



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS DA MOBILIDADE

Anderson Vinícius de Oliveira Rosa

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA  
SENSORIAMENTO DE DEFORMAÇÃO**

Joinville, Santa Catarina – Brasil  
2021



Anderson Vinícius de Oliveira Rosa

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA  
SENSORIAMENTO DE DEFORMAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharias da Mobilidade da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Automotiva.

**Orientador:** Andrea Piga Carboni, Dr.

**Coorientador:** Marcos Alves Rabelo, Dr.

Joinville, Santa Catarina – Brasil

2021

Notas legais:

Não há garantia para qualquer parte do software documentado. Os autores tomaram cuidado na preparação desta tese, mas não fazem nenhuma garantia expressa ou implícita de qualquer tipo e não assumem qualquer responsabilidade por erros ou omissões. Não se assume qualquer responsabilidade por danos incidentais ou consequentes em conexão ou decorrentes do uso das informações ou programas aqui contidos.

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina.  
Arquivo compilado às 20:53h do dia 3 de novembro de 2021.

Anderson Vinícius de Oliveira Rosa

Desenvolvimento de dispositivo de baixo custo para sensoriamento de deformação / Anderson Vinícius de Oliveira Rosa; Orientador, Andrea Piga Carboni, Dr.; Coorientador, Marcos Alves Rabelo, Dr. – Joinville, Santa Catarina – Brasil, 15 de dezembro de 2021.

46 p.

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, CTJ – Centro Tecnológico de Joinville, Departamento de Engenharias da Mobilidade.

Inclui referências

1. Palavra-Chave 1, 2. Palavra-Chave 2, 3. Palavra-Chave 3, I. Andrea Piga Carboni, Dr. II. Marcos Alves Rabelo, Dr. III. Departamento de Engenharias da Mobilidade IV. Desenvolvimento de dispositivo de baixo custo para sensoriamento de deformação

CDU 02:141:005.7

Anderson Vinícius de Oliveira Rosa

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA  
SENSORIAMENTO DE DEFORMAÇÃO**

Este(a) Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado(a) para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva, e foi aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharias da Mobilidade do CTJ – Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina.

Joinville, Santa Catarina – Brasil, 15 de dezembro de 2021.

---

**Nome do Coordenador(a), Dr.**

Coordenador(a) do Departamento de  
Engenharias da Mobilidade

**Banca Examinadora:**

---

**Andrea Piga Carboni, Dr.**

Orientador  
Universidade Federal de Santa  
Catarina – UFSC

---

**Marcos Alves Rabelo, Dr.**

Coorientador  
Universidade Federal de Santa  
Catarina – UFSC

---

**Prof. Convidado 1, Dr.**

Instituição 1 – Sigla 1

---

**Prof. Convidado 2, Dr.**

Instituição 2 – Sigla 2

---

**Prof. Convidado 3, Dr.**

Instituição 3 – Sigla 3

---

**Prof. Convidado 4, Dr.**  
Instituição 4 – Sigla 4

*Este trabalho é dedicado às crianças adultas que,  
quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.*

## AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos principais são direcionados à Gerald Weber, Miguel Frasson, Leslie H. Watter, Bruno Parente Lima, Flávio de Vasconcellos Corrêa, Otavio Real Salvador, Renato Machnievscz<sup>1</sup> e todos aqueles que contribuíram para que a produção de trabalhos acadêmicos conforme as normas ABNT com  $\text{\LaTeX}$  fosse possível.

Agradecimentos especiais são direcionados ao Centro de Pesquisa em Arquitetura da Informação<sup>2</sup> da Universidade de Brasília (CPAI), ao grupo de usuários *latex-br*<sup>3</sup> e aos novos voluntários do grupo *abnT<sub>E</sub>X2*<sup>4</sup> que contribuíram e que ainda contribuirão para a evolução do *abnT<sub>E</sub>X2*.

---

<sup>1</sup> Os nomes dos integrantes do primeiro projeto *abnT<sub>E</sub>X* foram extraídos de <http://codigolivre.org.br/projects/abntex/>

<sup>2</sup> <http://www.cpai.unb.br/>

<sup>3</sup> <http://groups.google.com/group/latex-br>

<sup>4</sup> <http://groups.google.com/group/abntex2> e <http://abntex2.googlecode.com/>



*“Assim como aquele pecado da juventude, este documento te perseguirá pelo resto da vida.”*

Enio Valmor Kassick

*“Estupidez trará mais autoconfiança do que o conhecimento e a bravura juntas. (encoding: T1, family: phv, series: m, shape: it, size: 10, baseline: 12.0pt, linespread: 1.241, linespacing: 14.89197pt)”*

Adriano Ruseler

## RESUMO

Segundo a [ABNT \(2003, p. 3.1–3.2\)](#), o resumo deve ressaltar o objetivo, o método, os resultados e as conclusões do documento. A ordem e a extensão destes itens dependem do tipo de resumo (informativo ou indicativo) e do tratamento que cada item recebe no documento original. O resumo deve ser precedido da referência do documento, com exceção do resumo inserido no próprio documento. (...) As palavras-chave devem figurar logo abaixo do resumo, antecidas da expressão Palavras-chave:, separadas entre si por ponto e finalizadas também por ponto. Além disso, na UFSC o texto do resumo deve ser digitado, em um único bloco, sem espaço de parágrafo. O resumo deve ser significativo, composto de uma sequência de frases concisas, afirmativas e não de uma enumeração de tópicos. Não deve conter citações. Deve usar o verbo na voz passiva. Abaixo do resumo, deve-se informar as palavras-chave (palavras ou expressões significativas retiradas do texto) ou, termos retirados de thesaurus da área. (encoding: T1, family: phv, series: m, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1, linespacing: 14.5pt)

**Palavras-chaves:** Palavra-Chave 1. Palavra-Chave 2. Palavra-Chave 3.

## ABSTRACT

This is the English abstract.

**Keywords:** Keyword 1. Keyword 2. Keyword 3.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Sistema de coordenadas SAE . . . . .	19
Figura 2	–	Elementos principais do trem de potência . . . . .	20
Figura 3	–	Principais forças envolvidas na dinâmica longitudinal . . . . .	21
Figura 4	–	Deflexão e distribuição de tensão devido a torção . . . . .	22
Figura 5	–	esquema basico de ponte de Wheatstone . . . . .	24
Figura 6	–	Etapas da metodologia PRODIP . . . . .	25
Figura 7	–	Principais componentes de um transdutor de torque industrial . .	26
Figura 8	–	Etapas do projeto informacional . . . . .	27

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
abnTeX	ABsurdas Normas para TeX

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\Gamma$	Letra grega Gama
$\Lambda$	Lambda
$\zeta$	Letra grega minúscula zeta
$\in$	Pertence

## SUMÁRIO

<b>I</b>	<b>PESQUISA</b>	<b>15</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
2.1	PRINCIPAIS ESTUDOS DA ÁREA	17
<b>3</b>	<b>CONTEXTO</b>	<b>19</b>
3.1	DINÂMICA VEICULAR	19
3.1.1	Capacidade de aceleração	20
3.2	ESFORÇOS EM COMPONENTES	21
3.2.1	Deformação de um eixo em torção	22
3.3	SENSORIAMENTO DE DEFORMAÇÕES	23
3.3.1	Extensômetro	23
3.3.2	Ponte de Wheatstone	23
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA DO PROJETO</b>	<b>25</b>
4.1	MODELO PRODIP	25
4.1.1	Fase de planejamento	25
4.1.2	Projeto Informacional	27
4.1.3	Projeto Conceitual	27
<b>II</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>DESENVOLVIMENTO MATEMÁTICO</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>EXPERIMENTO</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>32</b>
<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>33</b>
	REFERÊNCIAS	34
	APÊNDICE A – PÁGINA NÃO GERADA	36

A.1	SOME ENCODING TESTS . . . . .	37
A.1.1	<b>(encoding: T1, family: phv, series: m, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt) . . . .</b>	<b>37</b>
A.1.1.1	(encoding: T1, family: phv, series: m, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt) . . . . .	37
A.1.1.1.1	<i>(encoding: T1, family: phv, series: m, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt) . . . . .</i>	<i>37</i>
	<b>ANEXO A – ARTIGO PUBLICADO . . . . .</b>	<b>40</b>
A.1	ENGLISH GUIDELINES FOR PUBLICATION . . . . .	40
	<b>ANEXO B – ANEXO EXEMPLO . . . . .</b>	<b>45</b>
B.1	SOME ENCODING TESTS . . . . .	45
B.1.1	<b>(encoding: T1, family: phv, series: m, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt) . . . .</b>	<b>45</b>
B.1.1.1	(encoding: T1, family: phv, series: m, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt) . . . . .	45
B.1.1.1.1	<i>(encoding: T1, family: phv, series: m, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt) . . . . .</i>	<i>46</i>



# **Parte I**

## **Pesquisa**

# 1 INTRODUÇÃO

(Nurprasetio) indica que o fator chave para avaliar a performance do veículo é o sensoriamento de diversas grandezas relacionadas, porém, atualmente certos parâmetros não podem ser medidos diretamente em um veículo, entre eles força normal, torque e velocidade rotacional em um eixo.

