keywords: Hydro Turbines. Cavitation Aggressiveness. Cyclostationarity. Vibrational Analysis. Erosive Cavitation.

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas em geração hidroelétrica é a cavitação erosiva. A cavitação erosiva acontece devido à queda de pressão em alguns pontos críticos do escoamento dentro das turbinas, o que estimula os *núcleos* (MØRCH, 2009) da água a crescer explosivamente e se tornarem cavidades **instáveis** preenchidas com vapor. Essas cavidades vão para regiões de recuperação de pressão, e implodem violentamente, produzindo impactos nas peças metálicas da turbina. Esses impactos produzem o **encruamento** do aço, com formação de trincas e finalmente perda de massa. As paradas de manutenção devido à cavitação podem durar semanas e custar milhares de reais, constituindo prejuízo significativo e boa parcela do custo da energia gerada.

Os impactos induzem padrões vibracionais característicos que podem ser analisados para detectar

1 Um *nucleus* pode ser entendido como um ponto fraco na estrutura molecular da água, por ex.: uma microbolha ou um sólido microscópico imerso. Os *núcleos* rompem primeiro (crescem explosivamente) ao se submeter toda a massa de água a uma tensão (abaixamento de pressão) gradualmente crescente.

1 - Instituto Federal do Rio de Janeiro – IFRJ e Programa de Engenharia Eletrônica – COPPE/UFRJ.

2 - Programa de Engenharia Eletrônica – COPPE/UFRJ.

e localizar a cavitação. Diferentes tipos de cavitação produzem erosão em diferentes locais (ESCALER *et al.*, 2006). A análise vibracional é não-invasiva, não interfere com a operação da unidade geradora, e permite obter uma estimativa da **agressividade da cavitação** (FRANC; MICHEL, 1997), apesar de não estimar diretamente a perda de massa.

1.1 Metodologias desenvolvidas até hoje

Farhat *et al.* (1996) empregaram análise vibracional em sinais de cavitação através da retificação de sinais filtrados em passa-banda. O método revelou que há componentes em frequências chave modulando em amplitude o sinal aleatório da cavitação, e também locais apropriados para a instalação de acelerômetros. Não foi estabelecida nenhuma correlação entre a potência do sinal retificado e a agressividade da cavitação, devido a não-similaridades entre protótipos.

Escaler *et al.* (2006) extraíram o envelope dos sinais filtrados em passa-banda empregando a transformada de Hilbert discreta. Diferentes frequências

que foram detectadas nos sinais de envelope permitiram aos autores identificar vários tipos de cavitação. Este processamento é muito similar à análise DEMON (*Detection of Envelope Modulation On Noise*), muito empregada também na detecção de barcos pela cavitação em suas hélices.

De M. e Hammit F. (1982) encontraram uma relação entre a agressividade da cavitação e a potência medida do sinal vibracional, a qual foi denominada **eficiência de erosão da cavitação**.

Bajic (2003) desenvolveu a análise vibro-acústica dos sinais de cavitação e estabeleceu uma relação entre a potência do sinal de interesse e a intensidade da cavitação para um determinado ponto de operação da máquina. A potência total do sinal $I(P)$ foi modelada como um somatório das potências I_m de cada um dos sinais decorrentes de cada tipo de cavitação:

$$I(P) = \sum_{m=1}^M I_m \quad (1)$$

Variando-se o ponto de operação P da máquina, cada um dos termos I_m varia e alguns tipos de cavitação podem surgir e outros desaparecer, alterando a assinatura vibracional da turbina. A metodologia envolve variar propositalmente o ponto de operação da máquina, e interfere na operação da unidade geradora.

1.2 Apresentação da metodologia proposta

O presente trabalho consistiu na modelagem do sinal vibracional como um processo cicloestacionário em relação ao ângulo do eixo da máquina. Esta modelagem permitiu o emprego de ferramentas de análise cicloestacionária como a CMS (*Cyclic Modulation Spectrum*) e a CMC (*Cyclic Modulation Coherence*) (ANTONI, JEROME; HANSON, 2010).

Um equipamento de análise não invasiva e contínua foi desenvolvido, baseado em *software* específico (escrito em linguagem C++) e um *hardware* dedicado (um computador embarcado executando sistema operacional Linux, e uma placa de aquisição de sinais desenvolvida especificamente para este projeto). O *software* que implementou a metodologia proposta foi validado por sinais de cavitação sintetizados, e foi testado em sinais de duas turbinas instaladas em uma hidroelétrica. Tais sinais foram obtidos durante operação normal com baixíssimos níveis de cavitação. Os resultados obtidos indicaram a viabilidade de a metodologia ser empregada como um sistema de diagnóstico, detecção e monitoramento da cavitação erosiva.

2 CAVITAÇÃO EROSIVA EM TURBINAS

Mesmo com os fabricantes de turbinas limitando a faixa de operação das mesmas com a finalidade de manter a cavitação em **níveis aceitáveis**, isto nem sempre é conseguido, pois a demanda de geração de energia obriga muitas vezes a operação em sobrecarga ou muito longe do ponto de operação ótimo. Todas as turbinas são compostas por um rotor com um número de lâminas, e por um distribuidor com um número de palhetas guia. As frequências de modulação observadas por Farhat (1996) são sempre a frequência de passagem

das lâminas do rotor, a frequência de passagem das palhetas guia, e suas harmônicas.

Adicionalmente, o sinal portadora característico da cavitação é um sinal aleatório, impulsivo e de banda larga, descrito pelo modelo de Morozov (MOROZOV, 1969). Os inúmeros impulsos de pressão representam as implosões individuais das cavidades de vapor, as quais induzem vibrações mecânicas nas frequências de ressonância naturais das peças da turbina.

2.1 Tipos principais de cavitação

Escaler et al. observaram vários tipos de cavitação (ESCALER et al., 2006), que se apresentam como estruturas diferentes em termos de tamanho, forma e localização dentro da turbina. Os tipos mais erosivos, e de maior importância neste trabalho, tiveram suas assinaturas vibracionais caracterizadas:

- **Cavitação em bolhas itinerantes**, que danifica somente o bordo de fuga das lâminas do rotor no lado da sucção, além de provocar queda na eficiência da máquina. Este tipo de cavitação é caracterizado por produzir forte ruído acústico, e a frequência de modulação que o caracteriza é a frequência de passagem das lâminas (e suas harmônicas).
- **Cavitação em nuvem**, que danifica o bordo de ataque das lâminas do rotor, ou eventualmente as palhetas do distribuidor. É um tipo de cavitação com muito poder erosivo, e que pode induzir anomalias na operação da máquina. Caracteriza-se por induzir vibrações moduladas na frequência de passagem das palhetas (e suas harmônicas).

2.2 A cicloestacionariedade do sinal da cavitação

A cavitação erosiva em suas diversas formas é um fenômeno governado por fatores aleatórios e determinísticos. Os fatores aleatórios são microfenômenos (implosões e impactos) e os fatores determinísticos são macrofenômenos (flutuações de pressão devido à interação entre rotor e estator da máquina e ondas estacionárias no caracol), os quais modulam a taxa e a amplitude dos microfenômenos. Atualmente, com o auxílio da computação da dinâmica de fluidos (CFD), é possível simular os macrofenômenos, e modelá-los como funções periódicas da **posição angular** θ do eixo da máquina. Para o caso particular da cavitação em bolhas itinerantes, podemos definir o sinal modulante como uma série de Fourier:

$$m_B(\theta) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} B_i e^{jbi\theta} \quad (2)$$

onde b é o número de lâminas do rotor e B_i é o coeficiente complexo de Fourier da componente de **ordem de máquina** (ANTONI, JÉRÔME, 2009) ib . De forma similar, o sinal modulante devido à cavitação em nuvem pode ser modelado como:

$$m_C(\theta) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} C_i e^{jvi\theta} \quad (3)$$

onde v é o número de palhetas guia do distribuidor e C_i é o coeficiente da componente de ordem de máquina iv . As ordens de máquina b , v e múltiplos compõem um **conjunto chave de ordens de máquina**, onde estão os sinais modulantes das vibrações induzidas pela cavitação. O modelo assume que todos os sinais modulantes são não negativos para todo θ .

O sinal vibracional estacionário, (portadora aleatória de variância constante) induzido pelas implosões pode ser modelado como sendo a resposta mecânica aos impactos:

$$c_B(\theta) = (h_B * n_B)(\theta) \quad (4)$$

onde $c_B(\theta)$ é o sinal vibracional devido à cavitação em bolhas somente, $n_B(\theta)$ é o sinal aleatório de pressão acústica devido às implosões (como no modelo de Morozov), $h_B(\theta)$ é a resposta ao impulso que conecta os pontos das implosões ao ponto de instalação do acelerômetro, e $*$ denota convolução. Similarmente, podemos deduzir para a cavitação em nuvem o sinal portadora $c_C(\theta)$:

$$c_C(\theta) = (h_C * n_C)(\theta) \quad (5)$$

Ambos $h_B(\theta)$ e $h_C(\theta)$ dependem de fatores como múltiplos percursos (pelo metal e pela água), e múltiplos modos de ressonância mecânica. Uma função não-linear produz a modulação dos sinais portadora pelos sinais modulantes, tornando a variância uma função periódica:

$$x_{SOI-B,C}(\theta) = f_{B,C}(c_{B,C}(\theta), m_{B,C}(\theta)) \quad (6)$$

As funções não lineares f_B (cavitação em bolhas) e f_C (cavitação em nuvem) são diferentes, pois os dois tipos de cavitação causam erosão em locais diferentes da turbina, e portanto, têm funções de transferência mecânica distintas e também mecanismos de modulação distintos. Finalmente, o nosso sinal de interesse é a soma dos dois:

$$x_{SOI}(\theta) = x_{SOI-B}(\theta) + x_{SOI-C}(\theta) \quad (7)$$

Como o sinal de interesse tem sua variância como uma função periódica da posição angular do rotor, ele pode ser classificado como um sinal que **exibe** (ANTONI, JÉRÔME, 2009) cicloestacionariedade de segunda ordem em relação ao ângulo do rotor.

2.3 Modelagem do sinal real

Sinais vibracionais reais são passíveis de contaminação por inúmeras fontes de ruído, tais como escoamento, interferência eletromagnética e atrito. O próprio gerador elétrico constitui uma fonte de ruídos vibracionais (OLLIQUINO; ISLAM; EREN, 2003).

Todo sinal vibracional de máquina rotativa é uma soma de uma componente periódica (determinística) e

uma residual (aleatória), e o sinal de interesse é parte da componente residual. O ruído do escoamento e a fricção também compõem a parte residual, mas são independentes da posição angular, o que faz o sinal de interesse a única parcela exibindo cicloestacionariedade de segunda ordem (ANTONI, JÉRÔME, 2009) em relação ao ângulo:

$$x(\theta) = x_{CS1}(\theta) + x_{CS2+}(\theta) + \eta(\theta) \quad (8)$$

A parte determinística ou puramente cicloestacionária de primeira ordem é representada por $x_{CS1}(\theta)$, onde $\eta(\theta)$ representa as fontes de ruído não cicloestacionárias, e $x_{CS2+}(\theta)$ representa as componentes aleatórias cicloestacionárias com ordem maior ou igual a dois, e inclui o sinal de interesse da cavitação e o ruído estacionário.

Não obstante, o sinal real não pode ser considerado cicloestacionário em relação ao tempo, pois a velocidade da turbina não é constante (**droop speed control**). A reamostragem angular pode corrigir as pequenas flutuações aleatórias de velocidade, apesar de os sinais **temporais** de excitação devido às implosões e as respostas impulsivas **temporais** da transferência mecânica perderem os seus significados no domínio angular. Apesar disso, a flutuação de velocidade é inferior a 1%, e provoca poucas mudanças no sinal reamostrado.

Somente a **potência** e a **similaridade espectral** entre as componentes de ordem de máquina do sinal de interesse serão levadas em conta na elaboração do estimador da agressividade da cavitação. O motivo é que diferentes tipos de cavitação causam implosões e impactos em diferentes locais na turbina, portanto induzem vibrações que se propagam por diferentes caminhos até os sensores externos (diferentes funções de transferência mecânica). Também, os sinais de pressão de excitação mecânica são diferentes, pois a cavitação em nuvem tem uma tendência de produzir pulsos mais numerosos e menos intensos que a cavitação em bolhas (KUMAR; BRENNEN, 1992).

3 METODOLOGIA PROPOSTA

O primeiro passo para a estimação da agressividade da cavitação é determinar o conjunto chave de frequências cíclicas ou de ordens de máquina. No presente trabalho, sinais de duas turbinas instaladas em uma hidroelétrica com $b=11$ lâminas e $v=24$ palhetas foram gravados durante operação normal, o que permitiu aos autores sintetizar um conjunto de sinais que mimetize os sinais reais das turbinas em estudo.

3.1 Aquisição de sinais reais

Dois turbinas Francis idênticas UG01 e UG02 forneceram sinais para este estudo. Os grupos turbina-gerador (TG) têm uma potência nominal de 72 MW, e velocidade de rotação nominal 2.72 Hz (163.6 rpm). A tensão gerada é alternada em 60 Hz, portanto os geradores síncronos possuem 44 polos magnéticos. Ambas as turbinas têm históricos com baixos níveis de erosão e já estavam operando há 50.000 horas sem manutenção corretiva, a qual posteriormente revelou por inspeção visual padrões de erosão característicos da

cavitação em bolhas itinerantes e da cavitação em nuvem (Figura 1a e Figura 1b). Para fins de comparação, UG01 estava operando com 67% de sua capacidade nominal (48 MW) e UG02 estava girando em vazio (0 MW), porém com o enrolamento de campo do gerador energizado. Ambas as unidades estavam sincronizadas com a rede elétrica externa.

Os sinais vibracionais foram captados por dois acelerômetros modelo 9700A da Rockwell Automation, que têm uma frequência de ressonância de 85 kHz. Os acelerômetros foram instalados em malhetes sobre as palhetas diretrizes e na tampa próxima ao eixo da turbina (ESCALER et al., 2006), pois o mancal principal estava em local inacessível. Bases de montagem de aço foram cuidadosamente usinadas e coladas com cianoacrilato nas partes de turbina, e os sensores parafusados nestas bases.

Um condicionador de sinais que realizou a filtragem *anti-aliasing* e aplicou um ganho de voltagem de 27 nos sinais dos acelerômetros. Um conversor A/D gravador digital de 16 bits $m_B(\theta) = 1 + 0,1\cos(11\theta) + 0,1\cos(33\theta) + 0,1\cos(55\theta)$ (9) e 4 canais modelo U2542A (Agilent Technologies) conectado a um computador portátil comum gravou os sinais a 100 mil amostras por segundo. Para minimizar a captação de ruídos da rede elétrica, os dois sensores e o condicionador foram alimentados por baterias. O computador e o gravador digital foram alimentados pela rede elétrica.



