

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
MESTRADO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO**

**Carlos Martins Ferreira**

**Serra circular de bancada: proposta de um sistema de segurança**

**Juiz de Fora  
2015**

**Carlos Martins Ferreira**

**Serra circular de bancada: proposta de um sistema de segurança**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, área de concentração em Gestão do ambiente construído, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ambiente Construído.

Orientador: Prof. D.Sc. Marcos Martins Borges

Co-orientadora: Prof<sup>ª</sup>. D.Sc. Maria Aparecida Steinherz Hippert

**Juiz de Fora  
2015**

**Carlos Martins Ferreira**

**Serra circular de bancada: proposta de um sistema de segurança**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, área de concentração em Gestão do ambiente construído, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ambiente Construído.

Aprovada em 04 de agosto de 2015

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Marcos Martins Borges - Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Aparecida Steinherz Hippert - Co-orientadora  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dr. José Alberto Barroso Castañon  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery  
Universidade Federal de Minas Gerais

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais Nilson Martins Ferreira (in memorian) e Olívia de Almeida Martins pela educação, formação, apoio e incentivo que sempre me proporcionaram, sendo fundamental para a realização dos meus ideais.

Aos meus irmãos Ronaldo, Nídia, Renato, Cláudia e Fernando pela compreensão da importância desse projeto em minha vida profissional e pelo apoio por ter me ausentado do convívio familiar no período do mestrado.

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus por estar sempre presente em minha vida, orientando e iluminando o meu caminho.

Ao meu orientador Marcos Martins Borges e à co-orientadora Maria Aparecida Steinerz Hippert pela orientação, disponibilidade, motivação, paciência, apoio incondicional e ensinamentos profissionais, pelos quais tenho muita admiração e respeito.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio por meio da bolsa de incentivo ao desenvolvimento da pesquisa.

À Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído (PROAC) pela oportunidade de cursar o mestrado, utilizando os laboratórios, funcionários e pelo suporte a essa pesquisa e também à Fundação Centro Tecnológico de Juiz de Fora pela aquisição de equipamentos para realização da pesquisa.

Ao Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais pelo apoio para cursar as disciplinas desse programa de mestrado.

Agradeço aos membros da banca examinadora Marcos Martins Borges, Maria Aparecida Steinerz Hippert, Paulo Roberto Pereira Andery e José Alberto Barroso Castañon pela disponibilidade e contribuições para a pesquisa.

Agradeço a todos os professores e funcionários do PROAC pelos conhecimentos e convívio prazeroso no andamento da pesquisa.

Aos professores Marcos Martins Borges, Maria Aparecida Steinerz Hippert, José Alberto Barroso Castañon e Maria Tereza Gomes Barbosa pelas parcerias realizadas que resultaram na publicação de artigos relacionados com essa pesquisa.

Aos técnicos Marcos Victor Gomes Ribeiro da Silva do laboratório de automação mecânica e Guilherme Pires Carneiro de Miranda do laboratório de processos pelo empenho e valiosa contribuição.

Agradeço às construtoras e carpinteiros que participaram e contribuíram com as informações que embasaram o resultado da pesquisa.

Aos colegas de mestrado, pelo agradável convívio e pela solidariedade, tornando essa tarefa prazerosa e leve, especialmente à Carina pelas contribuições.

Agradeço a todos com quem convivi no período do mestrado, e que de alguma forma contribuíram para a conclusão dessa etapa na minha vida.

Enfim a todos, o meu sincero MUITO OBRIGADO!

*”O grande desafio do Ser Humano é combinar trabalho com cuidado. Eles não se opõem, mas se compõem. Limitam-se mutuamente e ao mesmo tempo se complementam. Juntos, constituem a integralidade da experiência humana...”*

(Leonardo Boff)