Todo eixo onde ocorre transmissão de potencia apresenta, ao longo de sua coordenada axial, a aplicação de um momento denominado torque. Foi identificada a não existência de dispositivos com preços acessíveis para detecção desse tipo de grandeza em um eixo rotativo, dispositivos que conseguem obter esse tipo de parâmetro são usualmente utilizados em aplicações industriais e dinamômetros.

O presente trabalho propõe a obtenção dos dados de torque presentes em um componente sobre torção pura durante seu funcionamento. Esses dados podem ser obtidos a partir dos dados de deformação medidos por um extensômetro fixado na superfície do componente analisado, para a operação desse sensor será utilizado uma interface controladora em conjunto com componentes para instrumentação do sinal obtido, os sinais são transmitidos utilizando o padrão de comunicação bluetooth.

As etapas de desenvolvimento da metodologia de projeto PRODIP serão seguidas com objetivo de projetar um dispositivo que facilite a implementação do sistema de medição em um caso real. Por fim a efetividade do protótipo desenvolvido será avaliada comparando os dados obtidos com modelos analíticos, resultados de testes estáticos, e análise por elementos finitos.

## 1.1 OBJETIVOS

Os objetivos do trabalho são apresentados nas seções a seguir.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver dispositivo de sensoriamento que obtém dados de torque presentes em um eixo em tempo real.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

\* TBD \*

\* Etapas do desenvolvimento do projeto \*

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta as principais publicações já realizadas no tema do trabalho, seus resultados obtidos, e possíveis oportunidades de ampliação das metodologias introduzidas e análise dos resultados.

### 2.1 PRINCIPAIS ESTUDOS DA ÁREA

Foram realizadas pesquisas nas bases de dados Web of Science, Springer, Scindirect e Google Scholar, de artigos científicos em inglês publicados nos últimos 10 anos (de 2010 até 2020) utilizando como palavras-chave “Dynamic, Torque, Shaft, Sensor, Strain, Gauge”, nas 3 ultimas bases foram encontrados números muito elevados de trabalhos, de ordem de centenas, a maioria dos trabalhos observados não tinham relação direta com o assunto a ser desenvolvido, a pesquisa na base de dados Web of Science obteve 10 resultados, todos eles com considerável potencial de importância para este trabalho, dentre eles 4 artigos eram diretamente desenvolvimento de metodologias similares ao trabalho.

O primeiro artigo analisado, desenvolvido por Niedworok et al em 2014 relata o desenvolvimento e aplicação de um sistema de sensoriamento de torque em tempo real em um eixo cardan de um carro de mina utilizando a medição da deformação utilizando extensômetro com transferência dos dados via radiofrequência, o trabalho também indica que o posicionamento do sensor necessita estar em contato com a superfície de maior deformação do componente, o autor realiza uma análise por elementos finitos para encontrar esse local. O artigo também aponta que o sinal vindo do sensor deve ser ampliado utilizando uma ponte de Wheatstone para conseguir ter a instrumentação correta da grandeza. O artigo mostrou resultados satisfatórios e não discutiu sobre ruídos e imprecisões presentes nos dados obtidos.

Um trabalho feito por Nurprasetio et al, em 2018, desenvolve um sistema de medição para veículos terrestres, aplicado em uma bancada de testes que simula o estado de veículos terrestres em operação, o sistema utiliza um microprocessador Arduino nano de fácil acesso e baixo custo. Os dados são transmitidos via comunicação bluetooth. O artigo também ilustra o processo de calibração do dispositivo feito antes do teste dinâmico, assim como no trabalho anterior, também é enfatizada a necessidade das metodologias instrumentação do sinal vindo do extensômetro. Seus resultados também se mostraram promissores, porem o autor indica que é necessário a remoção dos ruídos de medição, o que segundo ele será endereçado em um trabalho futuro.

Um artigo feito por Gharghan et al em 2017 compara um sistema de medição similar ao dos dois trabalhos prévios com um sistema de medição de torque em tempo real de alto custo utilizado por ciclistas profissionais no pedivela. O artigo introduz a tecnologia de transmissão de dados Zigbee, que consegue transmitir dados a a um

baixo consumo energético. Após a obtenção dos dados, o autor utiliza as ferramentas de análise estatística de Bland-Altman e porcentagem de erro médio absoluto para a validação do sistema.

O último artigo foi publicado por Silva et al em 2019 e compara os dados de um sistema semelhante aos anteriores com resultados de análises de modelo matemático analítico e análise por elementos finitos aplicados em bancadas de viga engastada com carga na ponta e de torque aplicado em um eixo com um dos lados travados, diferente dos trabalhos anteriores, esse possui uma seção com o desenvolvimento das equações dos modelos utilizados, e assim como os artigos anteriores foram encontrados resultados satisfatórios.

**\*\*colocar imagens referentes aos trabalhos\*\***

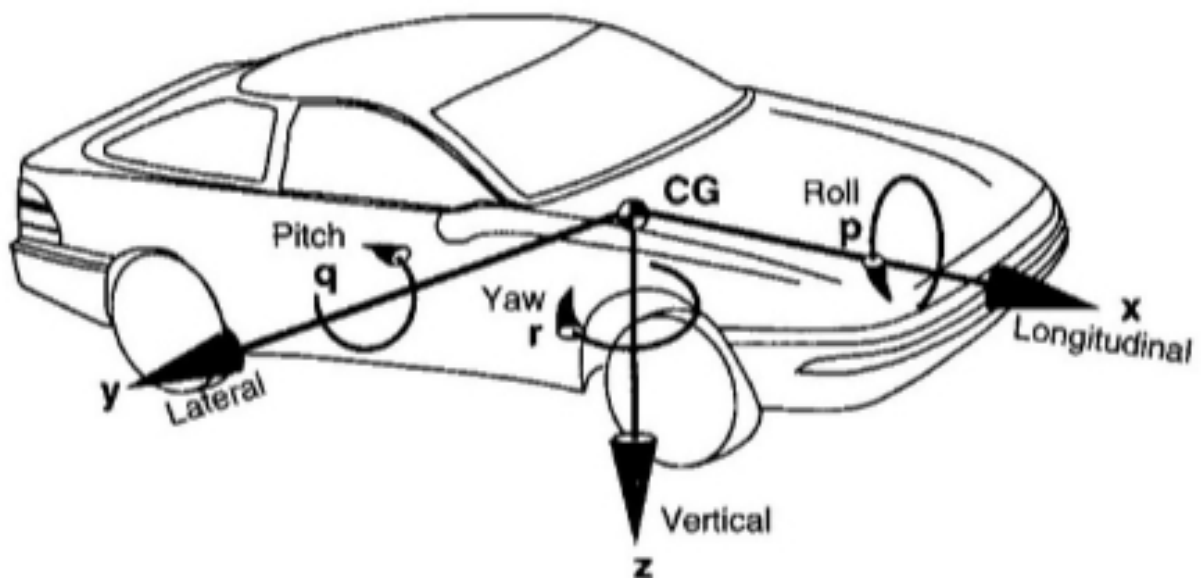
### 3 CONTEXTO

O presente capítulo apresenta o contexto no qual o dispositivo desenvolvido pode ser aplicado mostrando os conceitos de dinâmica veicular longitudinal, principais sistemas de segurança envolvidos, e os esforços mecânicos presentes nos componentes de interesse.