Figura 1 – Erosão causada pela cavitação. a) Cavitação em bolhas itinerantes. b) Cavitação em nuvem

Dois sinais de sincronismo foram gravados para a reamostragem: um tacômetro ótico produziu um pulso por volta do eixo, e a própria tensão alternada de 60 Hz produzida, que foi reduzida a 1 V por meio de transformadores. Estes dois sinais de sincronismo e os dois sinais dos acelerômetros formam um **conjunto de sinais**, gravado em arquivo binário único. Dois conjuntos de sinais foram gravados da UG01 e um conjunto da UG02. A Tabela 1 sumariza as principais diferenças entre os sinais gravados.

Tabela 1 - Conjunto de sinais adquiridos

Conjunto	Unidade geradora (potência)	Local do acelerômetro 1	Local do acelerômetro 2	Duração da gravação
1	UG01 (48 MW)	Malhete 5	Tampa da turbina	920 s
2	UG01 (48 MW)	Malhete 5	Malhete 4	875 s
3	UG02 ^a (0 MW)	Malhete 4	Malhete 5	973 s

^a Unidade girando em vazio mas sincronizada com a rede elétrica

3.2 Produção de um sinal sintético por software

Um sinal sintético simplificado foi $\hat{x}(t)$ proposto para simulação por computador, baseado nas equações (2) a (8). A frequência de revolução nominal do eixo das

turbinas é 2,7272 Hz, portanto, as frequências esperadas das componentes modulantes são 30 Hz para a cavitação em bolhas e 65,45 Hz para a cavitação em nuvem, além de suas harmônicas. Foram simuladas 900 revoluções do eixo da turbina.

Os sinais de excitação $n_b(\theta(t))$ e $n_c(\theta(t))$ podem ser simulados com boa aproximação por um ruído branco gaussiano (ANTONI, J.; HANSON, 2012). As respostas impulsivas $h_b(\theta(t))$ e $h_c(\theta(t))$ (funções de transferência mecânica) foram simuladas por filtros IIR passa-banda, e os sinais resultantes da filtragem representaram as portadoras vibracionais $c_b(\theta(t))$ e $c_c(\theta(t))$.

Os sinais modulantes da cavitação em bolhas e em nuvem foram modelados por duas séries de Fourier, de modo que apresentassem semelhança com sinais já observados (ESCALER et al., 2006):

$$m_C(\theta) = 1 + 0,2\cos(24\theta) \quad (10)$$

Finalmente, uma função não linear simulou o efeito da modulação. A raiz quadrada foi introduzida para que $m_b(\theta)$ e $m_c(\theta)$ modulassem diretamente a potência (ou variância) das portadoras aleatórias:

$$f_{B,C}(c_{B,C}(\theta), m_{B,C}(\theta)) = c_{B,C}(\theta)\sqrt{m_{B,C}(\theta)} \quad (11)$$

Portanto, o sinal de interesse simulado para ambos os tipos de cavitação é:

$$\hat{x}_{SOI}(\theta) = c_B(\theta)\sqrt{m_B(\theta)} + c_C(\theta)\sqrt{m_C(\theta)} \quad (12)$$

Finalmente, a flutuação aleatória de velocidade da turbina foi simulada por uma função $\theta(t)$, que possibilitou a representação do sinal de interesse simulado no domínio do tempo. Um ruído branco gaussiano aditivo

$\eta_s(t)$ com densidade espectral de potência $3 \cdot 10^{-4}$ V²/Hz e um ruído tonal aditivo $\eta_r(t)$ composto por dois sinais senoidais em 30 e 40 kHz e potência $7,5 \cdot 10^{-2}$ V² também foram incluídos a fim de compor um sinal temporal semelhante aos sinais reais. O modelo completo para o sinal simulado é:

$$\hat{x}(t) = \hat{x}_{SOR}(\theta(t)) + \hat{\eta}_T(t) + \hat{\eta}_S(t) \quad (13)$$

3.3 Metodologia de estimação da agressividade da cavitação

A obtenção de uma estimativa da agressividade da cavitação a partir de sinais temporais começa com a reamostragem angular baseada em interpolação com a função *sinc* (SMITH; GOSSETT, 1984), e que resulta em um novo sinal com número constante L de amostras por revolução do eixo. Os sinais são sobreamostrados de modo que L seja um múltiplo inteiro de N , que é uma potência de dois. Esta característica de L é importante para a próxima etapa, onde serão empregadas janelas de análise com comprimento N . No caso das unidades UG01 e UG02, a taxa de amostragem é aumentada para 122880 amostras/s, o que corresponde a $L=45056$ amostras por volta.

3.3.1 Remoção da parte cicloestacionária de primeira ordem

Seja $x[n]$ o sinal reamostrado de um sensor arbitrário. A remoção da parte cicloestacionária de primeira ordem (ANTONI, JÉRÔME, 2009) pode ser realizada subtraindo a **média sincronizada**, que é um estimador da parte determinística do sinal:

$$x_{CS1}[n] = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} x[kL + m] \quad (14)$$

onde K é o número de revoluções gravadas e m é o resto da divisão entre n e L . O sinal **resíduo** é a diferença:

$$x_r[n] = x[n] - x_{CS1}[n] = x_{CS2+}[n] + \eta[n] \quad (15)$$

3.3.2 Realce da componente pura cicloestacionária de segunda ordem

A parcela não cicloestacionária $\eta[n]$ pode ser atenuada através de uma segunda operação de média sincronizada, mas com a potência instantânea discriminada por faixas de frequência espectral, nomeadamente *Averaged Instantaneous Power Spectrum* (AIPS) (URBANEK et al., 2012), o qual será necessário para posterior discriminação em ordens de máquina.

O AIPS é calculado com base na FFT do sinal residual: $x_r[n]$ é dividido em K segmentos, onde K é o número de revoluções completas do eixo. Para cada segmento, uma janela de análises $w[n]$ com N amostras é introduzida e deslocada em passos de R amostras ($R < N$). A janela deslocada $w_N[n] = w[n - iR]$, que tipicamente é do tipo *Hanning*, seleciona um bloco o K -ésimo segmento

que compreende as amostras $n=iR, \dots, iR+N-1$, e a FFT do produto $x_r[n]w_N[n]$ é computada. O resultado é uma matriz complexa com $I=1+(L-N)/R$ colunas e $N/2+1$ linhas, a **transformada discreta de Fourier de tempo curto** (STFT). O espectro de potência instantâneo (IPS) do K -ésimo segmento é:

$$IPS_K[i, h] = \left| \sum_{n=iR}^{iR+N-1} x_r[n] w_N[n] e^{j2\pi h \frac{n-iR}{N-1}} \right|^2 \quad (16)$$

A operação quadrática torna possível a discriminação de sinais cicloestacionários de segunda ordem, sendo i a variável discreta da posição angular, e h a **frequência espectral** discreta. Janelas com $N=512$ amostras foram adotadas para as análises dos sinais de UG01 e UG02, o que resulta em uma resolução no domínio angular suficiente para discriminar eventos induzidos por uma única lâmina do rotor ou palheta do distribuidor. Finalmente, o AIPS é calculado como a média dos IPSs de cada revolução:

$$AIPS[i, h] = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} IPS_k[i, h] \quad (17)$$

3.3.3 Discriminação das componentes de ordem de máquina

O sinal cicloestacionário de segunda ordem **puro** pode ser analisado por ferramentas apropriadas com a CMS e a CMC. Ambas evidenciam a modulação em amplitude e revelam periodicidades escondidas nos sinais aleatórios. Neste trabalho, a CMS é obtida pela computação da FFT do AIPS, o que transforma o domínio angular no novo domínio da **ordem de máquina**:

$$CMS_x[a, h] = \frac{1}{I} \sum_{i=0}^{I-1} AIPS[i, h] e^{j2\pi a \frac{i}{I-1}} \quad (18)$$

onde a variável discreta a representa o domínio da ordem de máquina e $CMS_x[0, h]$ é uma estimativa do espectro discreto de potência, que só representa a parcela estacionária do sinal. Finalmente, a CMC é o branqueamento da CMS:

$$CMC_x[a, h] = \frac{CMS_x[a, h]}{CMS_x[0, h]} \quad (19)$$

A CMC é uma matriz complexa, e o significado da magnitude de cada elemento é o **grau de cicloestacionariedade**. A imagem formada por $|CMC_x[a, h]|$ constitui um indicador visual da presença de cicloestacionariedade.

3.3.4 Estimador da agressividade da cavitação

A imagem formada por $|CMS_x[a, h]|$ constitui a representação da potência $|CMS_x[a, h]|$ do sinal distribuída entre componentes espectrais e de ordem de máquina, portanto o sinal da cavitação deve aparecer como linhas descontínuas nas ordens de máquina esperadas. Os padrões de descontinuidade dependem da excitação acústica e da função de transferência mecânica ligando a excitação ao sensor.

O estimador da agressividade da cavitação em bolhas itinerantes é construído primeiro tomando a componente de ordem de máquina b como referência de distribuição espectral e acumulando todas as potências desta componente. As potências das componentes mb (m é um inteiro maior que 1) também são acumuladas se houver similaridade espectral com a componente de referência, o que pode ser avaliado pelo coeficiente de correlação de Pearson (PPMCC) entre as duas distribuições de potência espectral discreta.

$$P_B = \sum_m \sum_h |CMS_x[a = mb, h]| \quad (20)$$

O estimador para a agressividade da cavitação em nuvem é construído de maneira similar, tomando-se como referência a componente de ordem de máquina v :

$$P_C = \sum_m \sum_h |CMS_x[a = mv, h]| \quad (21)$$

Finalmente, ambos P_B e P_C são divididos pela potência da componente estacionária, o que resulta na porcentagem da potência que é modulada devido a ambos os tipos de cavitação:

$$P_{B\%, C\%} = \frac{P_{B,C}}{\sum_h |CMS_x[0, h]|} \quad (22)$$

3.3.5 Desenvolvimento de um software estimador da agressividade da cavitação

Os autores desenvolveram um *software* que implementa todos os passos do processamento descrito nas seções 3.3 a 3.3.4, e plota $|CMC_x[a, h]|$. O *software* também produz um relatório de texto conciso com os estimadores das agressividades da cavitação em bolhas itinerantes e em nuvem. Na Figura 2 a metodologia implementada em *software* é detalhada em um diagrama de blocos que discrimina as etapas de pré-processamento, processamento e pós-processamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todos os conjuntos de sinais reais e o conjunto de sinais sintéticos foram processados pelo *software* desenvolvido e os estimadores calculados são mostrados na Tabela 2. Para o PPMCC, o valor 0,6 foi escolhido como limiar para decisão de similaridade espectral, o que resultou na melhor discriminação possível entre os dois tipos de cavitação e outros sinais interferentes.

4.1 Conjunto de sinais sintéticos

Dois sinais $\hat{x}_1(t)$ e $\hat{x}_2(t)$ foram produzidos, e compõem o conjunto de sinais sintéticos. Ambos os sinais contêm ruído branco Gaussiano aditivo com potência $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ V}^2$. Adicionalmente, $\hat{x}_2(t)$ também contém dois ruídos tonais em 30 e 40 kHz e potências $7,5 \cdot 10^{-2} \text{ V}^2$. A soma das potências dos sinais de interesse para cavitação em bolhas e em nuvem é $7 \cdot 10^{-2} \text{ V}^2$. Os gráficos com as magnitudes das CMCs estão na Figura 3, onde se podem ver três linhas verticais contínuas (nas ordens de máquina 11, 33, e 55) representando a cavitação em bolhas e uma (na ordem de máquina 24) representando a cavitação em nuvem. O ruído tonal causa pouco impacto nos resultados.

De acordo com as equações e , P_B contribui com 30% da potência de $c_b(\theta)$ e P_C com 20% de $c_c(\theta)$. As potências de $c_b(\theta)$ e $c_c(\theta)$ são respectivamente $3 \cdot 10^{-2} \text{ V}^2$ e $4 \cdot 10^{-2} \text{ V}^2$ significando que os **valores verdadeiros convencionais** de P_B e P_C são $9 \cdot 10^{-3} \text{ V}^2$ e $8 \cdot 10^{-3} \text{ V}^2$.

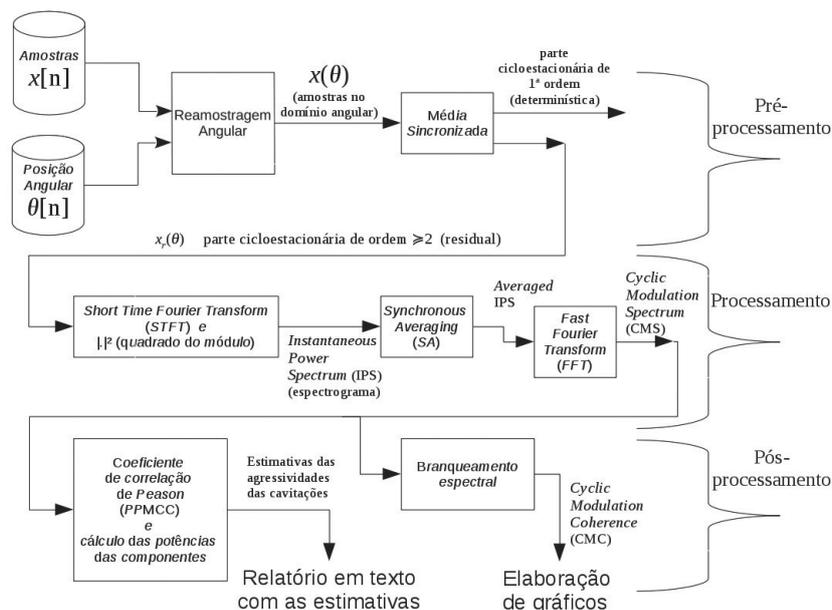


Figura 2 – Diagrama de blocos do processamento implementado em *software*

Tabela 2 - Estimadores da agressividade da cavitação computados

Conjunto de sinais	Acelerômetro	$P_B (V^2)$	$P_{B\%}$	$P_C (V^2)$	$P_{C\%}$	Potência total (V^2)
Sintético	$\hat{x}_1(t)^a$	8.76 m	10.37%	7.70 m	9.12%	84.45 m
	$\hat{x}_2(t)^a$	9.11 m	3.88%	7.69 m	3.28%	234.6 m
1 (UG01)	1	0.113 m	6.38%	0.046 m	2.61%	1.786 m
	2	0.162 m	11.96%	0.037 m	2.73%	1.361 m
2 (UG01)	1	0.109 m	8.27 %	0.041 m	3.08%	1.318 m
	2	0.098 m	1.83 %	0.029 m	0.54%	5.389 m
3 (UG02)	1	0.007 m	0.56 %	0.008 m	0.65%	1.289 m
	2	0.010 m	6.01%	0.003 m	1.93%	0.169 m

^a Refere-se a sinais sintéticos e não a acelerômetros.

Para o sinal $\hat{x}_1(t)$ os valores medidos de P_B e P_C apresentam **erros relativos de medição** de -2.67% e -3.75%, e os valores de P_B e P_C são detectados separadamente, mesmo sob um ruído estacionário considerável. Já para $\hat{x}_2(t)$, os resultados da Tabela 2 e da Figura 3 confirmam a pouca influência que a adição de ruídos tonais tem nesta medição.