## RESUMO

O Anuário Estatístico da Previdência Social (2013) publicou o registro de acidentes típicos de trabalho, apontando que as partes do corpo mais atingidas foram os ferimentos e fraturas do punho e da mão, totalizando juntos 16,5 % dos acidentes registrados no Brasil, fato recorrente desde o ano de 2007. Nesse sentido o objetivo da pesquisa é propor um sistema de segurança afim de proteger as mãos dos operadores da serra circular de bancada. Para isto, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o uso da madeira na construção, aspectos legais e culturais da segurança no trabalho e desenvolvimento de produto. Na pesquisa utilizou-se a metodologia estruturada de desenvolvimento do produto dos autores Ulrich e Eppinger, com algumas adaptações, seguindo os passos do planejamento e do desenvolvimento do produto. No planejamento realizou-se um *check-list* das condições de segurança na operação da serra circular para identificar as oportunidades do mercado e planejar o produto. No desenvolvimento do produto levantou-se as necessidades dos clientes (carpinteiros) que operam as serras em obras na cidade de Juiz de Fora (MG). Com as respostas obtidas, foram definidas as especificações alvo do produto, possibilitando a criação de conceitos, o ranqueamento e a escolha do melhor conceito a ser desenvolvido. Um protótipo do sistema de segurança foi idealizado, instalando um sensor de presença infravermelho na coifa protetora e um freio que provoca a parada do motor da serra que foram interligados por meio de contadores. No teste do sistema foram utilizados um tacômetro e um osciloscópio digital para a aquisição de dados. O teste simulou a aproximação da mão do operador de encontro à zona de detecção do sensor de presença. Os resultados obtidos indicam como menor tempo de parada total do sistema de 100 milésimos de segundo e com este tempo calculou-se a distância de segurança para fixar o sensor de presença. Conclui-se que é necessário inovar a serra circular de bancada com um sistema de segurança eficiente e eficaz para aumentar a segurança dos operadores, e que a metodologia adotada, por ser um modelo genérico, permitiu a sua adaptação ao desenvolvimento do produto dessa pesquisa acadêmica e também proporcionou um ponto de partida para melhorias contínuas.

**Palavras-chave:** Sistema de segurança. Serra circular de bancada. Sensor de presença.

## ABSTRACT

The Statistical Yearbook of Social Safety Insurance (2013) published the registry of typical labor accidents presenting that the most affected parts of the body were injuries and fractures on wrists and hands, together totaling 16.5% of the accidents recorded in Brazil, a recurring fact since 2007. In this sense, the aim of this research is to propose a safety system in order to protect the hands of circular bench saw operators. For this, a literature review on wood use on civil construction was carried out, legal and cultural aspects of labor safety and product development were also studied. In this research we used the structured methodology of product development idealized by the authors Ulrich and Eppinger with some adjustments, following the steps of planning and developing product. In the planning phase we developed a checklist of safety conditions in the circular saw operation in order to identify market opportunities and also to plan the product. In the product development phase we identified the consumer's (carpenters) requirements of those who operates circular saws on civil construction in the city of Juiz de Fora (MG). With the responses obtained, we defined the specifications of the product, enabling concepts creation, as well as ranking and choosing the best concept to be developed. A safety system prototype was designed, in which was installed an infrared presence sensor in the protective hood along with a break that stop the saw motor, which were interconnected by contactors. In the system test we used a tachometer and a digital oscilloscope for data acquisition. The test simulated the operator's hand approach in the presence sensor detection zone. The results showed that the shorter time for stopping the whole system was 100 milliseconds. We use this time to calculate the safety distance for placing the presence sensor. We concluded that it is necessary to innovate the circular bench saw with an efficient and effective safety system to increase the operators safety. It was also concluded that the methodology adopted, for configuring a generic model, allowed its own adaptation to the product development proposed by this academic research, providing a starting point for continuous improvements.

**Keywords:** Safety Security. Circular Bench Saw. Presence Sensor.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma da metodologia da pesquisa .....	21
Figura 2	Serradores .....	25
Figura 3	Desenho da serra circular segundo a Norma Brasileira .....	38
Figura 4	Desenho da serra circular segundo a Norma Inglesa .....	39
Figura 5	Detalhe da Saw Guard (coifa protetora) segundo a Norma Inglesa .....	39
Figura 6	Principais Fases do PDP segundo Ulrich e Eppinger .....	56
Figura 7	Etapas de Desenvolvimento do Conceito de Ulrich e Eppinger .....	60
Figura 8	Tacômetro Modelo CM 9100 IV .....	82
Figura 9	Osciloscópio Modelo TBS1062 .....	82
Figura 10	Esquema dos equipamentos utilizados no teste para a aquisição de dados ..	84
Figura 11	Detalhe do protótipo do sistema de segurança - visão espacial .....	88
Figura 12	Detalhe do protótipo do sistema de segurança - visão lateral .....	88