#### 3.1 DINÂMICA VEICULAR

Dinâmica veicular é o campo da física aplicada que investiga o comportamento de um veículo automotor em condições de uso e estáticas, a norma SAE J670 (2008) adota o sistema de coordenadas ilustrado na [Figura 1](#) para um veículo genérico com a origem na posição do seu centro de massa nas análises dinâmicas em veículos terrestres.

Figura 1 – Sistema de coordenadas SAE

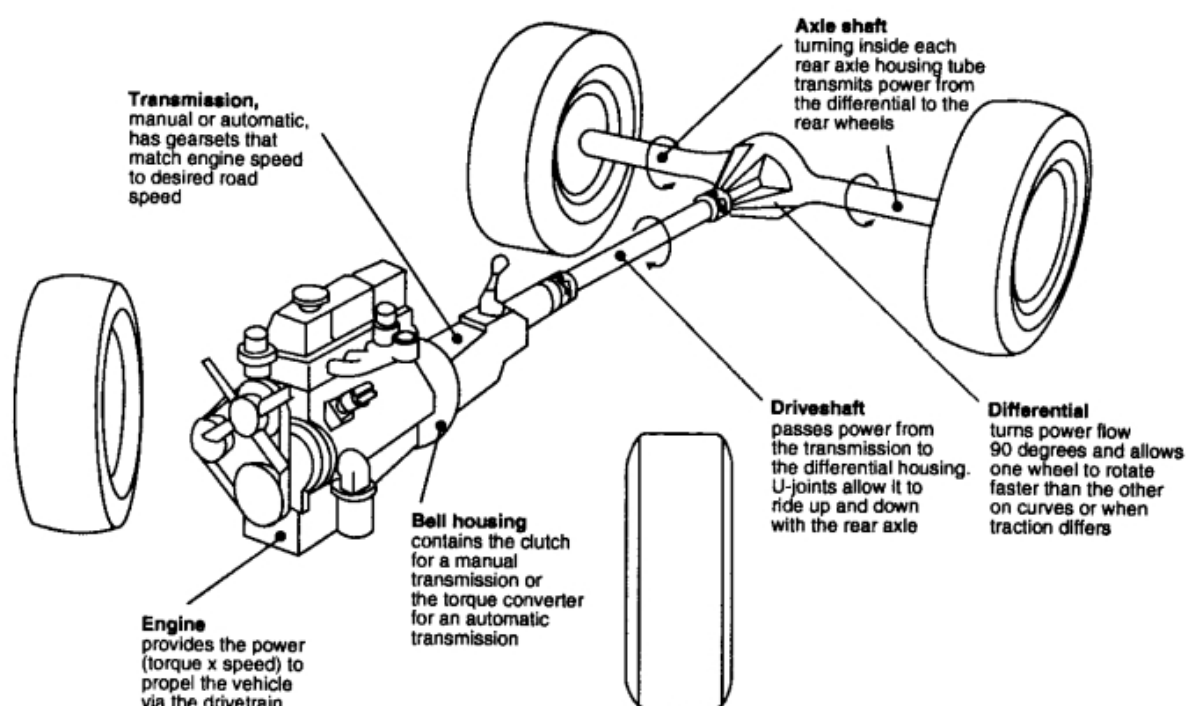


colon

Fonte: \*\*Tsirogiannis (2015)\*\*

A dinâmica veicular é composta por três campos de estudo (longitudinal, lateral e vertical) que investigam o comportamento do veículo ao longo das direções padrões. A dinâmica longitudinal veicular engloba a análise da movimentação do veículo no seu eixo de pitch e na direção longitudinal causadas pelo trem de força, conjunto de componentes responsáveis pela geração de potência e transmissão do movimento para os pneus do eixo de tração, e do sistema de frenagem. A [Figura 2](#) ilustra os principais componentes presentes no trem de força em um veículo com tração traseira.

Figura 2 – Elementos principais do trem de potência



colon

Fonte: \*\*Gillespie (1992)\*\*

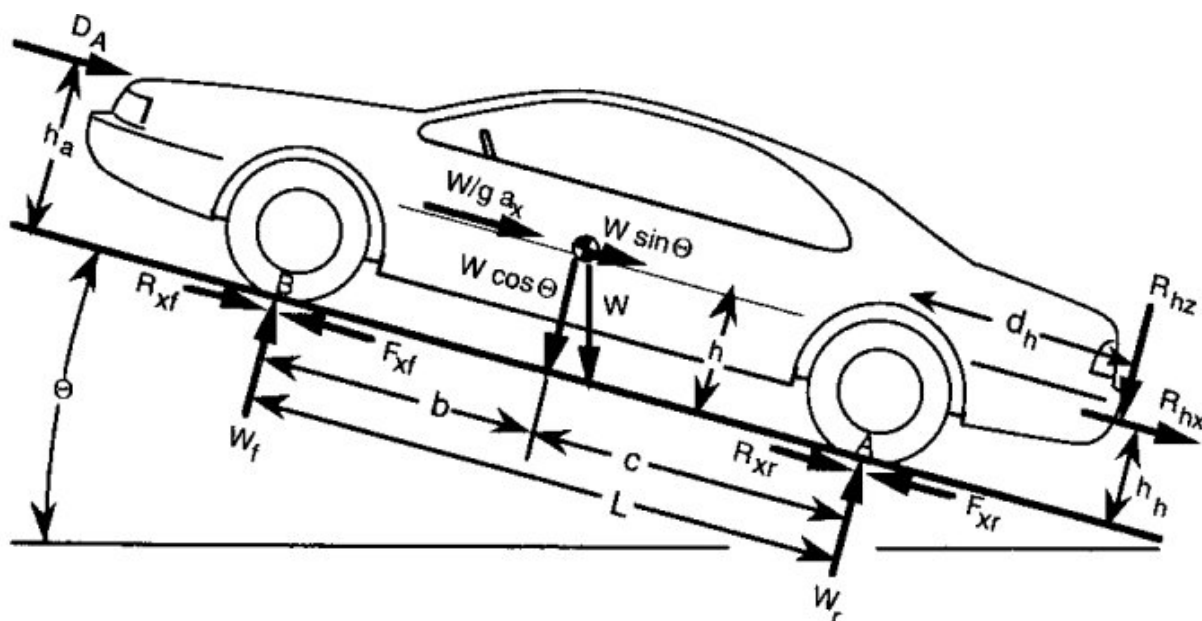
Nas análises simplificadas de dinâmica veicular a unidade motora é modelada por suas curvas de torque e potência, os componentes da transmissão como as respectivas relações de amplificação de torque e as rodas pelo seu raio e coeficiente de atrito do contato entre pneu e pista. A figura 3 mostra o diagrama de corpo livre de um automóvel simplificado. Em um veículo com tração unicamente traseira e sem a presença de reboque, as forças de tração geradas nas interfaces pneu pista frontais e reações das cargas traseiras não estarão presentes, simplificando a análise.

### 3.1.1 Capacidade de aceleração

Dentre as análises do veículo na dinâmica longitudinal pode-se definir sua capacidade máxima de aceleração, Gillespie (1992) afirma que esse potencial é determinado por um entre dois limites, definidos primariamente pela velocidade do veículo, em altas velocidades espera-se o limite seja relacionado a potência da unidade motora, e em baixas velocidades a capacidade de tração das rodas motrizes.

Presumindo que haja potência suficiente na unidade motora, a aceleração será limitada pelo coeficiente de atrito na interface entre o pneu das rodas motrizes e a superfície de contato nesse caso, o limite de tração é mostrado pela [Equação \(1\)](#).