4.2 RESULTADOS OBTIDOS DA UG01

Na Figura 4 estão os gráficos das CMCs computadas para o primeiro conjunto de sinais reais, com os sinais de frequência inferior a 5 kHz eliminados. Nota-se que há linhas nas ordens de máquina esperadas, e também fortes componentes de ruído nas ordens de máquina 22, 44 e múltiplas. Para o segundo conjunto de sinais reais gravados de UG01, resultados similares podem ser vistos na Figura 5, e as componentes de ruído são ainda mais intensas.

Os sinais característicos da cavitação em bolhas estão visíveis na Figura 4, nas ordens de máquina 11, 33, 55 (fraco), e 77 (muito fraco). A componente de ordem de máquina 24 sugere que há cavitação em nuvem, e há também uma componente na ordem de máquina 25 (somente Figura 4a), que é característica de vórtices de Von Kármán (AUSONI et al., 2007) interferindo na cavitação em nuvem. A Figura 5 mostra resultados para o segundo conjunto de sinais que são consistentes com os mostrados na Figura 4a e as linhas correspondentes da Tabela 2 corroboram os resultados sobre a agressividade da cavitação em bolhas e em nuvem. A instalação de um sensor próximo ao eixo da máquina torna a detecção da cavitação em bolhas mais viável, mas impossibilita a detecção da cavitação em vórtices de Von Kármán.

Posteriormente, os autores descobriram que as fortes componentes de ruído nas ordens de máquina 22, 44 e múltiplas são provenientes do gerador elétrico, devido ao material magnético apresentar **ruído Barkhausen** e **magnetostricção**. Estes efeitos combinados constituem uma fonte de ruído Barkhausen mecânico (P. MACIAKOWSKI et al., 2012) que é modulado na **frequência da rede elétrica** e na **frequência de passagem dos polos magnéticos**. Este ruído não é

intermitente como o sinal característico da cavitação. Infelizmente estas componentes de ruído mascararam algumas componentes do sinal da cavitação em bolhas, e a estimativa da agressividade da cavitação pode ser tendenciosa em algum grau.

4.3 RESULTADOS OBTIDOS NA UG02

Os resultados das CMCs computadas para o conjunto de sinais gravados na UG02 são mostrados na Figura 6. As componentes de ordem de máquina características da cavitação em bolhas e em nuvem estão ausentes.

A Tabela 2 revela que os valores medidos de P_B e P_C estão a uma ordem de grandeza abaixo dos medidos na UG01, apesar de a potência total permanecer na mesma ordem de magnitude. Pode-se concluir que, apesar de a metodologia detectar o ruído do gerador, a cavitação em bolhas e em nuvem está ausente na UG02.

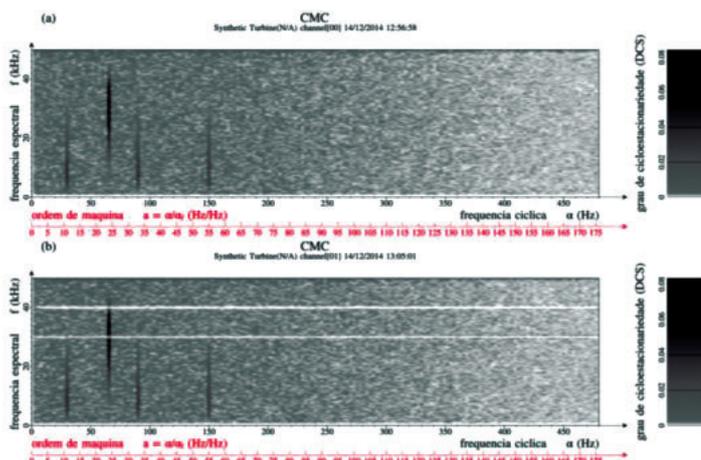


Figura 3 - Resultados obtidos com sinais sintéticos. a) Sinais de interesse e ruído branco Gaussiano aditivo. b) Sinais de interesse com ruído branco Gaussiano aditivo e ruídos tonais em 30 e 40 kHz

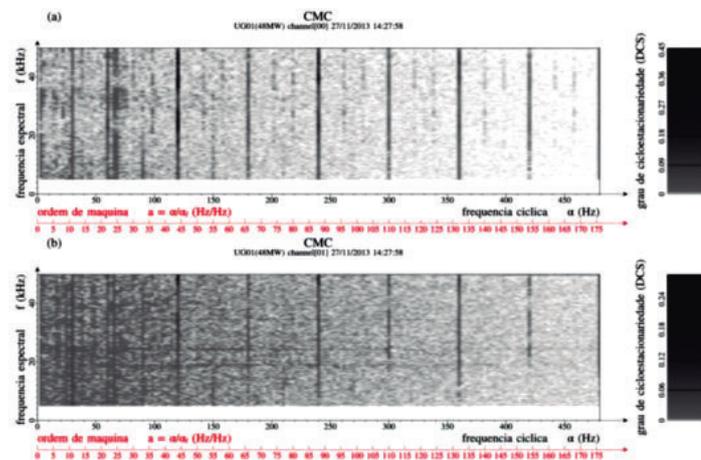


Figura 4 - Resultados obtidos com o primeiro conjunto de sinais de UG01. a) Acelerômetro sobre o malhete. b) Acelerômetro sobre a tampa da turbina. Notar linhas em 30 Hz (cavitação em bolhas) e 65.45 Hz (cavitação em nuvem)

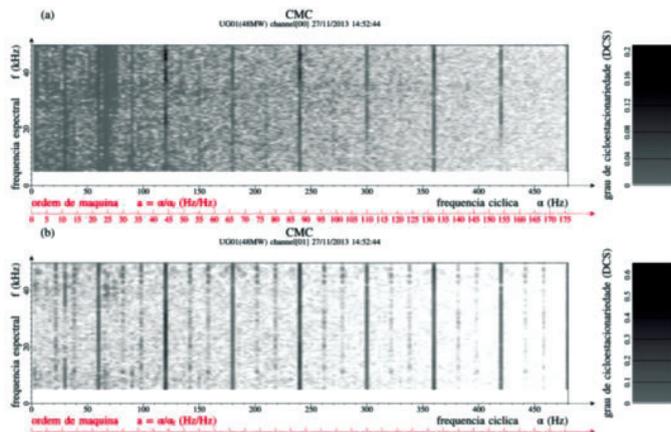


Figura 5 - Resultados obtidos com o segundo conjunto de sinais de UG01. a) e b) Acelerômetros sobre os malhetes. Notar linhas em 30 Hz (cavitação em bolhas) e 65,45 Hz (cavitação em nuvem) e forte interferência em múltiplos de 60 Hz

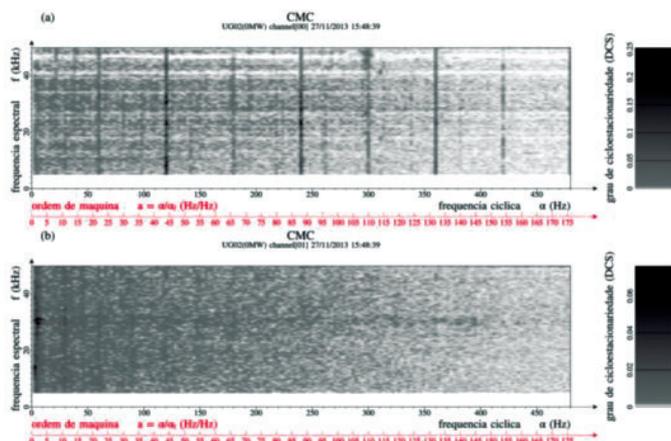


Figura 6 - Resultados obtidos com o conjunto de sinais de UG02. a) e b) Acelerômetros sobre os malhetes. Notar forte interferência em múltiplos de 60 Hz, mas sem os sinais esperados em 30 e 65,45 Hz

5 CONCLUSÕES

A metodologia proposta é apropriada para a detecção da cavitação e estimação da sua agressividade, mesmo em meio a várias fontes de ruído. Diferentes tipos de cavitação produzem não só componentes com diferentes ordens de máquina (modulante), mas também com diferentes composições espectrais (portadora). Para cada tipo de cavitação há somente uma combinação de portadora aleatória e modulante que a identifica.

A CMC e as potências extraídas dos sinais de interesse permitem o diagnóstico e identificação da cavitação em turbinas, mesmo com baixos níveis de agressividade da cavitação. Apesar de não ser um processamento em tempo real propriamente dito, como a metodologia DEMON, e de ter um custo computacional muito mais elevado, esta metodologia não é empírica e não envolve filtragem em banda passante, preservando as informações escondidas nos sinais. Não obstante, a metodologia proposta não interfere com a operação normal das unidades geradoras e não é invasiva.

REFERÊNCIAS

ANTONI, J.; HANSON, D. Detection of Surface Ships From Interception of Cyclostationary Signature With the Cyclic

Modulation Coherence. **IEEE Journal of Oceanic Engineering**. v. 37, n. 3, p. 478–493, jul. 2012.

ANTONI, Jérôme. Cyclostationarity by examples. **Mechanical Systems and Signal Processing**. v. 23, n. 4, p. 987–1036, maio 2009.

ANTONI, Jerome; HANSON, David. **Detection of Propeller Noise under Low SNR with the Cyclic Modulation Coherence (CMC)**. 2010, Lyon, France: Société Française d'Acoustique, 2010. p.12–16.

AUSONI, Philippe et al. Cavitation Influence on von Kármán Vortex Shedding and Induced Hydrofoil Vibrations. **Journal of Fluids Engineering**. v. 129, n. 8, p. 966, 2007.

BAJIC, Branko. Methods for vibro-acoustic diagnostics of turbine cavitation. **Journal of Hydraulic Research**. v. 41, n. 1, p. 87–96, jan. 2003.

DE, M. K.; HAMMITT, F. G. New Method for Monitoring and Correlating Cavitation Noise to Erosion Capability. **Journal of Fluids Engineering**. v. 104, n. 4, p. 434, 1982.

ESCALER, Xavier et al. Detection of cavitation in hydraulic turbines. **Mechanical Systems and Signal Processing**. v. 20, n. 4, p. 983–1007, maio 2006.0888-3270.

FARHAT, M.; BOURDON, P.; LAVIGNE, P. **Some hydro Quebec experiences on the vibratory approach for cavitation monitoring**. 1996, Lausanne, Switzerland: [s.n.], 1996. p. 151–161.

FRANC, Jean-Pierre; MICHEL, Jean-Marie. Cavitation erosion research in France: the state of the art. **Journal of Marine Science and Technology**. v. 2, n. 4, p. 233–244, dez. 1997.

KUMAR, S.; BRENNEN, C.E. **Harmonic cascading in bubble clouds**, 1992.

MØRCH, K.A. Cavitation Nuclei: Experiments and Theory. **Journal of Hydrodynamics, Ser. B** v. 21, n. 2, p. 176–189, abr. 2009.

MOROZOV, V. P. Cavitation noise as a train of sound pulses generated at random times. **SOVIET PHYSICS ACOUSTICS**. n. 14, p. 361–365, 1969.

OLIVINO, R.; ISLAM, S.; EREN, H. **Effects of Types of Faults on Generator Vibration Signatures**. 2003, [S.l.: s.n.], 2003. p.1–6.

P. MACIAKOWSKI et al. **Measurements of the mechanical Barkhausen noise in ferromagnetic steels**. 2012, [S.l.: s.n.], 2012. p. 221–228.

SMITH, Julius O.; GOSSETT, P. **A flexible sampling-rate conversion method**. 1984, [S.l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1984. p. 112–115.

URBANEK, Jacek et al. Application of averaged instantaneous power spectrum for diagnostics of machinery operating under non-stationary operational conditions. **Measurement** v. 45, n. 7, p. 1782–1791, ago. 2012.

DIRETRIZES PARA O PROJETO DO CALIBRADOR DO DETECTOR MARIO SCHENBERG: O SISTEMA DE MANCAIS

DESIGN GUIDELINES FOR THE MARIO SCHENBERG DETECTOR CALIBRATOR: THE BEARING SYSTEM

Data de entrega dos originais à redação em: 25/11/2015
e recebido para diagramação em: 16/06/2016.

Paulo Fernandes Junior¹
Carlos Frajuca²
Oswaldo Horikawa³

Este trabalho apresenta diretrizes para o projeto do calibrador do detector de ondas gravitacionais "Mario Schenberg", com foco no sistema de mancais. Esse dispositivo deverá fazer girar dois objetos a uma rotação de 96.000 rpm e, portanto, se enquadra na classe das máquinas de alta velocidade. As diretrizes e soluções propostas neste trabalho constituem uma contribuição para essa classe de problemas de Engenharia e foram fundamentadas em ampla pesquisa na literatura, contatos com especialistas, na experiência dos orientadores e do autor, bem como em resultados experimentais. Foi proposto um mancal híbrido composto por um mancal radial magnético passivo combinado com um mancal axial de escora, aqui denominado MPS (Magnetic Passive and Sliding). Um protótipo físico reduzido foi construído e ensaiado. Embora o protótipo tenha sido testado em velocidades inferiores a 12.000 rpm, as diretrizes propostas foram parcialmente validadas.

Palavras-chave: Ondas Gravitacionais. Calibrador. Detector. Mario Schenberg. Gráviton. Máquina de Alta Velocidade. Mancais Magnético Passivo. Híbrido. Mancais Escora. Rotores.

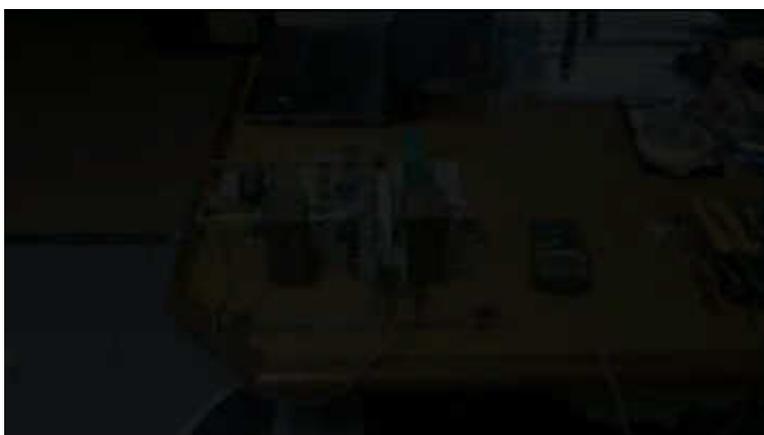
This paper presents design guidelines for the "Mario Schenberg" gravitational waves detector calibrator, focused on the bearing system. This device must symmetrically rotate two objects, with mass and at a radius as large as possible, at a speed of 96,000 rpm, and therefore falls into the high-speed machines category. The guidelines and solutions proposed in this paper constitute a contribution to this class of engineering problems and were based on an extensive literature search, contacts with experts, the tutor's and author's experience, as well as on experimental results. A hybrid bearing that combines a radial passive magnetic bearing with an axial sliding bearing, here called MPS (Magnetic Passive and Sliding), was proposed. A reduced physical prototype was built and tested. Although the prototype has been tested at speeds below 12,000 rpm, the proposed guidelines were partially validated.