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Contribuintes empregados no Brasil e na construção em 2013 .....	27
Gráfico 2	Acidentes típicos no Brasil e na construção em 2013.....	28
Gráfico 3	Partes do corpo mais atingidas no Brasil em 2013 .....	29
Gráfico 4	Outras consequências de acidentes do trabalho no Brasil em 2013 .....	29
Gráfico 5	Participação percentual do número de empresas que implementaram inovações, por atividades da indústria, por tipo de inovação Brasil - período 2006-2008 .....	46
Gráfico 6	Ciclo de vida de um produto - fases: vendas e lucros .....	51
Gráfico 7	Os dispositivos de acionamento e parada/dispositivo empurrador e guia de alinhamento .....	62
Gráfico 8	Coletor de serragem .....	62
Gráfico 9	Acidentes na operação da serra circular de bancada .....	66
Gráfico 10	Uso de equipamento de proteção individual .....	66
Gráfico 11	Coifa de proteção abaixada .....	67
Gráfico 12	Dispositivo empurrador .....	67
Gráfico 13	Maior perigo na operação da serra circular .....	67
Gráfico 14	Razões para não utilizar a coifa protetora .....	68
Gráfico 15	Conhecimento dos sistemas de regulagem da coifa protetora .....	68
Gráfico 16	Melhor sistema de regulagem .....	68
Gráfico 17	Atitude quando está cortando um pedaço de madeira pequeno, com suas mãos próximas ao disco da serra circular .....	69
Gráfico 18	Importância de aspectos na operação da serra circular de bancada .....	69
Gráfico 19	Aquisição de dados com o uso da ponte retificadora e o relê do sensor .....	85

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Classificação do porte das empresas por número de funcionários .....	22
Quadro 2	Classificação dos principais riscos ocupacionais em grupos, de acordo com a sua natureza .....	35
Quadro 3	Tipos de produtos e suas características.....	48
Quadro 4	Influência do projeto na competitividade do produto .....	49
Quadro 5	Influência do projeto na percepção dos consumidores nas diversas etapas de compra e uso do produto .....	50
Quadro 6	Resumo das características, dos objetivos e das estratégias de marketing referentes ao ciclo de vida do produto .....	51
Quadro 7	Classificação de métodos de desenvolvimento de produtos .....	53
Quadro 8	Modelo de PDP proposto por ULRICH e EPPINGER (2012) .....	57
Quadro 9	Tarefas da etapa do desenvolvimento do conceito .....	58
Quadro 10	Escopo do esforço .....	64
Quadro 11	Necessidades dos clientes e importância relativa .....	72
Quadro 12	Necessidades dos clientes versus Especificações alvo .....	75
Quadro 13	Conceitos gerados e seus componentes .....	77
Quadro 14	Matriz de avaliação e seleção de conceitos .....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Matriz de avaliação dos riscos .....	43
Tabela 2	Quantitativo de contrutoras e entrevistados válidos, não válidos e total .....	65
Tabela 3	Especificações alvo .....	74
Tabela 4	Critério de desempenho versus pontuação .....	79
Tabela 5	Matriz de seleção .....	80

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEPS	Anuário Estatístico da Previdência Social
AOPD	<i>Active Opto-electronic Protective Device</i>
APR	Análise Preliminar de Riscos
CAT	Comunicação de Acidente do Trabalho
CBO	Classificação Brasileira de Ocupações
CPD	Central de Processamento de Dados
CID	Classificação Internacional de Doenças
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CTPS	Carteira de Trabalho e Previdência Social
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
ESPS	<i>Electro-sensitive protective Systems</i>
KGF	Kilograma força
GS/s	Giga amostras por segundo
MHz	Megahertz
mm	Milímetros
mms <sup>-1</sup>	Milímetros por segundo
ms	Milisegundos
Min.	Minutos
MPS	Ministério da Previdência Social
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira Recomendada
NR	Norma Regulamentadora
OS	Ordem de Serviço
Pç	Peças
PCMAT	Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção
PINTEC	Pesquisa de Inovação Tecnológica
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PDP	Processo de desenvolvimento de produto

Rpm	Rotações por minuto
Seg.	Segundos
Subj.	Subjetivo
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Médias Empresas
SESI	Serviço Social da Indústria
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
SST	Segurança e Saúde no Trabalho
SUS	Sistema Único de Saúde
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
$\Delta t$	Tempo de parada total do sistema