Figura 3 – Principais forças envolvidas na dinâmica longitudinal



colon

Fonte: \*\*Gillespie (1992)\*\*

O coeficiente de atrito do contato pneu pista é dependente de diversos fatores, entre eles a área de superfície de contato do pneu, tipo de compósito e condição, parâmetros operacionais como temperatura e pressão, carga aplicada no pneu, etc.

$$F_x = \mu W \quad (1)$$

sendo

$F_x$ : Força de tração gerada pelos pneus

$\mu$ : Coeficiente de atrito máximo do contato

$W$ : Carga aplicada no eixo de tração

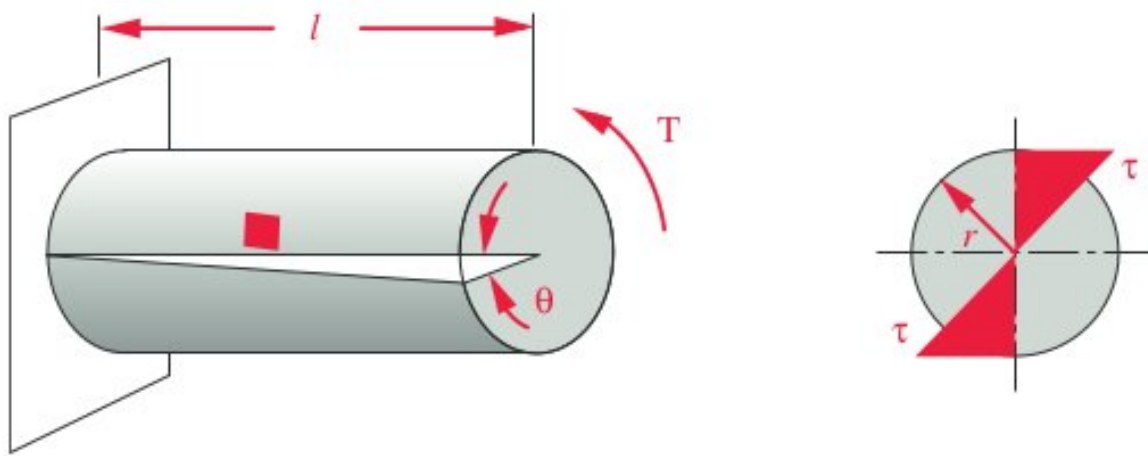
### 3.2 ESFORÇOS EM COMPONENTES

Os sistemas veiculares responsáveis pela transmissão do torque no trem de potencia, uma vez que são compostos de elementos rotativos, apresentam tensões geradas pelas cargas de torque e flexão durante a operação.

### 3.2.1 Deformação de um eixo em torção

Norton (2013) afirma que quando barras estão solicitadas por um momento em relação ao seu eixo longitudinal, diz-se que estão sob torção, esse tipo de momento aplicado é denominado torque e esta situação é comum em eixos que transmitem potência. A Figura 4 ilustra os ângulos de deformação vistos em um eixo e a distribuição de tensão de cisalhamento ao longo da sua seção transversal, os valores são dados pela Equação (2) e Equação (3),

Figura 4 – Deflexão e distribuição de tensão devido a torção



colon

Fonte: \*\*Norton 4ed\*\*

$$\theta = \frac{Tl}{GJ} \quad (2)$$

$$\tau = \frac{Tr}{J} \quad (3)$$

onde:

$\theta$ : ângulo de torção

$\tau$ : tensão superficial causada pela torção

$T$ : valor de torque aplicado

$r$ : raio do eixo

$l$ : comprimento até o ponto de análise

$G$ : Modulo de cisalhamento do material

$J$ : Momento de inércia polar da seção transversal



As equações consideram a operação do componente apenas em regime de deformação elástico, logo os valores esperados de  $\theta$  serão relativamente pequenos. (escrever sobre a influencia disso na operação do eixo)

### 3.3 SENSORIAMENTO DE DEFORMAÇÕES

Com o objetivo de obter grandezas associadas em um veículo durante sua operação, são utilizados sensores baseados na sua variação de resistência.

#### 3.3.1 Extensômetro

Extensômetros são sensores que sofrem alterações de resistência elétrica conforme a deformação ocorrida na superfície em que são aplicados, uma relação entre a variação de resistência e deformação nesse tipo de sensor é denominado gauge factor, que pode ser representado pela [Equação \(4\)](#).

$$K\varepsilon = \frac{\Delta R_s}{R_s} \quad (4)$$

onde

K: Gauge factor

$\varepsilon$ : deformação na superfície

$\Delta R_s$ : variação de resistência no strain gauge

$R_s$ : resistência nominal do strain gauge

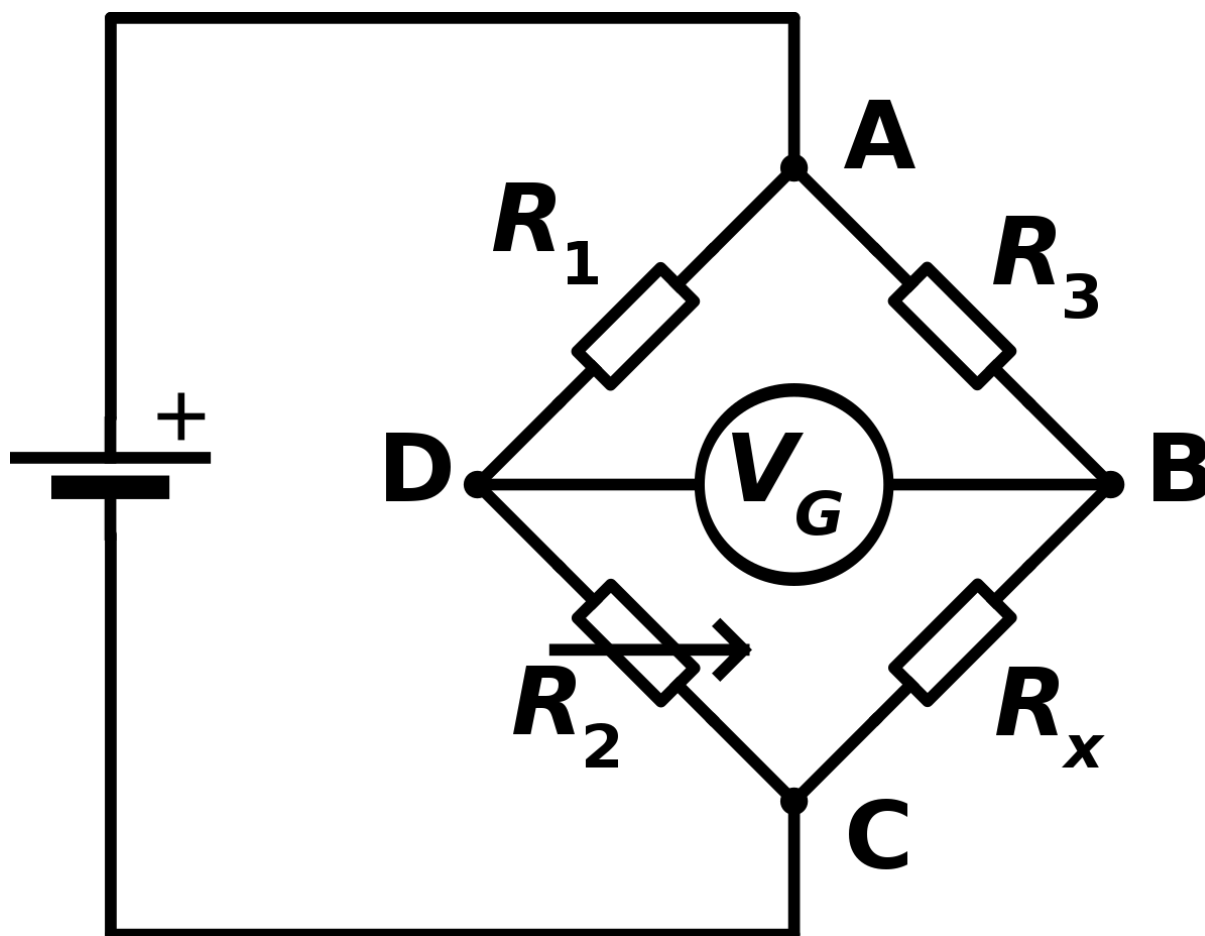
Uma vez que os valores de deformação superficiais durante a operação são pequenos isso acarreta em pequenas variações de resistência no extensômetro, logo, para se ter uma medição com precisão aceitável, devem ser utilizados artifícios de instrumentação como uma ponte de Wheatstone com fim de detectar mais precisamente a variação de resistência do sensor.