Keywords: Gravitational Waves. Calibrator. Detector. Mario Schenberg. Graviton. High Rotation Machine. Passive Magnetic Bearing. Hybrid. Sliding Bearing. Rotors.

1 INTRODUÇÃO

Desde a previsão da existência de ondas gravitacionais feita por Einstein em 1916, cientistas de todo o mundo estão tentando sua detecção, ainda sem sucesso. Existem poucos detectores de ondas gravitacionais no mundo. O Brasil participa desse esforço internacional com seu detector do tipo massa ressonante denominado "Mario Schenberg", construído pelo grupo de pesquisa "Gráviton" e instalado na Universidade de São Paulo. Para realizar a calibração do detector Mario Schenberg faz-se necessário um dispositivo externo (calibrador) capaz de gerar um sinal gravitacional de maré periódico na frequência de 3200 Hz. Esse dispositivo, aqui designado pela sigla DCMS (Dispositivo para Calibração do detector

Mario Schenberg), deverá fazer girar simetricamente dois objetos iguais com a maior massa e no maior raio possíveis, numa frequência de 1.600 Hz ou 96.000 rpm



Video disponível em pdf: < <http://ojs.ifsp.edu.br> >. Testado com a última versão do Acrobat Reader 9 e Flash Player instalado.

1 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP - Professor dos cursos de Mecânica do IFSP desde 1983 até a presente data - Especializado em Processos de Produção Mecânica - Mestrando em Engenharia Mecânica pelo IFSP - Câmpus São Paulo.

2 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP - Doutor em Física pela Universidade de São Paulo - Professor Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

3 - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP - Doutor em Engenharia pelo Tokyo Institute of Technology (Japão) - Livre-Docente pela Universidade de São Paulo - Professor Associado III do Departamento de Engenharia Mecatrônica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

(ANDRADE, 2006; PADOVANI, 2012; RUIZ, 2014; SANTOS, 2013). A Figura 1 apresenta um esquema básico desse dispositivo.

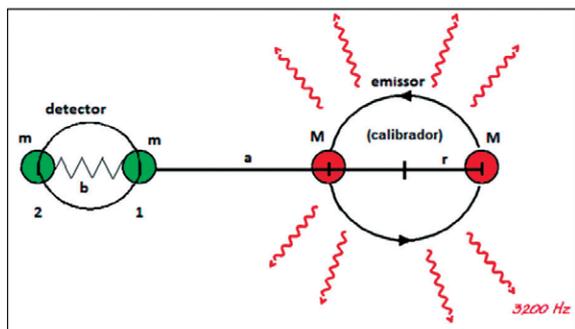


Figura 1 - Ilustração esquemática do gerador de sinais gravitacionais
Fonte: Adaptado de Padovani (2012).

O DCMS se enquadra na conhecida classe de problemas de Engenharia chamada "Máquinas Rotativas de Alta Velocidade" ou MAVs (WATSON, 1999). O projeto e a fabricação dessas máquinas trazem importantes desafios que envolvem diversas áreas da Engenharia. Segundo Choi (2015), entre esses problemas estão as perdas mecânicas, elétricas e magnéticas, as extremas tensões mecânicas oriundas das altas forças centrífugas, o aquecimento, as limitações de potência dos circuitos eletrônicos, a complexidade crescente dos algoritmos de controle e complexas questões ligadas à dinâmica dos rotores e vibrações.

O presente trabalho é parte de um estudo mais amplo que visa obter diretrizes para todo o projeto do DCMS (FERNANDES, 2015). Nesse trabalho preliminar foram abordados os principais desafios a serem vencidos para a construção de tal dispositivo. Isso envolveu estudos relativos a:

- a) **Estrutura de proteção:** Para garantir proteção contra os riscos inerentes às altas velocidades e, ao mesmo tempo, eliminar a resistência aerodinâmica foi proposta a operação do DCMS dentro de uma câmara de vácuo blindada com materiais balísticos;
- b) **Mancais:** Após criteriosos estudos comparativos entre diversos tipos de mancais apresentados na literatura, foi adotado o modelo de mancal magnético passivo híbrido de ímãs permanentes desenvolvido em Pavani (2014).
- c) **Projeto do rotor:** Para suportar a elevada carga centrífuga advinda das altas rotações, foi proposto um sistema de acionamento dos objetos girantes com fibra de carbono, suportados por uma estrutura em forma de disco feita de um compósito de fibra de carbono em resina epoxídica.
- d) **Acionamento:** Foi proposto o acionamento direto do rotor (*direct drive*) com um motor de relutância variável (MRV) controlado por um sistema eletrônico e algoritmo de controle avançados.
- e) **Dinâmica do rotor:** Foram propostas importantes diretrizes para evitar, ou pelo menos atenuar, as vibrações que causam instabilidades no rotor e frequentemente impedem o atingimento de altas velocidades.

A Figura 2 exibe um esboço do DCMS identificando seus principais elementos:

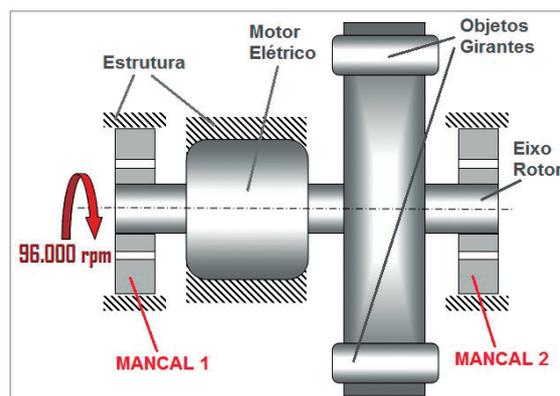


Figura 2 - Esboço prévio do DCMS

2 O MANCAL

2.1 Seleção do tipo de mancal

A seleção de mancais é geralmente focada na redução das perdas energéticas devidas ao atrito e desgaste, minimizando assim a manutenção, aumentando a vida útil e reduzindo as falhas do equipamento (HARNOY, 2003 *apud* PAVANI, 2014).

Entre os desafios mais críticos encontrados na construção do DCMS, está o desenvolvimento de um mancal resistente à altíssima rotação do DCMS, que apresente a menor perda mecânica possível e rigidez suficiente para manter a estabilidade do rotor, que seja capaz de atenuar vibrações, que apresente simplicidade construtiva e operacional, entre outras exigências.

Segundo Pereira (2005), é desejável em qualquer máquina rotativa que os mancais sejam mais flexíveis que o eixo do rotor. Os motivos para isso são:

- a) A baixa rigidez dos mancais reduz a transmissão das cargas dinâmicas para a sua fundação, prolongando a vida útil dos mancais e reduzindo as vibrações estruturais;
- b) A baixa rigidez dos mancais permite que o amortecimento opere com maior eficiência, atenuando a amplitude do rotor nas velocidades críticas.

De acordo com Borisavljevic (2011), além de operarem praticamente sem atrito, os mancais magnéticos facilitam a operação em regime supercrítico, ou seja, a velocidades extremamente elevadas, e podem se beneficiar do autobalanceamento, que é a capacidade do rotor suspenso girar em torno de seu centro de massa e não necessariamente em torno de seu centro geométrico, permitindo assim uma redução nas dimensões do rotor e o alcance de altas rotações. Whitley (1984) confirma que, para que o rotor possa se beneficiar do autobalanceamento é necessário utilizar um sistema de mancais mais flexíveis, tais como os mancais magnéticos.

Após criteriosa análise das vantagens e desvantagens apresentadas pelos diferentes tipos de mancais existentes, chegou-se à conclusão que os mancais magnéticos são os mais adequados para a alta velocidade requerida pelo DCMS.

Em Ruiz (2014) foi realizado um estudo sobre o DCMS, recomendando o uso de mancais magnéticos

passivos conjuntamente com o MRV que, segundo Lembke, 2005, traria as seguintes vantagens:

- Alta confiabilidade;
- Baixas perdas, mesmo em velocidades muito altas;
- Ausência de desgaste, uma vez que não há contato mecânico entre as partes do mancal;
- Ausência de ruídos acústicos e vibracionais;
- Maior simplicidade quando comparados aos mancais magnéticos ativos;
- Relato de mancais testados em bombas de vácuo com velocidades acima de 90000 rpm.

Os mancais magnéticos passivos (MMPs) de ímãs permanentes apresentam a mais extrema simplicidade, confiabilidade e durabilidade, não requerendo fontes de energia externa (YONNET, 1978), nem sistemas de resfriamento para seu funcionamento.

Considerando-se sua maior simplicidade, foi escolhido o MMP. Todavia, os MMPs necessitam de estabilização em pelo menos uma direção (EARNSHAW, 1842). Isso frequentemente requer o uso de complexos sistemas ativos.

2.2 O mancal MPS (*Magnetic Passive and Sliding*)

Pavani (2014) apresenta uma estratégia mais simples para a estabilização axial de um MMP. O MMP proposto pelos autores destina-se a aplicações onde as forças axiais são muito pequenas ou constantes, como no caso do DCMS. Esse mancal combina um MMP radial e um mancal axial de deslizamento (escora) por pivôs. O MMP radial é composto por dois pares de ímãs permanentes cilíndricos em atração axial. Em cada par, um dos ímãs é fixado na extremidade do eixo e o outro numa base fixa. O rotor é autocentrado na direção radial por ação da atração entre os ímãs de cada par. Devido à rigidez negativa na direção axial, o mancal proposto contém um espaçador (esfera de aço ou pivô de PVC) entre os ímãs. Ajustando-se adequadamente o espaçamento entre os ímãs é possível minimizar a força axial resultante das atrações dos dois mancais. Segundo relatam os autores, quanto menor for essa força resultante, menor serão as perdas por atrito e o desgaste das superfícies em contato (Figura 3).

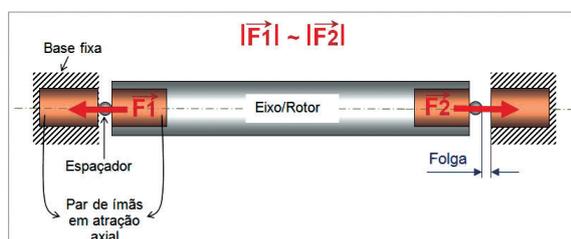


Figura 3 - Equilíbrio das forças axiais e folga dos mancais MPS

Esse mancal, aqui chamado de MPS (sigla em inglês de *Magnetic Passive and Sliding*), apresenta uma série de características vantajosas para o DCMS, tais como a extrema simplicidade construtiva e operacional, dimensões compactas, ausência de manutenção, baixíssimo atrito, durabilidade e confiabilidade. Diante do exposto, foi adotado esse conceito de mancal híbrido para o DCMS.

2.3 Mancais magnéticos e motores sem escovas

São amplamente conhecidas as vantagens do uso de motores elétricos sem escovas e de mancais magnéticos em altas velocidades. No entanto, a adoção conjunta dessas duas soluções implica num importante desafio. Conforme explicado em RUIZ, 2014, o entreferro rotor/estator deve ser o menor possível para assegurar a eficiência de um motor elétrico. Por outro lado, se o rotor é suspenso por um MMP radial, o rotor poderá se deslocar do seu eixo de rotação ao enfrentar vibrações e outras instabilidades (LI, 2012). Caso o entreferro seja menor que a amplitude dessas oscilações, ocorrerá o choque do rotor com o estator.

O entreferro do motor projetado em Ruiz (2014) foi especificado em 0,25 mm, no entanto a menor medida conseguida nos experimentos deste trabalho foi de 0,75 mm, devido às colisões do rotor com o estator.

2.4 Os mancais de aterrissagem

A rigidez limitada dos mancais magnéticos requer o uso de mancais auxiliares de aterrissagem destinados a conter eventuais oscilações temporárias do rotor dentro do limite estabelecido pela folga radial (Figura 4). Esses mancais podem ser construídos com rolamentos de elementos cerâmicos (híbridos). Rolamentos com gaiola não são recomendados devido à sua menor resistência aos repetidos choques com o rotor (KÄRKKÄINEN, 2007).

A Figura 4 ilustra a aplicação dos mancais de emergência.

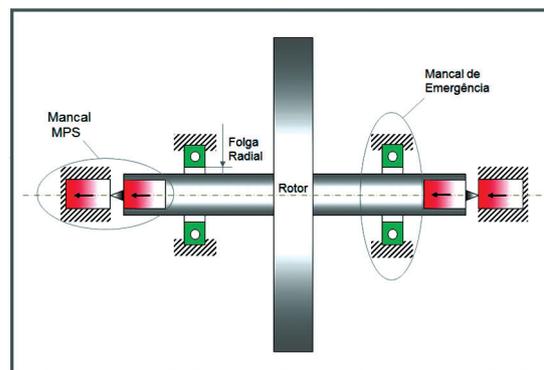


Figura 4 - Mancais de emergência de rolamentos conjuntos com os mancais MPS

Segundo Halminen et al. (2015), é recomendável que haja um bom alinhamento entre os rolamentos, pois um desalinhamento grande poderá causar graves danos aos mancais e ao rotor.

Como o DCMS deve funcionar no vácuo, os rolamentos deverão ser lubrificadas com lubrificantes sólidos como, por exemplo, aqueles feitos à base de polímeros fluorados, incluído aí o politetrafluoretileno (PTFE) conhecido comercialmente como teflon (NISHIMURA, 1999).

3 EXPERIMENTOS, RESULTADOS E DISCUSSÕES

De modo a se confirmar a viabilidade de obtenção de um DCMS com o emprego do mancal MPS acima descrito, assim como identificar os diversos problemas a serem vencidos para a obtenção do DCMS, foi construído um protótipo contendo um rotor apoiado por mancais MPS e um motor elétrico para o seu acionamento.

Nesta etapa da pesquisa, não se almejou a rotação de 96.000 rpm, especificada para o DCMS.

3.1 A construção do protótipo

A Figura 5 mostra a configuração do protótipo e seus elementos principais.

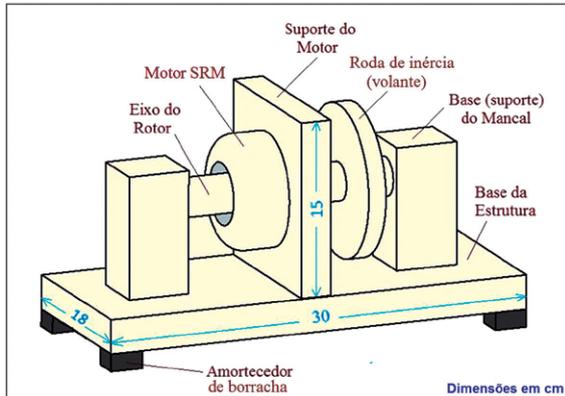


Figura 5 - Esboço do protótipo reduzido

3.1.1 Os mancais

Dois mancais MPS idênticos foram construídos com base no princípio apresentado em Pavani (2014). Cada mancal contém dois ímãs cilíndricos ($Nd_2Fe_{14}B$, $\varnothing 14 \times 14$ mm) em atração axial, e um pivô de polímero (PVC), conforme exibido na Figura 6. O dispositivo centralizador proporciona maior facilidade e rapidez na substituição dos pivôs. A Figura 7 apresenta os detalhes das bases dos mancais que permitem fácil instalação e remoção dos ímãs e ajuste da distância entre mancais, o que permite o ajuste do entreferro nos mancais. Por facilidade de construção, foram implementados em madeira.