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	16
1.2	JUSTIFICATIVA .....	16
1.3	OBJETIVOS .....	18
1.4	METODOLOGIA .....	19
1.5	DELIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	21
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	23
<b>2</b>	<b>PREVENÇÃO DE ACIDENTES DO TRABALHO: CARPINTARIA</b> .....	<b>24</b>
2.1	O USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	24
<b>2.1.1</b>	<b>Histórico</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Técnicas de construção</b> .....	<b>25</b>
2.2	ESTATÍSTICA DE ACIDENTES DO TRABALHO .....	26
2.3	SEGURANÇA NO TRABALHO .....	30
<b>2.3.1</b>	<b>Aspectos legais</b> .....	<b>30</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Aspectos culturais</b> .....	<b>32</b>
2.4	RISCOS LABORAIS NA OPERAÇÃO DA SERRA CIRCULAR .....	34
2.5	MEDIDAS DE PROTEÇÃO NO USO DA SERRA CIRCULAR .....	35
<b>2.5.1</b>	<b>Qualificação</b> .....	<b>36</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Equipamentos de proteção coletiva</b> .....	<b>37</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Equipamentos de proteção individual</b> .....	<b>40</b>
<b>2.5.4</b>	<b>Treinamento</b> .....	<b>41</b>
<b>2.5.5</b>	<b>Sinalização</b> .....	<b>42</b>
<b>2.5.6</b>	<b>Análise preliminar de riscos</b> .....	<b>42</b>
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO</b> .....	<b>44</b>
3.1	INOVAÇÃO DE PRODUTOS .....	44
3.2	A INFLUÊNCIA DA COMPETITIVIDADE NO PROJETO DO PRODUTO ....	48
3.3	CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS .....	50
3.4	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO .....	51
3.5	MODELOS DE PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO .....	53
3.6	MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ULRICH-EPPINGER .	55
<b>3.6.1</b>	<b>Passos adotados da metodologia Ulrich e Eppinger</b> .....	<b>57</b>

3.6.1.1	<i>Passo 0 - Planejamento</i> .....	57
3.6.1.2	<i>Passo 1 - Desenvolvimento de conceito</i> .....	58
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E AVALIAÇÕES</b> .....	<b>61</b>
4.1	PLANEJAMENTO - PASSO 0 (ZERO) .....	61
<b>4.1.1</b>	<b>Identificando as oportunidades</b> .....	<b>61</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Planejamento do produto</b> .....	<b>63</b>
4.2	DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO - PASSO (UM) .....	63
<b>4.2.1</b>	<b>Levantamento das necessidades dos clientes</b> .....	<b>63</b>
4.2.1.1	<i>Definir o escopo do esforço</i> .....	63
4.2.1.2	<i>Coletar os dados brutos dos clientes</i> .....	64
4.2.1.3	<i>Organizar as necessidades dos clientes e sua importância relativa</i> .....	71
4.2.1.4	<i>Refletir sobre resultados e processos</i> .....	73
<b>4.2.2</b>	<b>Estabelecimento das especificações alvo</b> .....	<b>73</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Criação do conceito</b> .....	<b>74</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Escolha do conceito</b> .....	<b>75</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Teste do conceito</b> .....	<b>81</b>
4.2.5.1	<i>Equipamentos utilizados na aquisição de dados</i> .....	81
4.2.5.2	<i>Descrição do teste para aquisição de dados</i> .....	83
4.2.5.3	<i>Cálculo da distância de segurança</i> .....	86
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>89</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>91</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>96</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>106</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A construção civil é um setor onde existem muitos riscos laborais, necessitando de muitos investimentos na prevenção de acidentes do trabalho para o estabelecimento de avanços sociais, especialmente nos aspectos de segurança, saúde, bem-estar e qualidade de vida dos seus trabalhadores. Dentre os serviços existentes no processo da construção civil, destaca-se a carpintaria por realizar o corte de madeiras que serão utilizadas na confecção de fôrmas para moldar peças estruturais da edificação.

Muitos são os riscos na operação da serra circular, onde o carpinteiro que opera este equipamento coloca em risco a sua integridade física, expondo suas mãos na zona de perigo do equipamento. As estatísticas de acidentes do trabalho registram altos índices e demonstram que a parte do corpo mais atingida é a mão (BRASIL, 2014). Os aspectos legais obrigatórios sobre segurança e medicina do trabalho contém muitas medidas de proteção coletiva e individual, como os treinamentos aos trabalhadores e os programas para a gestão da prevenção de acidentes na construção (BRASIL, 2013f). Porém, os aspectos culturais, ainda presentes em muitas empresas do setor de construção no Brasil, também contribuem para o aumento dos acidentes do trabalho (SAURIN, 2000; OLIVEIRA, 2003; LIMA JÚNIOR, 2005).

Nesse contexto, as inovações tecnológicas visando aumentar a proteção das mãos do operador da serra circular são necessárias. Utilizando-se uma metodologia de desenvolvimento estruturada de produto buscou-se levantar a percepção dos carpinteiros sobre as atuais condições de trabalho e as melhorias na segurança da operação do equipamento. Os dados foram obtidos por meio de levantamento das necessidades dos clientes, buscando-se estabelecer especificações do produto, criar e escolher conceitos e por fim testar o conceito escolhido nos aspectos de eficiência e eficácia.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Verifica-se que a partir de um ponto de vista no nível Nacional, nos últimos anos a indústria da construção civil foi um dos setores da economia que obteve maior crescimento. Os programas voltados especificamente para a habitação e a realização de grandes obras para

o desenvolvimento do país contribuíram para o aquecimento do mercado, criando vagas de empregos em diversas áreas.