#### 3.3.2 Ponte de Wheatstone

Uma vez apresentadas pequenas variações de resistência durante o funcionamento o que gera pequenas variações de tensão em seu funcionamento no circuito elétrico, o extensômetro é montado como parte de um circuito de ponte de Wheatstone. Esse tipo de montagem facilita a instrumentação desses sensores, devido a melhor sensibilidade na leitura do voltímetro  $V_g$  ilustrado na [Figura 5](#).

Em uma aplicação com sensor de deformação o resistor variável  $R_2$  é substituído pela expressão de resistência do extensômetro, e os resistores  $R_1$ ,  $R_3$  e  $R_x$  são definidos com valores de resistências iguais ao do valor nominal do sensor utilizado, logo,

Figura 5 – esquema básico de ponte de Wheatstone



colon

Fonte: \*internet\*\*

utilizando as leis de Kirchhoff para o circuito, a equação de transferência do circuito é mostrada na [Equação \(5\)](#).

$$\frac{V}{V_{in}} = \frac{K\varepsilon}{4 + K\varepsilon} \quad (5)$$

onde

Vin: Tensão de alimentação do circuito

V: Tensão mostrada pelo voltímetro Vg

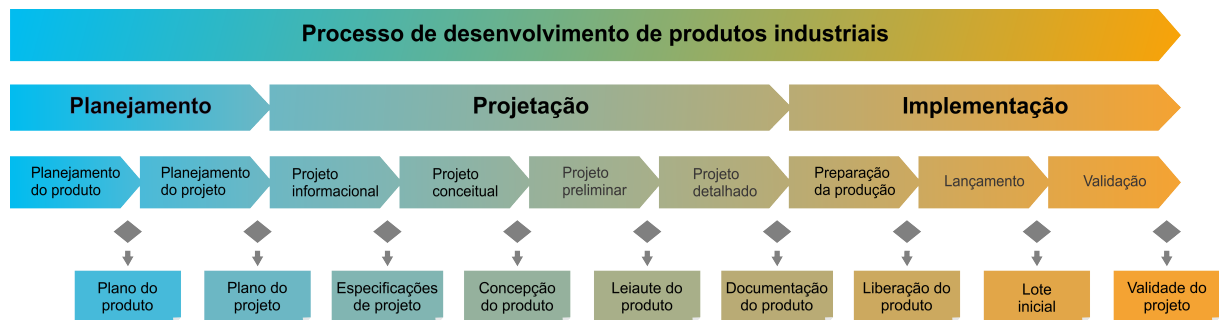
## 4 METODOLOGIA DO PROJETO

O presente capítulo mostra a metodologia e as etapas realizadas para o projeto do dispositivo desenvolvido.

### 4.1 MODELO PRODIP

O projeto de um produto engloba todas as etapas de definição das funções e características operacionais necessárias em um produto a ser desenvolvido, o modelo PRODIP divide o projeto em macro etapas, cada uma contemplando uma fase do desenvolvimento de um produto, conforme a [Figura 8](#).

Figura 6 – Etapas da metodologia PRODIP



colon

Fonte: \*\*PRODIP (2020)\*\*

Essa metodologia foi utilizada para organizar e linearizar as atividades de desenvolvimento do dispositivo, certas etapas ilustradas foram ignoradas e outras adicionadas devido ao objetivo do projeto e o tipo do produto desenvolvido.

#### 4.1.1 Fase de planejamento

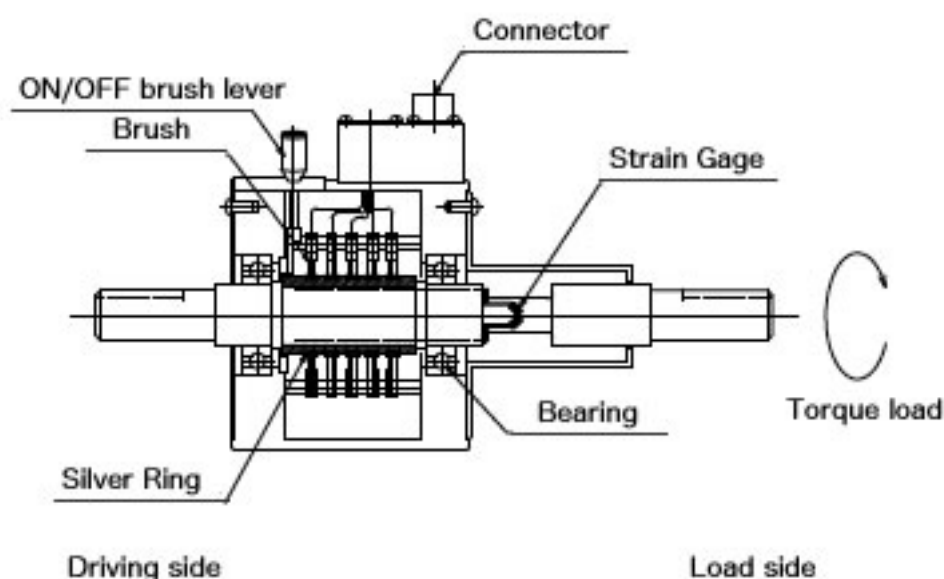
A fase de planejamento do projeto visa definir as etapas de desenvolvimento das ideias selecionadas utilizando definições de escopo, cronograma, orçamento riscos etc. Nessa etapa são definidas as ideias do problema e produto, então é feito um mapeamento tecnológico, em que, segundo a metodologia "são organizadas as informações do mercado, produto e tecnologia ao longo do tempo. Essas informações são correlacionadas e servem de base para estabelecer o plano de produtos."(PRODIP, 2020).

O problema proposto foi o de encontrar a solução para a medição de torque dinâmico em aplicações automotivas, e a principal motivação é o fato de que foi verificado ser um tipo de grandeza não muito monitorada devido a dificuldade de obtenção dos valores e do custo, peso e complexidade dos dispositivos existentes para esses fins

atualmente. Os principais tipos de produtos disponíveis identificados para esse tipo de aplicação são os transdutores de torque, utilizados em ramos industriais, e os dinamômetros de bancada, que são usualmente utilizados para identificar as curvas de torque e potência de motores.

Os transdutores de torque são de maior interesse dado o princípio de funcionamento, segundo a fabricante Kyowa (acesso em julho de 2020) seus transdutores de torque convertem torção, calculadas pela tensão de cisalhamento superficial, em tensão elétrica, garantem medição fácil e acurada de torque sob condições de funcionamento desde paradas até altas rotações, e devido ao fato de serem utilizados extensômetros como sensor, medidas estáveis e precisas são garantidas até em longas durações de operação e condições severas. A [Figura 7](#) mostra os principais componentes desse tipo de dispositivo.