3.1.2 O acionamento

O acionamento do rotor foi feito através de um motor do tipo relutância variável constituído por um núcleo em peça única de ferro doce, contendo 4 ressaltos, cada uma atuando como um polo magnético do motor. Para o acionamento deste núcleo, foi

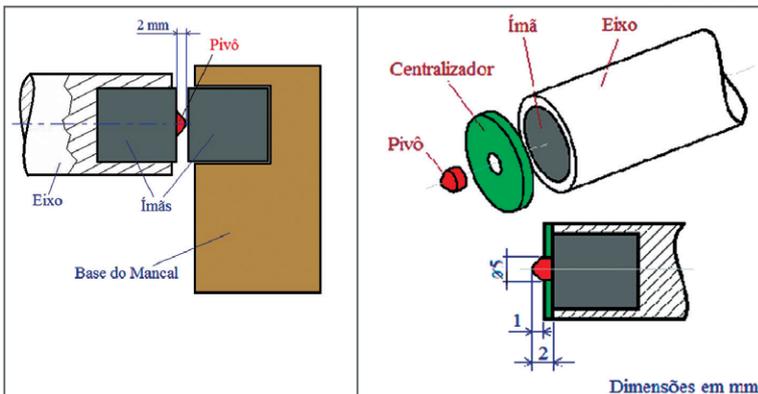


Figura 6 - Esboço do mancal híbrido construído

empregado o estator de um motor comercial de 12 polos magnéticos (bobinas). Essas 12 bobinas foram interligadas de modo a compor 3 fases de 4 bobinas. As fases do estator são energizadas sequencialmente, com base em sinais gerados por fotodetectores

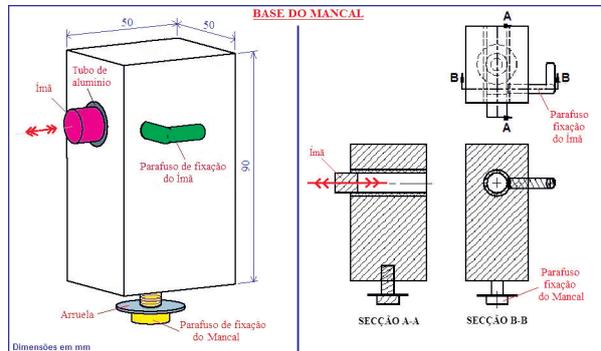


Figura 7 - Configuração projetada para as bases dos mancais

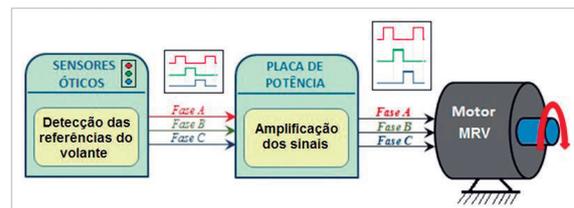


Figura 8 - Esquema do circuito de acionamento

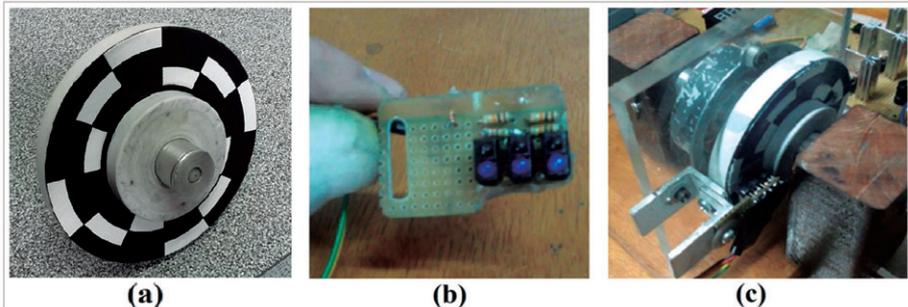


Figura 9 - Sistema sensoriado de sincronismo. (a) Volante com 12 referências; (b) Fotodetectores óticos; (c) Sistema montado no protótipo

do tipo reflexivo que detectam a passagem de referências estampadas sobre a face lateral do volante. Ao detectar uma referência, o fotodetector transmite um sinal de baixa tensão à placa de potência que o envia devidamente amplificado à fase correspondente do motor, de modo sincronizado com a posição angular do rotor.

3.1.3 O rotor

O rotor do protótipo é constituído pelo eixo, o volante e o núcleo (rotor) do motor. O núcleo do motor e os dois ímãs de neodímio foram acoplados ao eixo por meio de ajuste com interferência. A Figura 10 mostra as principais dimensões e os materiais utilizados.

Em rotações especialmente elevadas, como a necessária no DCMS, é preciso uma série de considerações para que a

roda de inércia (volante) não se desintegre devido a elevadas forças centrífugas. Os estudos a este respeito serão apresentados em trabalho posterior. Conforme já mencionado, neste trabalho não será considerada uma rotação especialmente elevada e, portanto, é empregada uma simples roda em material polimérico.

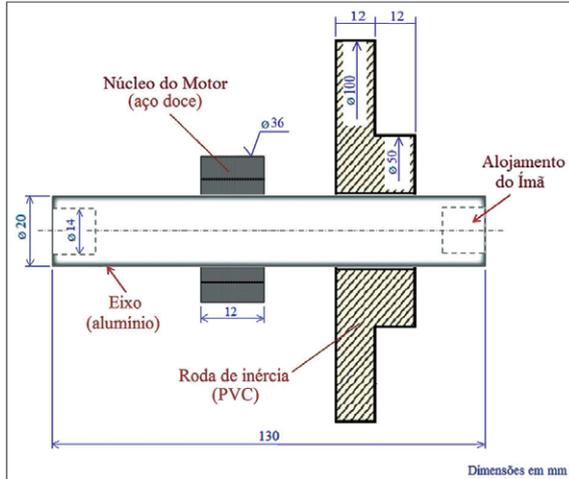


Figura 10 - Esboço do conjunto do rotor

A Figura 11 mostra a bancada de testes com o conjunto do protótipo montado.

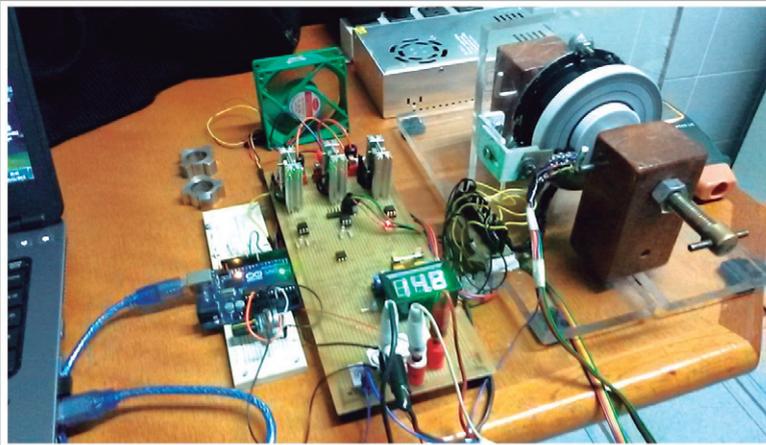


Figura 11 - Fotografia do arranjo experimental

3.2 Experimentos, resultados e discussões

Neste item serão apresentados os principais experimentos realizados no protótipo e as conclusões obtidas. Os experimentos foram conduzidos somente pelo uso de um tacômetro digital a laser. Outros aspectos como vibrações do rotor foram somente observados visualmente.

No primeiro acionamento do protótipo foi possível atingir apenas 2.200 rpm, devido à amplitude das oscilações cilíndricas/cônicas que desestabilizavam o rotor. Constatou-se que essas vibrações foram causadas por desbalanceamento e outras imprecisões na fabricação do rotor. Parte desses problemas foi resolvido com um rotor mais preciso.

O desempenho do protótipo melhorou sensivelmente ao se minimizar a folga nos mancais.

O mesmo foi observado com o rotor em posições não horizontais, porém nesse caso houve a necessidade de se compensar o peso próprio do rotor por meio de ajustes no entreferro dos mancais. A Figura 12 exibe as forças magnéticas e o peso próprio do rotor para o equilíbrio axial do rotor na horizontal e na vertical.

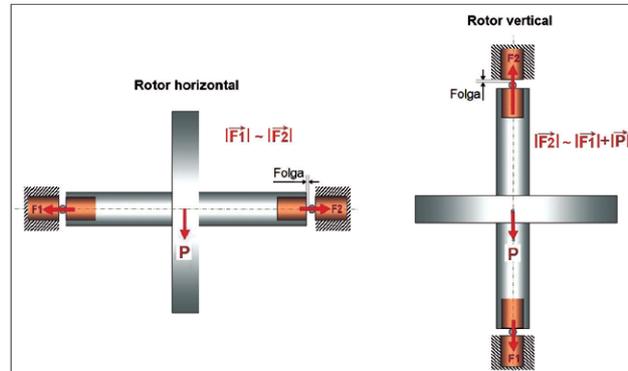


Figura 12 - Equilíbrio das forças axiais sobre o rotor

Com o ajuste dessa folga para um valor mínimo e outros ajustes, foi possível alcançar rotações mais altas.

Esse resultado experimental foi concordante com a afirmação feita em Pavani (2014): “Quanto menor for essa força resultante menor será o atrito e o desgaste das superfícies em contato”.

São apresentados a seguir os principais experimentos diretamente relacionados com os mancais.

3.2.1 Testes de novos materiais para os pivôs

No intuito de investigar o desempenho de outros materiais para os pivôs, foram testados 5 diferentes polímeros (Nylon, Poliacetal, Teflon, PVC e borracha dura). Primeiramente os 5 pivôs foram testados quanto à rotação máxima atingida. Posteriormente foram submetidos à rotação de 2.000 rpm por duas horas, todos sob iguais condições. Os desgastes foram avaliados com o auxílio de um projetor de perfis. Os resultados estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Desempenho dos diferentes polímeros usados como pivôs

Polímero	Rotação máxima (rpm)	Desgaste (mm) 2.000 rpm/120 min
PVC	2.7	0,05
Nylon 6	2.95	0,03
Teflon	2.8	0,10
Borracha	2.6	0,05
Poliacetal	2.7	0,07

No caso específico do Teflon, o desgaste foi devido, aparentemente, mais à deformação permanente do que à fricção com a superfície do ímã. A Figura 13 mostra imagens obtidas da tela do projetor de perfis.

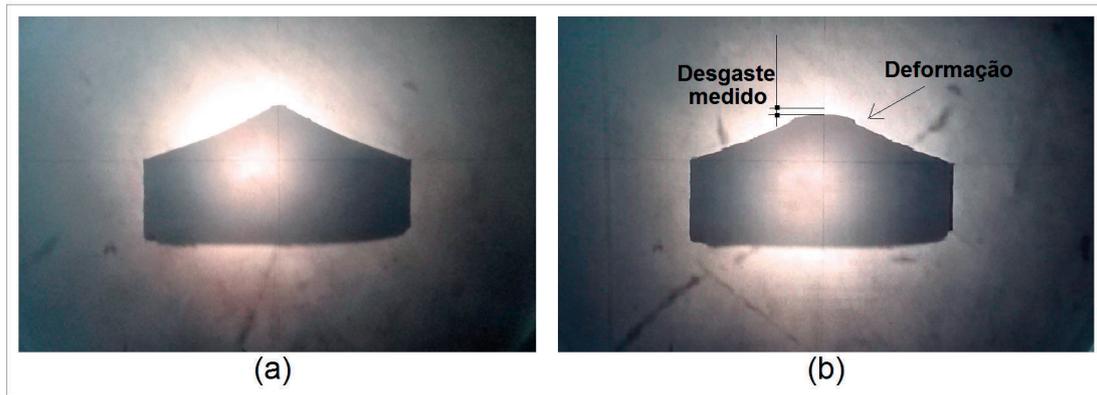


Figura 13 - Imagens obtidas no projetor de perfis. (a) Pivô antes do ensaio; (b) Pivô depois do ensaio

Diante dos resultados obtidos, foi adotado o Nylon 6 como material dos pivôs.

A lubrificação dos pivôs com grafite em pó permitiu um incremento médio de 10% velocidade de rotação.

3.2.2 Entreferro mínimo rotor/estator

Visando descobrir o menor entreferro possível, foram realizados alguns experimentos com núcleos de motor de diferentes diâmetros.

O entreferro mínimo que ainda permitiu rotação sem que houvesse contato físico do rotor com o estator foi de 0,75 mm.

3.2.3 O dispositivo magnético equilibrador

Foi desenvolvido um dispositivo para equilibrar mais precisamente as forças axiais sobre o rotor. Esse dispositivo foi constituído por um ímã cilíndrico colado na ponta de um parafuso. Girando-se o parafuso, esse ímã se aproxima (ou se distancia) do ímã do mancal, proporcionando assim um ajuste fino da força magnética exercida por esse mancal (Figura 13).

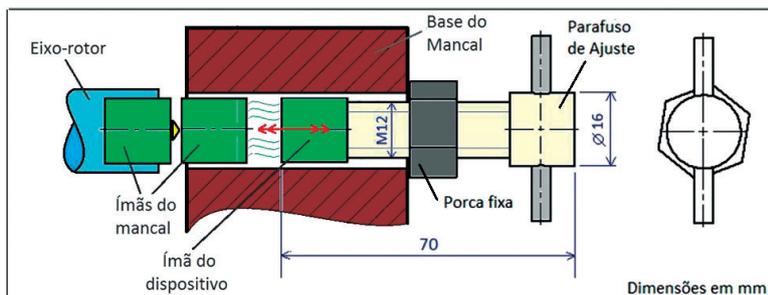


Figura 14 - Esboço do Dispositivo Magnético Equilibrador

Com esse dispositivo relativamente simples foi obtido um aumento de 15% na rotação. Além desse benefício, foi possível “contornar” as instabilidades do rotor nas rotações críticas, ou seja, quando a frequência de rotação coincide com a frequência natural de ressonância do sistema composto pela massa do rotor e a rigidez do mancal. Ao se variar o campo magnético do mancal altera-se também a frequência natural do sistema rotor-mancal. Durante o experimento, bastou girar ligeiramente o parafuso ao se aproximar de uma rotação crítica, para “contornar” as vibrações ressonantes.