Isto leva à necessidade de modernização dos métodos e das máquinas utilizadas nos diversos serviços incluindo o corte de madeira, com a finalidade de torná-las mais seguras e dessa forma reduzir os acidentes de trabalho que atingem os carpinteiros que operam a serra circular de bancada e portanto contribuir na redução dos gastos do governo federal com os benefícios acidentários, possibilitando a aplicação de verbas federais em outras áreas.

No Brasil, foi publicada em 1977, a Lei 6.514 regulamentando a segurança e medicina do trabalho, e em 1978 foi publicada a Portaria 3.214 que contém as Normas Regulamentadoras (NR) que regulamentam as ações de prevenção de acidentes e doenças do trabalho no país, ambas norteando a gestão da prevenção de acidentes e doenças do trabalho.

Embora exista uma legislação específica com regulamentações contendo as responsabilidades do governo, dos empregadores e dos trabalhadores na busca de práticas voltadas para a redução dos acidentes do trabalho, as estatísticas de acidentes do trabalho ainda são altas.

Analisando as estatísticas de acidentes do trabalho, partindo do nível Nacional até uma abordagem local, muito há de ser feito pra reduzir os acidentes do trabalho.

Em Brasil (2014), o Ministério da Previdência Social (MPS) publicou, em novembro de 2014, o Anuário Estatístico da Previdência Social (AEPS) com as estatísticas de acidentes de trabalho ocorridas em 2013. Comparado com o ano de 2012, o número total de acidentes de trabalho registrados no Brasil teve acréscimo de 0,55%. O total de acidentes típicos registrados com Comunicação de Acidente do Trabalho (CAT) aumentou em 1,4% de 2013 em relação a 2012. Do total de acidentes registrados, os acidentes típicos representaram 77,32%; os de trajeto 19,96% e as doenças do trabalho 2,72%. Já no setor da construção foram registrados 48.509 acidentes do trabalho, sendo 40.465 acidentes típicos e 334 óbitos, correspondendo a 11,94 % do total de óbitos registrados no Brasil. As estatísticas de acidentes do trabalho no setor da construção civil demonstram números crescentes motivados por várias razões. Dentre as partes do corpo mais atingidas período de 2013 a 2007, destacam-se os ferimentos do punho e da mão e as fraturas ao nível do punho e da mão, que juntos são maioria nos acidentes registrados (BRASIL, 2014).

A partir desse cenário, ao nível estadual observa-se que no Estado de Minas Gerais, foram registrados 57.694 acidentes de trabalho em 2013, sendo que 46.786 foram acidentes típicos e destes 5.598 ocorreram na construção civil (BRASIL, 2014).

Por fim, em uma abordagem local, é interessante a observação de alguns aspectos. Na cidade de Juiz de Fora - MG, os acidentes de trabalho registrados em 2013 aumentaram em 0,89% em relação ao ano anterior. Do total de 2.163 acidentes do trabalho registrados em 2013, 1.632 foram acidentes típicos e ocorreram 08 óbitos, porém não foi possível identificar o número de óbitos na construção, conforme os dados publicados no AEPS (BRASIL, 2014).

No Seminário de Prevenção de Acidentes de Trabalho realizado pelo Tribunal Superior do Trabalho, o economista José Pastore, pesquisador da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, professor da Universidade de São Paulo (USP) e consultor em relações do Trabalho e Recursos Humanos, informou que o custo total dos acidentes de trabalho é de aproximadamente R\$ 71 bilhões/ano. Este valor é subestimado e representa cerca de 9% da folha salarial anual dos trabalhadores do setor formal no Brasil, que é da ordem de R\$ 800 bilhões. Este montante poderia ser reduzido e investido em outras áreas como educação, saúde, saneamento, estradas, melhorando a qualidade de vida da população (REVISTA CONSULTOR JURÍDICO, 2011).

Estes dados confirmam a necessidade de que medidas de proteção mais eficazes devem ser tomadas para proteger os trabalhadores, que expõe suas mãos/punhos na zona de perigo das máquinas, inclusive os carpinteiros de forma quando operam as serras circulares, garantindo a sua integridade física e a continuidade do trabalho.