Figura 7 – Principais componentes de um transdutor de torque industrial



colon

Fonte: \*\*Showa Sokki (acesso em julho de 2020) \*\*

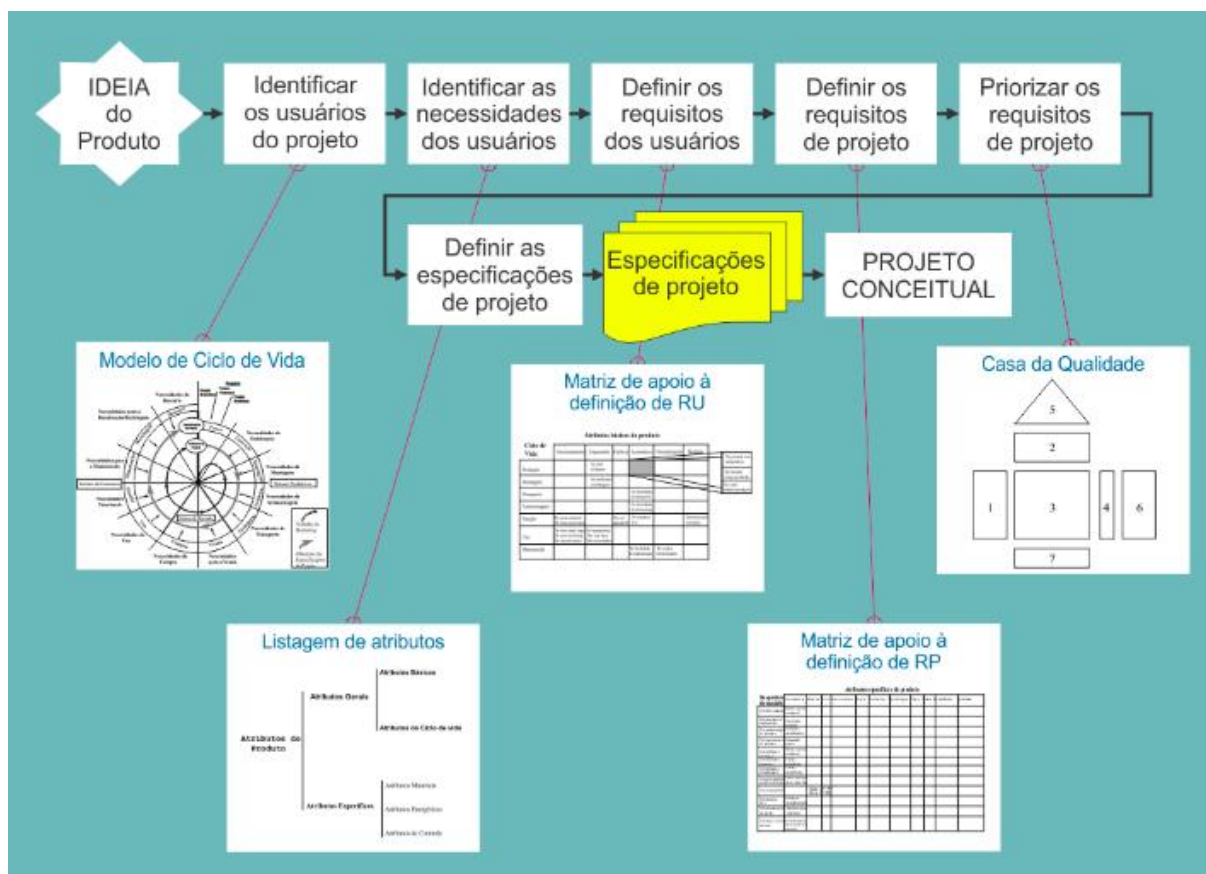
\*\*falar que o princípio de funcionamento do transdutor de torque é a principal influência para a escolha das palavras chave da revisão bibliográfica\*\*

Com os dados do mapeamento tecnológico e da revisão dos trabalhos científicos recentes, é elaborado um escopo base do projeto, seguido pela definição de um conceito básico de funcionamento, os componentes necessários e os respectivos preços, estes dados estão disponíveis no apêndice A. (\*\*Falta anexar, arquivo 0 - Escopo do projeto no drive, planilha "mapa de tecnologias", incorporar uma parte da planilha de revisão bibliográfica junto\*\*)

### 4.1.2 Projeto Informacional

O projeto informacional utiliza ferramentas para definição de especificações de projeto que irão orientar o desenvolvimento do produto, o principal é a matriz QFD, utilizada para definir a importância dos requisitos do produto.

Figura 8 – Etapas do projeto informacional



colon

Fonte: \*\*PRODIP (2020)\*\*

-realizar as pesquisas de mercado, listagem de atributos e desenvolver a matriz QFD.

### 4.1.3 Projeto Conceitual

Busca de soluções conceituais para o problema, onde as alternativas são geradas e avaliadas técnica e economicamente, as ferramentas disponíveis são a síntese de funções, matriz morfológica e matriz multi critério de seleção

# **Parte II**

## **Implementação**

## **5 DESENVOLVIMENTO MATEMÁTICO**

## 6 EXPERIMENTO



## **7 RESULTADOS**

## **8 CONCLUSÕES**

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Lipsum me [31-33]

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028**: Resumo - Apresentação. Rio de Janeiro, nov. 2003. P. 2. Citado na p. [8](#).

# **Apêndices**

## **APÊNDICE A – COMO ESTA PÁGINA NÃO ESTÁ SENDO COMPLETAMENTE PREENCHIDA, ELE ESTÁ GERANDO A CAIXA INFERIOR INFERIOR DA PÁGINA**

(encoding: T1, family: phv, series: m, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, line-spread: 1.241, linespacing: 17.99446pt)

1. How to display the font size in use in the final output, 2. How to display the font size in use in the final output, 3. How to display the font size in use in the final output, 4. How to display the font size in use in the final output, 5. How to display the font size in use in the final output, 6. How to display the font size in use in the final output, 7. How to display the font size in use in the final output, 8. How to display the font size in use in the final output, 9. How to display the font size in use in the final output,

A.1 (ENCODING: T1, FAMILY: PHV, SERIES: M, SHAPE: N, SIZE: 12, BASELINE: 14.5PT, LINESPREAD: 1.241, LINESPACING: 17.99446PT)

1. How to display the font size in use in the final output, 2. How to display the font size in use in the final output, 3. How to display the font size in use in the final output, 4. How to display the font size in use in the final output, 5. How to display the font size in use in the final output, 6. How to display the font size in use in the final output,

7. How to display the font size in use in the final output, 8. How to display the font size in use in the final output, 9. How to display the font size in use in the final output, 10. How to display the font size in use in the final output, 11. How to display the font size in use in the final output, 12. How to display the font size in use in the final output,

**A.1.1 (encoding: T1, family: phv, series: b, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt)**

1. How to display the font size in use in the final output, 2. How to display the font size in use in the final output, 3. How to display the font size in use in the final output, 4. How to display the font size in use in the final output, 5. How to display the font size in use in the final output, 6. How to display the font size in use in the final output,

7. How to display the font size in use in the final output, 8. How to display the font size in use in the final output, 9. How to display the font size in use in the final output, 10. How to display the font size in use in the final output, 11. How to display the font size in use in the final output, 12. How to display the font size in use in the final output,

A.1.1.1 (encoding: T1, family: phv, series: m, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt)

1. How to display the font size in use in the final output, 2. How to display the font size in use in the final output, 3. How to display the font size in use in the final output, 4. How to display the font size in use in the final output, 5. How to display the font size in use in the final output, 6. How to display the font size in use in the final output,

7. How to display the font size in use in the final output, 8. How to display the font size in use in the final output, 9. How to display the font size in use in the final output, 10. How to display the font size in use in the final output, 11. How to display the font size in use in the final output, 12. How to display the font size in use in the final output,

*A.1.1.1.1 (encoding: T1, family: phv, series: m, shape: it, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt)*

1. How to display the font size in use in the final output, 2. How to display the font size in use in the final output, 3. How to display the font size in use in the final output, 4. How to display the font size in use in the final output, 5. How to display the font size in

use in the final output, 6. How to display the font size in use in the final output, 7. How to display the font size in use in the final output,

8. How to display the font size in use in the final output, 9. How to display the font size in use in the final output, 10. How to display the font size in use in the final output, 11. How to display the font size in use in the final output, 12. How to display the font size in use in the final output,

Lipsum me [31-35]



# **Anexos**

## **ANEXO A – ARTIGO PUBLICADO**

### **A.1 ENGLISH GUIDELINES FOR PUBLICATION - TITLE HERE (14 PT TYPE SIZE, UPPERCASE, BOLD, CENTERED)**

**Abstract:** The objective of this document is to instruct the authors about the preparation of the manuscript for its submission to the Revista Eletrônica de Potência (Brazilian Power Electronics Journal). The authors should use these guidelines for preparing both the initial and final versions of their paper. Additional information about procedures and guidelines for publication can be obtained directly with the editor, or through the web site <http://www.sobraep.org.br/revista>. This text was written according to these guidelines

interwordspace: 3.33588pt

interwordstretch: 1.99188pt

emergencystretch: 58.74916pt

## english guidelines for publication - TITLE HERE (14 PT TYPE SIZE, UPPERCASE, BOLD, CENTERED)

Adriano Ruseler

Federal University of Santa Catarina – UFSC, Postgraduate Program in Electrical Engineering – PGEEL  
Power Electronics Institute – INEP, Florianópolis, SC, Brazil  
e-mail: ruseler@inep.ufsc.br

**Abstract** – The objective of this document is to instruct the authors about the preparation of the manuscript for its submission to the *Revista Eletrônica de Potência* (Brazilian Power Electronics Journal). The authors should use these guidelines for preparing both the initial and final versions of their paper. Additional information about procedures and guidelines for publication can be obtained directly with the editor, or through the web site <http://www.sobraep.org.br/revista>. This text was written according to these guidelines.