3.2.4 Outras constatações importantes

Em todos os experimentos realizados neste trabalho, observou-se uma interação magnética indesejável entre os ímãs dos mancais e o material ferromagnético do rotor/estator, que causou instabilidades no rotor. Embora o posicionamento do motor mais próximo do ponto central entre os mancais tenha proporcionado uma significativa melhora, ainda assim observou-se a influência negativa dessas forças magnéticas desestabilizadoras.

Após cerca de 10 horas submetidos a experimentos em diferentes rotações e condições de carregamento, os pivôs apresentaram um desgaste extremamente pequeno, menor que 0,1 mm. Não foi percebida qualquer influência desse desgaste no desempenho do sistema.

Foi observado o fenômeno do autobalanceamento quando, em rotações mais altas, o rotor saía do seu eixo geométrico de rotação e passava a girar em torno do seu eixo de inércia. Foi perceptível uma significativa redução na amplitude das vibrações, com o rotor passando a girar mais suavemente. Confirmou-se

experimentalmente essa vantagem dos mancais magnéticos.

A rotação máxima alcançada nos experimentos foi de 11.700 rpm. Nos primeiros ensaios, o aumento da rotação foi limitado por vibrações e instabilidades do rotor. Posteriormente, o fator limitador foi a potência requerida do motor para vencer o grande entreferro que teve que ser ajustado no motor MRV

visando evitar choques entre rotor e estator. Isso indicou a necessidade de se aperfeiçoar as estratégias para atenuar as oscilações do rotor, e aumentar a rigidez dos mancais. O aumento da rigidez pode ser facilmente conseguido de várias formas como, por exemplo, com ímãs maiores e/ou menores espaços entre eles (pivôs mais curtos). Um motor mais potente também é requerido.

4 CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho é parte de um estudo que objetiva obter diretrizes para o projeto do DCMS. Nesse estudo

mais amplo foram tratados desafios relativos à estrutura de proteção, aos mancais, ao projeto do rotor, ao acionamento e aspectos envolvendo a dinâmica do rotor. O presente trabalho teve seu foco voltado aos mancais.

Considerando as características vantajosas tais como a simplicidade extrema, o tamanho compacto, a ausência de manutenção, o baixíssimo atrito e a confiabilidade, e a perfeita adequação ao DCMS, o modelo de mancal magnético híbrido apresentado em Pavani (2014) foi adotado neste trabalho.

Foi construído um protótipo físico em escala reduzida e o desempenho do mancal foi investigado experimentalmente. Foram investigados novos materiais para os pivôs e o melhor resultado foi obtido com o nylon 6. Foi desenvolvido com sucesso um dispositivo magnético para equilibrar com precisão as forças de atração dos 2 mancais. Essas duas soluções, aliadas ao ajuste de uma folga mínima nos mancais, proporcionaram atrito e desgaste baixíssimos. A lubrificação com grafite em pó melhorou o desempenho. Apesar de limitada, a rigidez radial desse mancal magnético se mostrou suficiente para manter a estabilidade do rotor.

Esse modelo de mancal se mostrou bastante promissor para o DCMS. Mesmo utilizando-se um protótipo reduzido e relativamente simples, foram alcançadas rotações próximas de 12.000 rpm. Certamente poderão ser alcançadas rotações muito mais altas com um protótipo de maiores dimensões, fabricado com elementos mais rígidos e precisos e materiais mais avançados, sendo acionado por um motor mais potente controlado por um sistema digital/eletrônico mais avançado. A obtenção de velocidades mais próximas às exigidas para o DCMS (96.000 rpm) requer mais estudos não somente sobre os mancais mas sobre todo o conjunto do DCMS. Atingindo rotações maiores, passam a ser mais relevantes os estudos realizados no trabalho maior: projeto do rotor para resistir aos esforços centrífugos, a dinâmica dos rotores, projeto da estrutura, etc. Esses estudos serão apresentados em artigos posteriores.

A seguir são apresentadas, de forma consolidada, as principais diretrizes e recomendações para o sistema de mancais do DCMS:

- ✓ O mancal deve ser do tipo magnético, preferencialmente passivo. Neste trabalho foi testado com sucesso o modelo de mancais magnéticos passivos híbridos de ímãs permanentes (MPS) apresentado em Pavani (2014).
- ✓ Recomenda-se o Nylon6 como material dos pivôs.
- ✓ Deve-se ajustar uma folga (entreferro) menor possível nos mancais.
- ✓ A lubrificação com grafite em pó melhora o desempenho tribológico dos mancais.
- ✓ Visando minimizar as interações magnéticas dos mancais com outros componentes ferromagnéticos do DCMS, é recomendável o fechamento (blindagem) dos circuitos magnéticos dos ímãs. Esse fechamento deverá proporcionar também uma elevação da rigidez dos mancais.
- ✓ É importante o ajuste fino do equilíbrio das forças magnéticas dos mancais, o que pode

ser conseguido com um dispositivo similar ao apresentado neste trabalho. Esse dispositivo pode ser utilizado também como estratégia para evitar a passagem por rotações críticas.

- ✓ Caso se projete um rotor que opere em posição diferente da horizontal, as forças magnéticas atrativas do mancal MPS devem ser ajustadas de forma a compensar a ação do peso próprio do rotor.
- ✓ Devem ser adotadas estratégias visando a minimização de vibrações e instabilidades do rotor.
- ✓ Se necessário, pode ser adotado algum sistema de amortecimento externo.
- ✓ Como medida de precaução, os mancais magnéticos requerem o uso de mancais de aterrissagem. Recomenda-se o alinhamento preciso entre esses mancais auxiliares.

Finalmente, considera-se que a proposta de mancal aqui apresentada foi validada, ainda que parcialmente para rotações até 12.000 rpm.

Embora motivado pela necessidade de se construir o DCMS, acredita-se que o presente trabalho representa uma contribuição mais ampla para a Engenharia Mecânica, devido às muitas aplicações atuais que envolvem massas girando a elevadas rotações, tais como ultracentrífugas, giroscópios, turbocompressores, *flywheels*, entre tantas outras.

Seguem abaixo algumas propostas interessantes para trabalhos futuros visando o aperfeiçoamento do mancal MPS:

- Desenvolvimento da blindagem magnética (circuito magnético fechado) recomendada.
- Investigação de novos materiais e/ou revestimentos para as superfícies em contato do mancal MPS.
- Investigação do espaçamento ideal (mínimo) entre os ímãs do mancal.
- Pesquisas envolvendo a utilização de ímãs permanentes com diferentes topologias.
- Determinação mais precisa das vibrações e das perdas por atrito no mancal MPS.
- Realização de pesquisa experimental envolvendo técnicas de amortecimento externo.

AGRADECIMENTOS

Aos caros amigos Me. Kauê Aparecido Mello dos Santos, Prof. Fabio Miranda, Prof. Aumir Antunes, Prof. Me. Wilson Ruiz e Prof. Dr. Eduardo Alves da Costa, pela valiosa assessoria técnica no desenvolvimento do protótipo.

Ao IFSP e à EPUSP pela disponibilização das oficinas, laboratórios e biblioteca.

Ao Magnífico Reitor do IFSP, Eduardo Antonio Modena, e ao Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional, Whisner Fraga Mamede, pelo importante apoio na reta final deste trabalho.

Ao Gerente Comercial da empresa Koimãs Produtos Magnéticos Ltda., Manoel Neves Filho, pela presteza e apoio material.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. A. **Desenvolvimento de Osciladores em 10 GHZ de Ultrabaixo Ruído de Fase e Análise de seus Desempenhos nos Transdutores Paramétricos do Detector de Ondas Gravitacionais Mário Schenberg**. São José dos Campos: Tese de Doutorado – INPE, 2006.
- BORISAVLJEVIC, A. **Limits, Modeling and Design of High-Speed Permanent Magnet Machines**. Delft: TESE DE DOUTORADO - Universidade Técnica de Delft, 2011.
- CHOI, W.; LI, S.; SARLIOGLU, B. Core Loss Estimation of High Speed Electric Machines: An Assessment. **Wisconsin Electric Machines and Power Electronics Consortium (WEMPEC)**, Madison, 2015.
- EARNSHAW, S. On the nature of the molecular forces which regulate the constitution of lumiferous ether. **Trans. Camb. Phil. Soc.**, p. 97-112, jul. 1842.
- FERNANDES, P.; FRAJUCA, C.; HORIKAWA, O. **Diretrizes para o projeto do dispositivo para calibração do detector Mario Schenberg**. São Paulo: Dissertação de Mestrado - IFSP, 2015.
- HALMINEN, O. et al. Active magnetic bearing-supported rotor with misaligned cageless backup bearings: A dropdown event simulation model. **Mechanical Systems and Signal Processing** v. 50-51, p. 692–705, 2015.
- KÄRKKÄINEN, A. **Dynamic Simulations of Rotors During Drop on Retainer Bearings**. Lappeenranta: TESE de PhD - Lappeenranta University of Technology, 2007.
- LI, P.; SAHINKAYA, M. N.; KEOGH, P. S. ACTIVE RECOVERY OF CONTACT-FREE LEVITATION IN MAGNETIC BEARING SYSTEMS. **Proceedings of the ASME 2012 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE**, Chicago, 12-15 Ago. 2012.
- NISHIMURA, M.; SUZUKI, M. Solid-lubricated ball bearings for use in a vacuum — state-of-the-art. **Tribology International**, v. 32, n. 11, p. 637–647, Nov. 1999.
- PADOVANI, D. M. **Desenvolvimento de um experimento para medir a velocidade da interação gravitacional**. São Paulo: Dissertação de Mestrado, 2012.
- PAVANI, R. A.; HORIKAWA, O. Compact Magnetic and Sliding Hybrid Bearing for Low Axial Load Applications. **22nd International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives (MagLev 2014)**, Rio de Janeiro, v. 1, set. 2014.
- PEREIRA, J. C. **Introdução à Dinâmica de Rotores**. 1. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, v. 1, 2005. ISBN APOSTILA - Introdução à Dinâmica de Rotores Prof. José Carlos Pereira Florianópolis, janeiro de 2005 Universidade Federal de Santa Catarina Departamento de Engenharia Mecânica Grupo de Análise e Projeto Mecânico.
- RUIZ, W. **EXPERIMENTO PARA MEDIR A VELOCIDADE DA INTERAÇÃO GRAVITACIONAL UTILIZANDO UM MOTOR DE RELUTÂNCIA VARIÁVEL**. São Paulo: Dissertação de Mestrado, IFSP, 2014.
- SANTOS, K. A. M. D. **Protótipo de Experimento para medir velocidade de interação gravitacional**. São Paulo: Dissertação de Mestrado - IFSP, 2013.
- WATSON, J. The Control of High-Speed Machines. **Computing and Control Engineering Journal**, Burgess Hill, Dez. 1999. 245.
- WHITLEY, S. Review of the gas centrifuge until 1962. Part II: Principles of high-speed rotation. **Rev. Mod. Phys.** Chester, v. 56, n. 1, p. 67-97, Jan. 1984.
- YONNET, J. P. PASSIVE MAGNETIC BEARINGS WITH PERMANENT MAGNETS. **IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS**, SAINT MARTIN D'HERES, v. MAG-14, n. 5, p. 803–805, set. 1978.



A Revista Sinergia visitou 10 câmpus entre 2014-2016 com a finalidade de ser conhecida pelos alunos dos diversos níveis de escolaridade e assim orientá-los para futuras publicações com base em pesquisa científica ou projeto de conclusão de curso. A divulgação também aproxima os docentes para futuros pareceres/avaliações em artigos enviados para publicação no periódico. As revistas científicas de outros Institutos e Universidades, também foram divulgadas nestes eventos, dando fluência ao sistema de permuta entre academias.

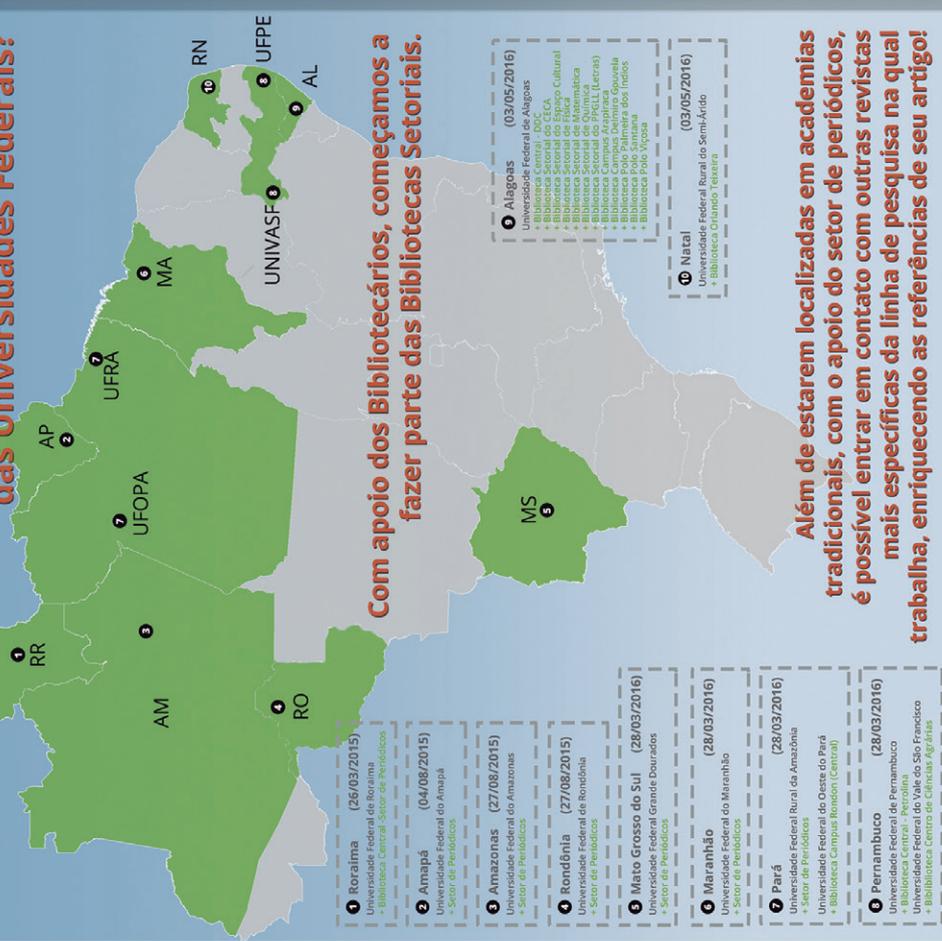


Mensagem principal: "Começar o quanto antes o artigo para a entrega de um projeto sólido no final de sua Graduação, Mestrado ou Doutorado".



Você conhece o Setor de Periódicos das Universidades Federais?