### 1.3 OBJETIVOS

A pesquisa tem como objetivo principal propor um sistema para aumentar a segurança na operação de corte de madeira na serra circular de bancada, com base em metodologia estruturada para o desenvolvimento de produtos. Neste contexto enumeram-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Verificar se as atuais condições de trabalho (medidas de prevenção individual e coletiva, treinamento e sinalização implantadas nos serviços de carpintaria) estão em conformidade com as normas regulamentadoras em obras na cidade de Juiz de Fora - Minas Gerais.
- b) Levantar a percepção dos carpinteiros sobre aspectos relacionados com a operação da serra circular de bancada.

## 1.4 METODOLOGIA

Nesta pesquisa utilizou-se a metodologia científica abordando diversos assuntos relacionados à pesquisa que tem como características ser uma pesquisa exploratória, descritiva, qualitativa e aplicada. Desta forma, de acordo com Prodanov e Freitas (2013), Gil (2010), Robson (2002) e Yin (2001), a pesquisa é classificada como:

Em relação aos fins da pesquisa, é classificada como exploratória, pois tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores, utilizando como instrumento as fontes bibliográficas (GIL, 2010); também é uma pesquisa descritiva, pois tem a intenção de descrever uma intervenção e o contexto na vida real em que ela ocorre, utilizando como instrumento os levantamentos por meio de questionário, entrevista e formulário (YIN, 2001). Na pesquisa o caráter exploratório está presente na Etapa 1 e o caráter descritivo na Etapa 2, no passo planejamento - identificação das oportunidades.

Sob o ponto de vista da forma de abordagem do problema é uma pesquisa qualitativa, que conforme Robson (2002), este tipo de pesquisa considera a existência de uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito. Corroborando, Prodanov e Freitas (2013) classificam a pesquisa qualitativa pela existência de um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito, não podendo ser traduzido em números e portanto não requerendo o uso da estatística. Nesse tipo de pesquisa o trabalho de campo é mais intensivo onde o pesquisador mantém contato direto com o ambiente e o objeto de estudo em questão, não havendo manipulação intencional nas questões estudadas no ambiente, pois este é fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Os dados coletados nessas pesquisas são descritivos, procurando retratar a realidade em estudo e suas características. Na pesquisa isto foi aplicado por meio de levantamento das condições de trabalho onde são realizados os serviços de carpintaria das obras do universo da pesquisa na etapa 2.

Quanto à sua natureza, a pesquisa é aplicada, pois segundo Prodanov (2013) tem o objetivo de gerar produtos e/ou processos com finalidades imediatas, utilizando conhecimentos gerados pela pesquisa básica e tecnologias existentes, para aplicação prática afim de solucionar problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais, que está previsto na Etapa 2 desse trabalho. A seguir estão descritas as 02 etapas da pesquisa.

Com relação ao universo da pesquisa, foram utilizadas amostras por acessibilidade ou por conveniência, que segundo Prodanov e Freitas (2013), é recomendado para estudos

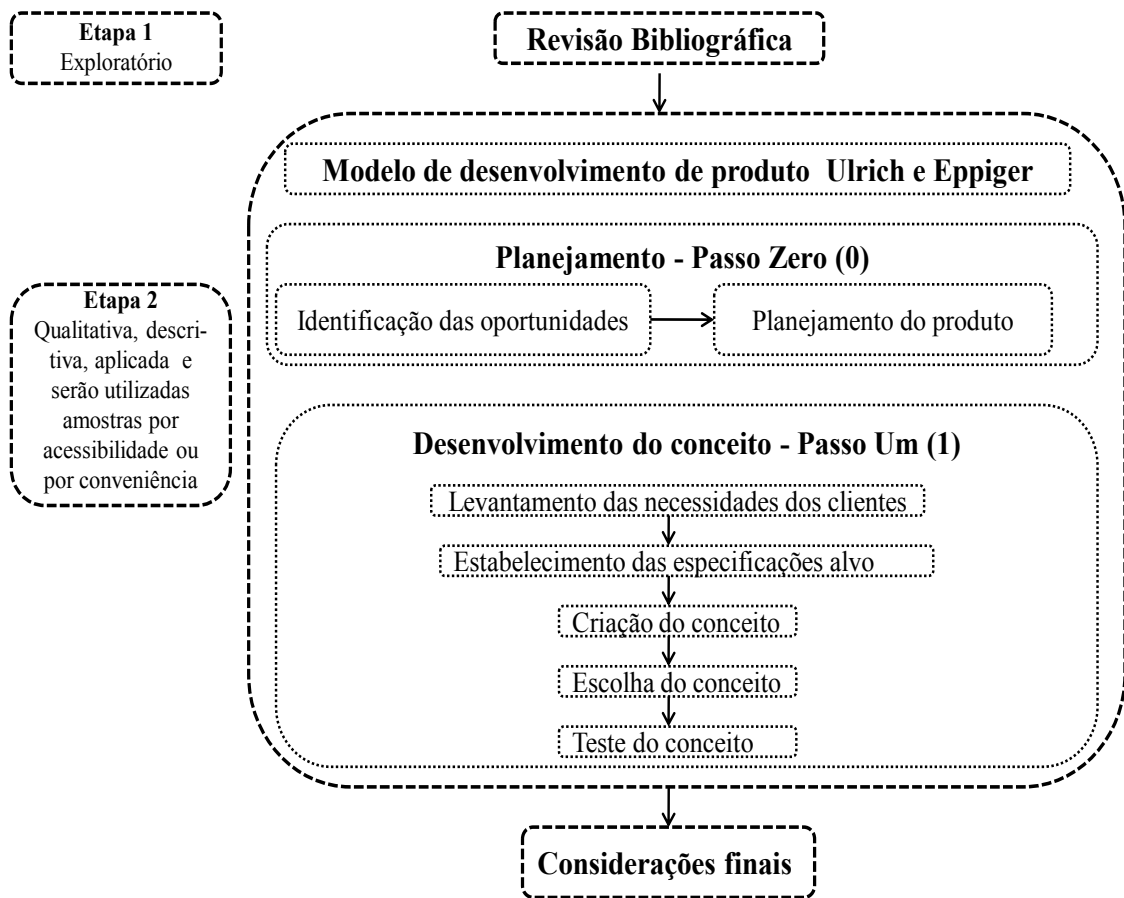
exploratórios ou qualitativos, onde não é requerido elevado nível de precisão. Sendo assim, o pesquisador seleciona os elementos a que tem acesso, neste estudo representado pelas obras e seus carpinteiros, admitindo que esses possam, de alguma forma, representar o universo, utilizado na etapa 2.