**Keywords** – Authors shall provide a maximum of six keywords (in alphabetical order, capitalized, separated by commas) to help identify the major topics of the paper.

### NOMENCLATURE

$P$	Number of poles.
$V_{qd}$	Stator voltage $dq$ components.
$I_{qd}$	Stator current $dq$ components.

### I. INTRODUCTION

The Brazilian Power Electronics Journal (*Revista Eletrônica de Potência*) is an appropriate media through which the SOBRAEP (Brazilian Power Electronics Society) members and experts in the field of Power Electronics may present and discuss their scientific and academic activities. Therefore, the Editorial Staff invites you to submit a full format paper in the field of Power Electronics, including advances in the state of the art, through theoretical and experimental results, as well as tutorial information on subjects of interest to the Society. In case the paper, or part of it, has been presented or published in any national or international journal or conference, it must be declared by the authors in the body of the paper (when and where).

Papers in Portuguese, Spanish and English will be accepted. The texts submitted in Portuguese or Spanish must include the title, the abstract and the keywords in English as well.

Authors must submit their manuscript electronically and follow the revision process through the iSOBRAEP portal at <http://www.sobraep.org.br/revista>. From this entry page, access can be obtained to all information required for the submission of a manuscript.

It should be noted that Manuscripts Must Be Submitted as an Editable PDF document. Therefore, after editing your manuscript in agreement with these guidelines, a high-quality PDF file must be generated so it can be submitted through the iSOBRAEP portal. Upon Final Acceptance of the manuscript, the strong requirement for publication is a final electronic version of the paper prepared in agreement with these guidelines. In addition, papers will only be published if the Copyright form available at the iSOBRAEP portal is completed.

The main objective of the Introduction section is presenting the nature of the problem that is discussed in the paper, through an adequate literature review, and the contribution of the submitted manuscript.

If relevant, a Nomenclature section may be included immediately before the Introduction, with a list of variables used in the text. This item should not contain reference numeration, as well as items Acknowledgements, References and Biographies.

#### A. Presentation of the Text

Papers submitted for publication to the Brazilian Power Electronics Journal should have, preferably, **eight pages** or less. Papers with a higher number of pages must pay an overlength page charge (R\$ 150 per extra page) before its publication, until the limit of four extra pages. Consequently, the maximum page limit is **12 pages**.

Authors must use International System units (SI or MKS).

Authors of the paper must prepare it and then send it as a PDF file, through the iSOBRAEP portal, in accordance with these guidelines. The manuscripts that do not follow these guidelines will be rejected, and the authors will be informed.

#### B. Text Editing

The manuscript must be prepared on A4 page format (297 mm x 210 mm), as demonstrated in these guidelines.

The recommended word processor is Word for Windows.

1) *Type sizes*: The type sizes specified in these guidelines are according to the word processor Word for Windows and the typeface must be Times New Roman. Table I shows the standard sizes of the characters that should be used in the different sections of the manuscript.

2) *Page Format*: Set top and bottom margins to 25 mm, left margin to 18 mm and right margin to 12 mm. The column is 87 mm. The space between the two columns is 6 mm. Paragraph indentation is 4mm.

---

This footnote will be used only by the Editor and Associate Editors. The edition in this area is not permitted to the authors. This footnote must not be removed while editing the manuscript. Manuscript compiled at 19:04h, June 6, 2016.

**TABLE I**  
**Type Sizes**

Size (Points)	Style		
	Normal	Bold	Italic
8	Table texts		
9	Figure captions		
10	Authors' affiliations; main text; references	Abstract text; keywords, table captions	Abstract title and keywords title
12	Authors' names		
14	Paper title		

## II. ORGANIZATION OF THE PAPER

This section presents the main issues for editing the manuscript.

### A. General Organization

The papers that shall be published in the Brazilian Power Electronics Journal must contain the following main sections: 1) Title; 2) Authors and Affiliations; 3) Abstract and Keywords; 4) Introduction; 5) Body Text; 6) Conclusions; 7) References; 8) Biographies. This order must be respected, unless the authors add some items, such as: Nomenclature; Appendices and Acknowledgements.

Some comments regarding the main items of the manuscripts are presented below.

1) *Title*: The title of the paper should be as succinct as possible, stating the subject of the paper in a very clear manner. It should be centered at the top of the first page, in bold, type size 14 points, with the whole title in capital letters.

2) *Authors and affiliations*: Below the title (leaving one blank line), also centered, the name(s) of the author(s) must be included. The middle names may be abbreviated, but the first and last names must be written in their complete forms (type size 12 points). Immediately below the authors' names, their affiliations, with city, state and country, must be informed (type size 10 points). The electronic addresses must be informed just below the affiliations (type size 10 points).

3) *Abstract and keywords*: This part is considered one of the most important in the whole paper. It is based on information in Abstract and Keywords that technical papers are indexed and stored in databases.

The Abstract should have no more than 200 words, indicating the main ideas contained in the paper, as well as procedures and obtained results. The Abstract should not be confused with the Introduction and should not have any abbreviations, references, figures, etc. For writing the Abstract, as well as the whole manuscript, you should use passive voice, e. g., "... the experimental results show that..." instead of "... the results we obtained show that...". The word Abstract must be written both in italic and in bold. The Abstract text should be in bold.

Keywords are index terms that identify the main topics of the paper. The term Keywords must be both in italic and bold. The Keywords themselves should be in bold.

4) *Introduction*: The Introduction must prepare the reader for the paper he/she will read, including a historical overview of the subject and also presenting the main contributions of the paper. The Introduction must not be similar to the Abstract and it is the first section of the paper to be numbered as a section.

5) *Body text*: The authors must organize the body text in various sections, which should contain important information about the proposal of the paper, facilitating its comprehension for readers.

6) *Conclusions*: The conclusions should be as clear as possible, highlighting the importance of the paper in the respective research area. The advantages and disadvantages of the proposed subject should be clearly emphasized, as well as the obtained results and possible applications.

7) *References*: The citation of references throughout the text should appear between square brackets, just before the punctuation mark at the end of the sentence in which the reference is inserted. Only the number of the references should be used, avoiding citations such as "... according to the reference [2]...".

Papers that were accepted for publication, but were not published yet, should also be in the references along with the citation "in Press".

Papers from journals and conferences must begin with the name of the authors (initials followed by the last name), followed by the title, journal or conference name (in italic), number of volume, pages, month and year of publication.

Regarding books, following the name of the authors (initials followed by last name), the title should be in italic, and then should come the publisher, number of edition and place and year of publication.

At the end of these guidelines, there is an example of how the references should be inserted [1]–[8].

8) *Biographies*: The biographies of the authors should appear in the same order as in the beginning of the paper and should basically contain the following items:

- Full name (in bold and underlined);
- Place and year of undergraduation and graduation conclusions;
- Professional experience (Institutions and companies in which they have worked, number of patents obtained, areas of expertise, relevant scientific activities, scientific societies in which they are members, etc.).

In case additional items are used, such as Nomenclature, Appendices and Acknowledgements, the following instructions should be considered:

9) *Nomenclature*: The nomenclature consists of the definition of quantities and symbols used throughout the paper. Its inclusion is not mandatory and this item must not be numbered. If this item is included, it should precede the

Introduction. In case the authors do not include this item, the definition of quantities and symbols must occur during the text, right after they appear. In the beginning of these guidelines there is an example of this optional item.

*10) Acknowledgements and appendices:* The acknowledgements to any collaborators, as well as appendices, do not receive any numeration and should be at the end of the text, before the references. At the end of this text there is an example of this optional item.

On the last page of the paper, the authors should distribute the contents evenly, using both columns, in a way that both end in a parallel manner.

### B. Organization of the Sections of the Paper

The organization of the manuscript in titles and subtitles is important to divide it in sections, which help the reader to find subjects of interest in the paper. They also help the authors to develop their paper in an orderly form. The paper can be organized in primary, secondary and tertiary sections.