REUNI

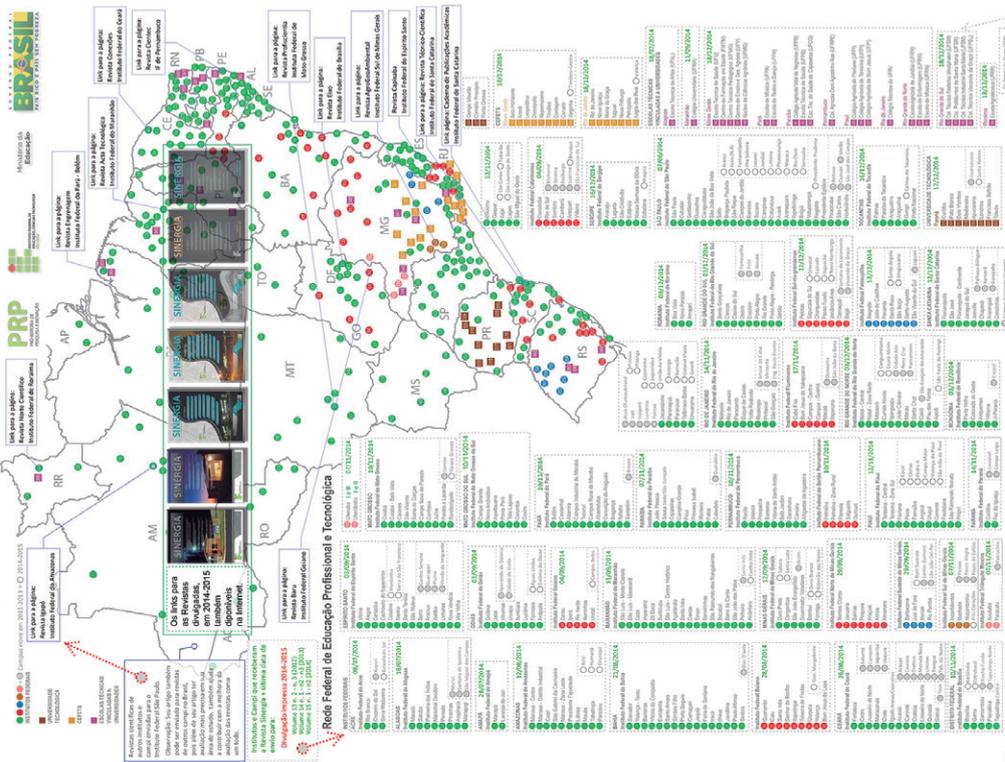


Além de estarem localizadas em academias tradicionais, com o apoio do setor de periódicos, é possível entrar em contato com outras revistas mais específicas da linha de pesquisa na qual trabalha, enriquecendo as referências de seu artigo!

A distribuição do periódico para catalogação nas bibliotecas acompanha a expansão na Rede Federal e Universidades Federais e nos 62 novos campi implantados desde 2014 na Rede Federal, abrimos a possibilidade de aumentar o número de citações para os artigos publicados. Outro ganho intangível foi a permuta, dando mais opções de referências bibliográficas aos autores de artigos, bem como para nossa comunidade acadêmica.

A Divulgação impacta na Quis do Periódico

Divulgação da Revista Sinergia na Rede Federal de Educação em 2014



DESAFIOS



Revista Sinergia impressa - ISSN 1677-499X
Revista Sinergia eletrônica - ISSN 2177-451X

Qualis 2013-2014

Periódicos Qualis

Qualis 2014			
ISSN	Título	Área de Avaliação	Classificação
2177-451X	Sinergia (IFSP, Online)	CIÊNCIAS AMBIENTAIS	B5
2177-451X	Sinergia (IFSP, Online)	EDUCAÇÃO	C
2177-451X	Sinergia (IFSP, Online)	ENGENHARIAS III	B5
2177-451X	Sinergia (IFSP, Online)	ENGENHARIAS IV	B5
2177-451X	Sinergia (IFSP, Online)	ENSINO	B3
ISSN	Título	Área de Avaliação	Classificação
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	EDUCAÇÃO	C
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	ENGENHARIAS I	B5
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	ENGENHARIAS III	B5

Qualis 2013			
ISSN	Título	Área de Avaliação	Classificação
2177-451X	Sinergia (IFSP, Online)	ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO	B4
2177-451X	Sinergia (IFSP, Online)	CIÊNCIAS AGRÁRIAS I	B5
2177-451X	Sinergia (IFSP, Online)	ENGENHARIAS III	B5
2177-451X	Sinergia (IFSP, Online)	ENGENHARIAS IV	B5
2177-451X	Sinergia (IFSP, Online)	ENSINO	B3
ISSN	Título	Área de Avaliação	Classificação
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO	B4
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	ENGENHARIAS III	B5

Áreas do Conhecimento

< <http://www.cnpq.br/documents/10157/186158/TabeladeAreasdoConhecimento.pdf> >

- . Administração, Ciências Contábeis e Turismo;
- . Astronomia/Física;
- . Ciência da Computação;
- . Ciência e Tecnologia dos Alimentos;
- . Educação;
- . Enfermagem;
- . Filosofia/Teologia;
- . Letras/Linguística;
- . Química;
- . Engenharia I (Engenharia Civil, Engenharia de Construção Civil, Engenharia de Estruturas, Engenharia Geotécnica, Engenharia de Recursos Hídricos, Engenharia Sanitária e Ambiental, Engenharia de Transportes e Engenharia Urbana);
- . Engenharia II (Engenharia Química, Nuclear, Materiais, Minas e Metalurgia);
- . Engenharia III (Engenharia Mecânica, Produção, Aeroespacial, Aeronáutica, Gestão, Petróleo, Oceânica, Naval, Energia e Planejamento Energético, Pesquisa Operacional, Automotiva e Automobilística);
- . Engenharia IV (Engenharia Biomédica (Engenharia de Sistemas, dentre outras), Engenharia Elétrica (Engenharia da Informação, Engenharia de Automação e Sistemas, Engenharia de Computação, Engenharia Elétrica e de Computação, Gestão de Redes e Telecomunicações, Telecomunicações, dentre outras);
- . Ensino (Ensino de Ciências e Matemática; Ensino, Ciências Ambientais, Biodiversidade e Nutrição);
- . Interdisciplinar (Multidisciplinar);
- . Desenvolvimento e Políticas Públicas, Sociais e Humanidades, Engenharia, Tecnologia e Gestão, Saúde e Biológicas);
- . Medicina Veterinária: Ciências Agrárias.

ISSN	Título	Estrato	Área de Avaliação	Classificação
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	B4	INTERDISCIPLINAR	Atualizado
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	B5	ENGENHARIAS II	Atualizado
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	B5	MEDICINA VETERINÁRIA	Atualizado
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	B5	ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO	Atualizado
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	C	CÊNCIA DE ALIMENTOS	Atualizado
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	C	EDUCAÇÃO	Atualizado
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	C	ASTRONOMIA / FÍSICA	Atualizado
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	B5	ENGENHARIAS IV	Atualizado
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	B5	ENSINO	Atualizado
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	B5	ENGENHARIAS III	Atualizado
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	C	QUÍMICA	Atualizado
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	C	CÊNCIA DA COMPUTAÇÃO	Atualizado
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	B4	ENGENHARIAS I	Atualizado
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	B5	ENGENHARIAS II	Atualizado
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	B4	INTERDISCIPLINAR	Atualizado
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	B5	ENGENHARIAS IV	Atualizado
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	B5	ENGENHARIAS III	Atualizado
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	B5	FLOSOFIA/TEOLOGIA/subcomissão FLOSOFIA	Atualizado
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	C	LETRAS / LINGÜÍSTICA	Atualizado
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	C	EDUCAÇÃO	Atualizado
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	B4	ENFERMAGEM	Atualizado
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	B5	ENGENHARIAS II	Atualizado

ISSN	Título	Estrato	Área de Avaliação	Classificação
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	B5	ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO	Atualizada em 2012
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	B5	ENGENHARIAS I	Atualizada em 2012
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	B5	ENGENHARIAS II	Atualizada em 2012
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	B5	ENGENHARIAS IV	Em atualização
1677-499X	Sinergia (CEFETSP)	B5	INTERDISCIPLINAR	Em atualização
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	B5	ENGENHARIAS III	Atualizada em 2012
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	B4	ENFERMAGEM	Atualizada em 2012
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	B5	ENGENHARIAS II	Atualizada em 2012
2177-451X	Sinergia (FSP, Online)	C	EDUCAÇÃO	Atualizada em 2012

Os leitores citam os artigos pesquisados da Revista Sinergia em outros periódicos de sua preferência e os Coordenadores de área da Capes recebem anualmente a Revista Sinergia para acompanhar estas citações e assim avaliar o periódico. Então, quanto mais o artigo for original e inédito, mais citado é, melhorando a avaliação.

Sobre a Qualis:

Qualis é o conjunto de procedimentos utilizados pela Capes para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação. Tal processo foi concebido para atender as necessidades específicas do sistema de avaliação e é baseado nas informações fornecidas por meio do aplicativo Coleta de Dados. Como resultado, disponibiliza uma lista com a classificação dos veículos utilizados pelos programas de pós-graduação para a divulgação da sua produção.

A estratificação da qualidade dessa produção é realizada de forma indireta. Dessa forma, o Qualis afere a qualidade dos artigos e de outros tipos de produção, a partir da análise da qualidade dos veículos de divulgação, ou seja, periódicos científicos.

A classificação de periódicos é realizada pelas áreas de avaliação e passa por processo anual de atualização. Esses veículos são enquadrados em estratos indicativos da qualidade - A1, o mais elevado; A2; B1; B2; B3; B4; B5; C, com peso zero (o que pode significar pouca representatividade de artigos da área ou baixo impacto dos artigos).

Fonte: <<http://www.capes.gov.br/avaliacao/qualis/>>.

NORMAS PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS Instruções para os autores (31/03/2015)

SINERGIA

"ações integradas para o importante papel social da pesquisa"

Nosso principal canal para envio de artigos está disponível em: < <http://ojs.ifsp.edu.br> >.

Neste portal, você também tem links para outras revistas do IFSP, que podem estar relacionados a área temática mais específica de sua linha de pesquisa. Conforme critérios de indexação da SciELO, as áreas são: Agrárias; Biológicas; Engenharias; Exatas e da Terra; Humanas; Linguística, Letras e Artes; Saúde e Sociais Aplicadas.

A **Revista Sinergia** é **Multidisciplinar**, e recebe artigos das diversas áreas do conhecimento.

Para auxílio na elaboração do artigo, temos o **Modelo de Elaboração de Artigo**, disponível em:

< <http://ojs.ifsp.edu.br> >

Para submeter um artigo:

O link completo é: < <http://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia> > ou abreviado: < <http://ojs.ifsp.edu.br/> >.

Neste portal, basta se cadastrar e seguir os cinco passos do processo de submissão:

1 - Início: para o preenchimento das condições de submissão;

2 - Transferência do Manuscrito: para transferir o artigo do seu computador para o sistema;

3 - Metadados: para futuro auxílio na indexação do seu artigo;

4 - Transferência de Documentos Suplementares: você pode aproveitar para enviar as figuras e o

Termo de Autorização e Responsabilidade, disponível no portal e no final de de cada periódico impresso e eletrônico.

5 - Confirmação: para concluir o envio do seu artigo.

Nosso segundo canal para envio de artigos (caso não tenha acesso ao sistema):

E-mail: < sinergia@ifsp.edu.br >, com os seguintes documentos a serem enviados:

• Artigo original (não publicado ou impresso em outro periódico), com até 14 páginas, em duas cópias, sendo uma não identificada e sem qualquer tipo de metadados ou informações pessoais para envio deste ao parecerista;

• Ilustrações ou figuras que não vierem junto ao texto;

• **Termo de Autorização e Responsabilidade**, disponível no site:

< <http://ojs.ifsp.edu.br> >.

Nosso terceiro canal para envio de artigos:

Em último caso, você também pode enviar seu Artigo, Ilustrações e Termo de Autorização e Responsabilidade via Correios: Rua Pedro Vicente, 625 - Canindé - São Paulo - SP - CEP 01109-010.

Podemos adiantar alguns pontos do **Modelo de Elaboração de Artigo**:

• As ilustrações escaneadas no tamanho original, devem ter 300 DPI, ou com melhor legibilidade possível, o tamanho mínimo 7,5x7,5cm e máximo de 15,5x15,5cm. Serão exigidas a indicação de fonte e a autorização para reprodução, quando se tratar de ilustrações já publicadas.

• Os originais devem ser precedidos de título, resumo e palavras-chaves em Português e Inglês. O Resumo, de 100 palavras (Norma da ABNT NBR 6028:2003). As palavras-chave devem ser antecedidas da expressão *Palavras-chave*, separadas entre elas por ponto e finalizadas também por ponto (Norma da ABNT NBR 6022:2003).

• Na Tabela 1, temos a orientação básica de formatação, já na tabela 2, as normas da ABNT adotadas pelo periódico.

• Em fechamento de edição, daremos preferência para artigos com as normas da ABNT NBR aplicadas.

A revista não se responsabiliza pelas opiniões, afirmações ou questões similares emitidas pelos autores.

Tabela 1 - Orientação básica para formatação

Fonte Times New Roman com espaçamento de entrelinhas simples			
Elementos:	Tamanho:	Aparência:	
Título	13 pontos	Maiúscula/Negrito	Centralizado
Subtítulo	12 pontos	Negrito	Centralizado
Autore(s)	12 pontos	Normal	Centralizado
Breve currículo	8 pontos	Normal	Centralizado
Resumo	12 pontos	Itálico/Negrito	Justificado
Texto	12 pontos	Normal	Justificado
Legendas	8 pontos	Normal	Esquerda
Referências	12 pontos	Normal	Vide-Normas

Tabela 2 - Orientação básica para formatação

Normas básicas aplicadas na Revista - para autores	
ABNT NBR 10520:2002	Informação e documentação - Citações em documentos - Apresentação
ABNT NBR 6024:2003	Informação e documentação - Numeração progressiva das seções de um documento escrito
ABNT NBR 6023:2002	Informação e documentação - Referências
ABNT NBR 6028:2003	Informação e documentação - Resumo
ABNT NBR 6022:2003	Informação e documentação - Artigo em publicação periódica científica impressa
ABNT NBR 10719:1989	Apresentação de relatórios técnico-científicos
ABNT NBR 12256:1992	Apresentação de originais
ABNT NBR 6033:1989	Ordem alfabética
IBGE	Normas de apresentação tabular. 3. ed. Rio de Janeiro, 1993.
Normas aplicadas na estrutura do periódico	
ABNT NBR 12225:2004	Informação e documentação - Lombada - Apresentação
ABNT NBR 6021:2003	Informação e documentação - Publicação periódica científica impressa - Apresentação
ABNT NBR 10525:2005	Informação e documentação - Número Padrão Internacional para Publicação Seriada - ISSN
ABNT NBR 13031:1993	Apresentação de publicações oficiais
ABNT NBR 6025:2002	Informação e documentação - Revisão de originais e provas
ABNT NBR 6027:2003	Informação e documentação - Sumário - Apresentação
ABNT NBR 12626:1992	Métodos para análise de documentos - Determinação de seus assuntos e seleção de termos de indexação - Recomendável para as bibliotecas.
ABNT NBR 5892:1989	Norma para datar
ABNT NBR 6032:1989	Abreviação de títulos de periódicos e publicações seriadas
ABNT NBR 6034:2004	Informação e documentação - Índice - Apresentação

SINERGIA

"ações integradas para o importante papel social da pesquisa"

Critérios de Indexação (31/03/2015)

Desde 29/09/2002, a Revista Sinergia é indexada na base de dados Latindex e, indexar uma revista, significa, além de seguir critérios das principais bases de indexação, também cumprir padrões internacionais de publicação. A partir do ano de 2012, retomamos a reformulação constante do periódico, tomando como referência inicial, os critérios da SciELO, um documento de 2004 que recomendava a indicação das principais datas do processo de arbitragem - compreendendo as datas de recebimento e aprovação dos artigos - com o propósito de melhorar cada vez mais o trâmite editorial, tornando mais rápido o intervalo entre o recebimento e a publicação de artigos. O periódico seguiu também, constantes mudanças de periodicidade: semestral, quadrimestral e atualmente trimestral, para assim acolher mais artigos e começar a focar a em áreas com mais demandadas para publicação. A próxima mudança de periodicidade para bimestral, vai depender do volume de artigos submetidos ao periódico, bem como o desempenho do trâmite editorial.