Etapa 1: Revisão bibliográfica de caráter exploratório referente ao tema, abordando o uso da madeira em construções e as técnicas de construção em madeira no Brasil. O tema seguinte é sobre prevenção de acidentes do trabalho na carpintaria abordando as estatísticas de acidentes do trabalho no Brasil e na construção (Apêndice A). Logo após, tratou-se dos aspectos legais e culturais da segurança e saúde no trabalho. Descreveu-se então os riscos laborais presentes na operação da serra circular. Em seguida abordou-se as medidas de proteção no uso da serra circular de bancada envolvendo a qualificação do operador, equipamentos de proteção coletiva e individual, treinamento, sinalização e técnica de análise de riscos. Finalizando com o estudo sobre aspectos referentes ao desenvolvimento de conceito produto, modelos de processo de desenvolvimento de produto e o modelo de desenvolvimento de produto dos autores Ulrich e Eppinger.

Etapa 2: Utilização da metodologia estruturada de desenvolvimento do produto dos autores Ulrich e Eppinger para propor melhorias visando aumentar a segurança na operação da serra circular de bancada. Esses autores estruturaram a metodologia em 06 passos que são Planejamento (0), Desenvolvimento do Conceito (1), Projeto dos sistemas (2), Projeto Detalhado (3), Teste e Refinamento (4) e Iniciar a Produção (5). Nesta pesquisa desenvolveu-se dois passos que foram: Planejamento (0) cujas fases são a identificação das oportunidades e planejamento propriamente dito. Para identificar as oportunidades, verificou-se por meio de *check-list*, conforme o Apêndice B, se as medidas de prevenção individual, coletiva, treinamento e sinalização implantadas nos serviços de carpintaria estavam em conformidade com as normas regulamentadoras nas obras pesquisadas.

No passo (1), que é o Desenvolvimento do Conceito, onde a metodologia contempla as fases de identificação das necessidades dos clientes, realizou-se um levantamento junto aos carpinteiros que operam a serra circular conforme o Apêndice C. As demais etapas da metodologia (estabelecimento e especificações iniciais; análise de produtos concorrentes; geração de conceitos de produto; seleção e teste de conceitos) foram desenvolvidas a partir do levantamento citado anteriormente.

Figura 1 - Fluxograma da metodologia da pesquisa



Fonte: AUTOR

## 1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

As delimitações da pesquisa envolvem os aspectos referentes à localização das obras, ao universo da pesquisa, ao sistema de fôrmas, ao serviço analisado, ao porte da obra em relação à quantidade de funcionários, à metodologia para o desenvolvimento do produto utilizada e por último ao sistema de proteção.

Em relação à localização das obras, foram visitadas obras localizadas na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais.