The primary sections are the titles of the actual sections. They are written in capital letters in the center of the column separated by a blank line above and another one below them, and sequential Roman numerals should be used.

The secondary sections are the subtitles of the sections. Just the first letter of each word of the section should be written with a capital letter. It should be located at the left part of the column being separated by a blank line above from the rest of the text. The designation of the secondary sections is done with letters in uppercase form, followed by a dot. They should be in italic.

The tertiary sections are subdivisions of the secondary sections. Only the first letter of the first word of the section should be a capital letter. The designation of the tertiary sections should be done with Arabic numerals, followed by parentheses. They should be in italic.

## III. OTHER INSTRUCTIONS

### A. Editorial Rules

For papers with multiple authors, it is necessary to inform the order of presentation of the authors and filling out the Copyright form at the iSOBRAEP portal, authorizing the publication of the paper.

The Brazilian Power Electronics Journal should be considered source of original publication. It reserves its right to make normative, spelling and grammatical modifications in the original files, but respecting the style of the authors. The final versions cannot be sent to the authors.

The published papers will become property of the Brazilian Power Electronics Journal, and its total or partial reprinting must be authorized by SOBRAEP.

Figures, tables and equations should follow the following guidelines.

### B. Figures and Tables

Tables and figures (drawings or pictures) should be inserted in the text right after they are mentioned for the first time, as long as they fit the size of the columns; if necessary, use the whole page. Figures resolution should be at least 300 dpi and

vector files should be preferably used for better print quality. Table captions should be above the tables and figure captions should be below the figures. The tables should have titles and they are designated by the word Table, being numbered in sequence by Roman numerals. Table captions must be centered and in bold.

Figures also need captions and they are designated by Figure in the text (Fig. in the caption itself), numbered with Arabic numerals in a sequenced manner, left- and right-justified, as shown in the example. The designation of the parts of a figure is done by adding lowercase letters to the numbers of the figures starting with the letter a, e.g. Figure 1(a).

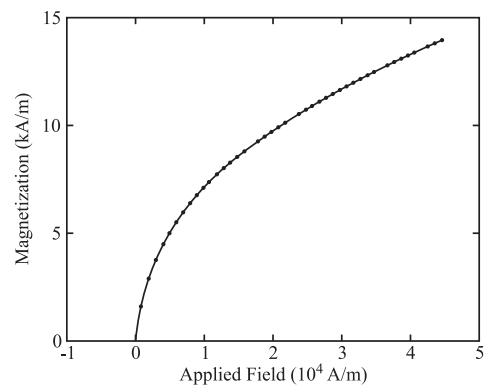


Fig. 1. Magnetization as a function of applied field. (Note that “Fig.” is abbreviated and there is a period after the figure number followed by two spaces.)

To better understand graphs, the definition of their axes should be done with words not letters, except when referring to waveforms and phase planes. The units should be between parentheses. For example, use the denomination “Magnetization (A/m)”, instead of “M (A/m)”.

Figures and tables should be positioned preferably in the beginning or the end of the column, avoiding putting them in the middle. Avoid tables and figures whose sizes exceed the size of the columns. The figures should preferentially be in black, with a white background, since the printed version of the journal is in black and white. Their lines should be thick, so the impression is readable.

### C. Abbreviations and Acronyms

Abbreviations and acronyms must be defined the first time they are used in the text, e.g. “... Pulse-Width Modulation (PWM)...”.

### D. Equations

Number equations consecutively with equation numbers in parentheses flush with the right margin, as in (1). The equations should be written in a compact form, centered in the column. If a nomenclature section is not included in the beginning of the text, the quantities should be defined right after the equation, such as:

$$\Delta I_L = I_o + \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{V_i}{Z} \quad (1)$$

where:

- $\Delta I_L$  - resonant inductor peak current;
- $I_o$  - load current;
- $V_i$  - source voltage;
- $Z$  - characteristic impedance.

#### IV. CONCLUSIONS

This paper was fully written in accordance with the guidelines for submissions of papers in English.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank John Doe for the collaboration of preparing this paper. This Project was financed by the CNPq (xxyzz process).

#### REFERENCES

- [1] C. T. Rim, D. Y. Hu, G. H. Cho, "Transformers as Equivalent Circuits for Switches: General Proof and D-Q Transformation-Based Analysis", *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 26, no. 4, pp. 832–840, July/August 1990.
- [2] E. A. Vendruscolo, J. A. Pomilio, "Motores de Indução Acionados por Inversores PWM-VSI: Estratégias para Atenuação de Sobreensões", *Eletrônica de Potência - SOBRAEP*, vol. 8, no. 1, pp. 49–56, Junho 2003.
- [3] S. A. González, M. I. Valla, C. H. Muravchik, "A Phase Modulated DGPS Transmitter Implemented with a CMRC", in *Proceedings of COBEP*, vol. 2, pp. 553–558, 2001.
- [4] N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins, *Power Electronics: converters, applications, and design*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y., 1995.
- [5] T. A. Lipo, M. D. Manjrekar, "Hybrid Topology for Multilevel Power Conversion", US Patent 6 005 788, 21 Dec. 1999.
- [6] *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*, IEEE Std. 519-1992, 1993.
- [7] SW Technologies, "SWDV Converter", [Online], 2001, URL: [www.sw.com.br](http://www.sw.com.br).
- [8] I. Barbi, *Etude de Onduleurs Autoadaptifs Destines a la Alimentation de Machines Assynchrones*, Ph.D. thesis, Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse, França, 1979.

## **ANEXO B – COMO EXIBIR O TAMANHO DA FONTE EM USO NA SAÍDA FINAL**

(encoding: T1, family: phv, series: m, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt)

1. How to display the font size in use in the final output, 2. How to display the font size in use in the final output, 3. How to display the font size in use in the final output,

**B.1 (ENCODING: T1, FAMILY: PHV, SERIES: M, SHAPE: N, SIZE: 12, BASELINE: 14.5PT, LINESPREAD: 1.241, LINESPACING: 17.99446PT)**

1. How to display the font size in use in the final output, 2. How to display the font size in use in the final output, 3. How to display the font size in use in the final output, 4. How to display the font size in use in the final output, 5. How to display the font size in use in the final output, 6. How to display the font size in use in the final output,

7. How to display the font size in use in the final output, 8. How to display the font size in use in the final output, 9. How to display the font size in use in the final output, 10. How to display the font size in use in the final output, 11. How to display the font size in use in the final output, 12. How to display the font size in use in the final output,

**B.1.1 (encoding: T1, family: phv, series: b, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt)**

1. How to display the font size in use in the final output, 2. How to display the font size in use in the final output, 3. How to display the font size in use in the final output, 4. How to display the font size in use in the final output, 5. How to display the font size in use in the final output, 6. How to display the font size in use in the final output,

7. How to display the font size in use in the final output, 8. How to display the font size in use in the final output, 9. How to display the font size in use in the final output, 10. How to display the font size in use in the final output, 11. How to display the font size in use in the final output, 12. How to display the font size in use in the final output,

**B.1.1.1 (encoding: T1, family: phv, series: m, shape: n, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt)**

1. How to display the font size in use in the final output, 2. How to display the font size in use in the final output, 3. How to display the font size in use in the final output, 4. How to display the font size in use in the final output, 5. How to display the font size in use in the final output, 6. How to display the font size in use in the final output,

7. How to display the font size in use in the final output, 8. How to display the font size in use in the final output, 9. How to display the font size in use in the final output, 10. How to display the font size in use in the final output, 11. How to display the font

size in use in the final output, 12. How to display the font size in use in the final output,

*B.1.1.1.1 (encoding: T1, family: phv, series: m, shape: it, size: 12, baseline: 14.5pt, linespread: 1.241, linespacing: 17.99446pt)*

1. How to display the font size in use in the final output, 2. How to display the font size in use in the final output, 3. How to display the font size in use in the final output, 4. How to display the font size in use in the final output, 5. How to display the font size in use in the final output, 6. How to display the font size in use in the final output, 7. How to display the font size in use in the final output,

8. How to display the font size in use in the final output, 9. How to display the font size in use in the final output, 10. How to display the font size in use in the final output, 11. How to display the font size in use in the final output, 12. How to display the font size in use in the final output,

Lipsum me [55-65]