Para a eficiência do trâmite editorial, bem como a transparência deste, adotamos com base nos novos critérios de indexação da SciELO de outubro de 2014, o Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas (OJS - < <http://ojs.ifsp.edu.br> >), para tornar transparente o processo editorial para os autores. Os novos critérios também orienta a adoção do título dos manuscritos/artigos em inglês, bem como outras adaptações que serão observadas nas próximas edições, com alterações contínuas.

Também, pelo segundo ano consecutivo, o periódico mantém contato com os principais Coordenadores de área da Capes/CNPq, para que possam acompanhar o impacto dos artigos publicados na Sinergia.

Quanto a qualidade dos artigos, contamos hoje com a colaboração de mais de 100 pareceristas das diversas áreas do conhecimento e titularidades, com avaliações de fundamental importância para a produção do conhecimento científico. Ao avaliar um artigo, além do conhecimento compartilhado e aperfeiçoado, é possível também fazer parte dos créditos do periódico e atualizar com estas informações, o Currículo Lattes para posteriormente acumular pontos para obtenção de mestrado/doutorado.

Tabela 3 - Contagem acumulada da produção editorial e número de artigos da Revista Sinergia - Segundo trimestre de 2016, conforme Áreas do Conhecimento do CNPq

Área Temática	Número de artigos
Engenharias	14
Exatas e da Terra	1
Sociais Aplicadas	3
Humanas	10
Saúde	2
Total:	30

CONTATO: REVISTA SINERGIA

sinergia@ifsp.edu.br

<http://ojs.ifsp.edu.br>

Rua Pedro Vicente, 625 — Canindé

São Paulo — SP — CEP 01109-010

Tabela 4 - Fluxo de produção editorial e número de artigos mínimo e recomendado por ano e área temática - SciELO

Área Temática	Periodicidade		Número de artigos	
	Mínima	Recomendada	Mínimo	Recomendado
Agrárias	Trimestral	Bimestral	60	75
Biológicas	Trimestral	Bimestral	65	85
Engenharias	Trimestral	Bimestral	48	60
Exatas e da Terra	Trimestral	Bimestral	45	55
Humanas	Quadrimestral	Trimestral	25	35
Linguística, Letras e Artes	Quadrimestral	Trimestral	20	25
Saúde	Trimestral	Bimestral	60	80
Sociais Aplicadas	Quadrimestral	Trimestral	25	35



Indexação desde 26/09/2002

IMPLEMENTAÇÃO

As edições anteriores podem ser consultadas como ponto de partida para a sua pesquisa científica!

2000



Por que não baixar todas as edições da Sinergia em no máximo 2 cliques? 
(V1 n1 ao V17 n1 = 210 MB = formato pdf reduzido): < <http://ojs.ifsp.edu.br> >.

Caros pesquisadores,

Os artigos das revistas impressas do ano de 2000 e posteriores, sob o número de ISSN 1677-499X, estão disponíveis no *site* em formato eletrônico, com o número de ISSN 2177-451X.

Este formato vem da tecnologia de arquivo pdf pesquisável, o qual facilitará a localização pelos mecanismos de busca da Internet, a pesquisa do conteúdo dos trabalhos e as citações em novos artigos científicos.

e-mail para submissão de artigos, sugestões: **sinergia@ifsp.edu.br**



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
REVISTA SINERGIA

TERMO DE AUTORIZAÇÃO E RESPONSABILIDADE

Eu,,
natural de,
nacionalidade, profissão,
residente e domiciliado (a) na Rua,
.....
..... n °, Bairro,
CEP, Cidade,
UF, RG n°:, SSP/....., e-mail:.....,
telefone: e CPF n°,
pelo presente instrumento particular, declaro que o trabalho intitulado
.....
..... é de minha autoria juntamente com os (co) autores a seguir:
.....
..... e com ciência deles, autorizo a sua reprodução total, por meio eletrônico e impresso, a título gratuito, inclusive de fotografias, ilustrações etc. que se refiram a pessoas ou instituições e que estejam contidas no trabalho, para publicação na Revista *Sinergia*, um periódico científico-tecnológico do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo, situado na Rua Pedro Vicente, 625 – Canindé - São Paulo – SP – CEP 01109-010.

O artigo submetido à Revista Sinergia não pode ter sido publicado em outro periódico e tampouco ter sido submetido simultaneamente a outro periódico.

Se comprovado plágio em qualquer trabalho publicado, a Revista *Sinergia* isenta-se de qualquer responsabilidade, devendo seu(s) autor(es) arcar(em) com as penalidades previstas em lei.

A aceitação do artigo pelo Conselho Editorial implica automaticamente a cessão dos direitos autorais relativos ao trabalho, cujo os direitos seguem os termos da Creative Commons:

<<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/br/>>

São Paulo, de de 20.....

.....
Autor responsável pela inscrição do trabalho

HOMEM & TÉCNICA
A Experiência da Escola Técnica Federal
de São Paulo

O INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP – é uma autarquia federal de ensino.

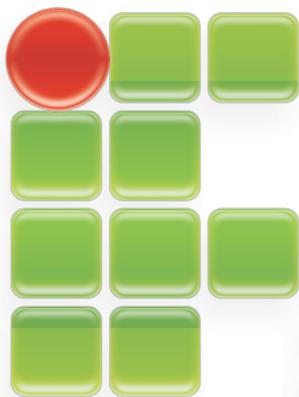
Fundada em 1909, como Escola de Aprendizes Artífices, é reconhecida pela sociedade paulista por sua excelência no ensino público gratuito de qualidade.

Durante seus anos de história, recebeu, também, os nomes de Escola Técnica Federal de São Paulo e Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo. Com a transformação em Instituto, em dezembro de 2008, passou a ter relevância de universidade, destacando-se pela autonomia.

Com a mudança, o Instituto Federal de São Paulo passou a destinar 50% das vagas para os cursos técnicos e, no mínimo, 20% das vagas para os cursos de licenciatura, sobretudo nas áreas de Ciências e da Matemática. Complementarmente, continuará oferecendo cursos de formação inicial e continuada, tecnologias, engenharias e pós-graduação.

Além dos cursos presenciais, o Instituto Federal de São Paulo oferece os cursos Técnicos em Administração e em Informática para Internet e, a partir de 2012, o superior de Formação de Professores na modalidade de Ensino a Distância (EaD).

O IFSP é organizado em estrutura multicampi e possui 39 campi e 20 polos de educação a distância divididos pelo estado de São Paulo.



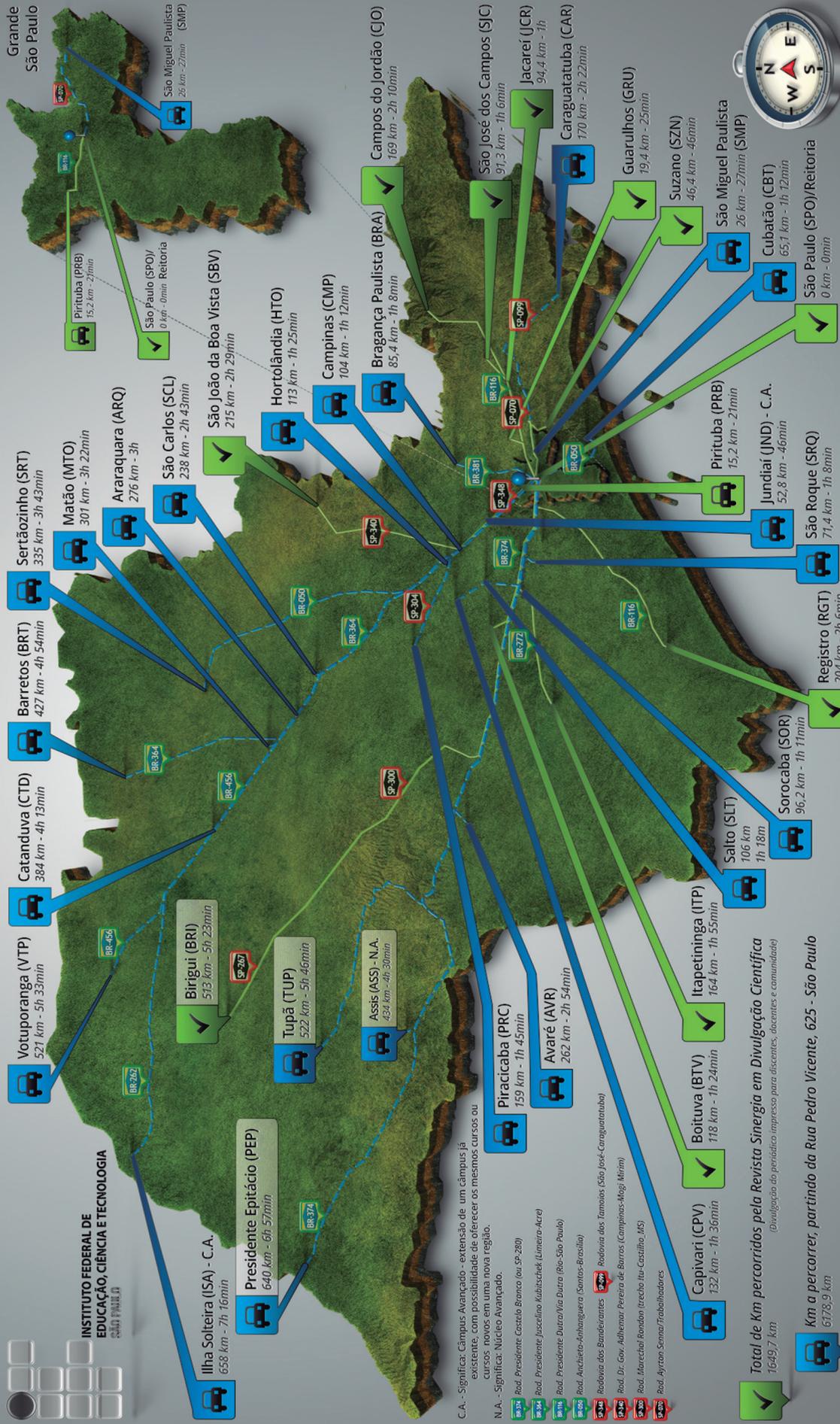
**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO**

HOMEM & TÉCNICA
A Experiência da

HOMEM & TÉCNICA
A Experiência da

HOMEM & TÉCNICA
Escola Técnica Federal
de São Paulo

HOMEM & TÉCNICA
Escola Técnica
Federal de São Paulo



C.A. - Significa: Câmpus Avançado - extensão de um câmpus já existente, com possibilidade de oferecer os mesmos cursos ou cursos novos em uma nova região.

N.A. - Significa: Núcleo Avançado.

BR-324 Rod. Presidente Castelo Branco (ou SP-280)

BR-374 Rod. Presidente Dutra/Via Duara (Rio-São Paulo)

BR-600 Rod. Anchieta-Anhangüera (Santos-Brasília)

SP-374 Rodovia dos Bandeirantes

SP-300 Rod. Dr. Gov. Adhemar Pereira de Barros (Campinas-Mogi Mirim)

SP-070 Rod. Marechal Rondon (trecho Itu-Castilho, MS)

SP-099 Rod. Ayrton Senna/Trabalhadores

This map was designed with 3D Map Generator PRO - Easy Routes. The Licence Tools (2016) was attributed to Ademir Silva and used for non-profit (free educational end). The routes and references of Câmpus was made with references of Google et al. History of routes by Wikipedia. Nome dos Câmpus. Disponível em: < <http://www.ifsp.edu.br> >. Acesso em: 29 fev. 2016.



**MAIS DO QUE
CONHECIMENTO,
CONSTRUÍMOS
VALORES
PARA A VIDA.**

O **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo** oferece ensino profissionalizante gratuito, da educação básica à pós-graduação, para milhares de jovens e adultos.

Com 105 anos de história, o **IFSP** forma cidadãos capacitados nas áreas de Controle e Processos Industriais, Gestão e Negócios, Informação e Comunicação, Infraestrutura, Recursos Naturais, Produção Industrial e Hospitalidade e Lazer.

Você pode optar por mais de 80 cursos entre técnicos, superiores e pós-graduação, além de cursos a distância e de curta duração.

Instituto Federal de São Paulo. O futuro começa aqui.

CAMPI: ARARAQUARA • ARARAS • ASSIS • AVARÉ • BARRETOS • BIRIGUI • BOITUVA • BRAGANÇA PAULISTA • CAMPINAS • CAMPOS DO JORDÃO • CAPIVARI • CARAGUATATUBA • CATANDUVA • CUBATÃO • GUARULHOS • HORTOLÂNDIA • ITAPETININGA • JUNDIAÍ • LIMEIRA • MATÃO • MOCOCA • PIRACICABA • PRESIDENTE EPITÁCIO • PRESIDENTE PRUDENTE • REGISTRO • SALTO • SANTO ANDRÉ • SÃO CARLOS • SÃO JOÃO DA BOA VISTA • SÃO JOSÉ DOS CAMPOS • SÃO PAULO • SÃO ROQUE • SERTÃOZINHO • SOROCABA • SUZANO • UBATUBA • VOTUPORANGA **POLOS EAD:** ARARAQUARA • ARARAS • BARRETOS • BOITUVA • CARAPICUÍBA • CAPIVARI • DIADEMA • FRANCA • GUAÍRA • GUARATINGUETÁ • GUARULHOS • ITAPETININGA • ITAPEVI • PRESIDENTE EPITÁCIO • REGISTRO • SÃO JOÃO DA BOA VISTA • SÃO JOSÉ DO RIO PRETO • SÃO JOSÉ DOS CAMPOS • SÃO PAULO • SÃO ROQUE • SERRANA • TARUMÃ • VOTUPORANGA. PARA CONHECER MAIS SOBRE A FEDERAL, ACESSE WWW.IFSP.EDU.BR



**INSTITUTO FEDERAL
SÃO PAULO**