Em relação ao universo da pesquisa, inicialmente aplicou-se um pré-teste do Levantamento das necessidades dos clientes (Apêndice C), em 03 construtoras, envolvendo 12 carpinteiros que operam a serra circular, tomando-se o cuidado de verificar a compreensão e a linguagem do texto nas questões, as opções de respostas e contribuições dos participantes para melhorar a estrutura do Levantamento. Após as adaptações, elaborou-se o Levantamento

definitivo onde participaram 07 construtoras, sendo que 03 construtoras com obras na Universidade Federal de Juiz de Fora e 04 construtoras que atuam em obras da iniciativa privada na cidade de Juiz de Fora.

Em relação ao sistema de fôrmas, foram visitadas as obras que utilizam o sistema tradicional operando em plena produção.

Em relação ao porte da obra, esta pesquisa baseou-se no critério do número de funcionários, do Serviço Brasileiro de Apoio as Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) do Estado de Santa Catarina, conforme o Quadro 1 (SEBRAE, 2014). Enquadrou-se também as empresas com obrigatoriedade do cumprimento da norma regulamentadora 18, que regulamenta a obrigatoriedade da elaboração e implantação do Programa de condições e meio ambiente do trabalho na indústria da construção (PCMAT), em obras com mais de 20 funcionários (BRASIL, 2013g). Então a pesquisa foi realizada em empresas pequenas com o efetivo pessoal variando de 20 a 99 funcionários.

Quadro 1 - Classificação do porte das empresas por número de funcionários

<b>Porte de empresas brasileiras número de funcionários</b>	<b>Tamanho relativo</b>
De 1 a 19	Micro empresa
De 20 a 99	Pequena empresa
De 100 a 499	Média empresa
Mais de 500	Grande empresa

Fonte: SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, 2014

Outra limitação da pesquisa refere-se ao serviço de carpintaria, observando somente a operação da serra circular de bancada no corte de madeiras, não levando em consideração as operações de montagem e desmontagem da fôrma na estrutura.

Na metodologia para o desenvolvimento do produto utilizada foram feitas adaptações por se tratar de um trabalho de nível acadêmico e devido ao limitado prazo, onde não foi possível desenvolver todas as etapas contempladas da metodologia adotada. A pesquisa contou com a infraestrutura dos laboratórios da faculdade de engenharia e também da equipe de desenvolvimento, que além do autor e do orientador, contou com a contribuição dos técnicos responsáveis do laboratório de automação mecânica e do laboratório de processos, para a produção do protótipo e realização de testes.

Por último a pesquisa limitou-se a estudar um sistema de proteção coletiva do disco da serra circular (coifa protetora), que tem por finalidade proteger as mãos do operador da zona de perigo do disco de corte.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho tem o seu conteúdo disposto em cinco capítulos. O primeiro, introdução, contendo informações referentes às considerações iniciais, contextualizando o tema de forma geral, seguido da justificativa do assunto escolhido, objetivos, a metodologia adotada, delimitações da pesquisa e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo é uma revisão da literatura sobre o uso da madeira na construção civil contendo o histórico e as técnicas de construção utilizando a madeira. Também neste capítulo estão os dados estatísticos sobre acidentes do trabalho da construção civil, aspectos legais (Normas) e culturais da segurança e saúde no trabalho praticados no Brasil, os riscos laborais na operação da serra circular e as medidas de proteção no uso da serra circular de bancada (qualificação do carpinteiro, equipamentos de proteção coletiva (EPC), equipamentos de proteção individual (EPI), treinamento, sinalização e análise preliminar de riscos (APR).

O terceiro capítulo contempla as referências sobre desenvolvimento do conceito de produto, incluindo temas sobre a inovação de produtos e suas formas, tópicos da competitividade que influenciam no projeto do produto, ciclo de vida dos produtos, sobre modelos de processo de desenvolvimento de produto e finalizando com o modelo de desenvolvimento de produto dos autores Ulrich e Eppinger abrangendo os seus passos e etapas.

No quarto capítulo estão os resultados e avaliações onde foram desenvolvidos os passos da metodologia dos autores Ulrich e Eppinger contemplando: inicialmente, no Passo 0 (Zero) - Planejamento, onde desenvolveu-se as etapas da identificação das oportunidades e o planejamento do produto; em seguida desenvolveu-se o Passo 1 (Um) - Desenvolvimento do produto com as etapas seguintes: necessidades dos clientes (definir o escopo do esforço, coletar os dados brutos dos clientes, organizar as necessidades dos clientes e sua importância relativa e refletir sobre resultados e processos); seguindo-se das etapas sobre estabelecimentos das especificações alvo, criação do conceito, escolha do conceito e finalizando com o teste do conceito do produto objeto dessa pesquisa.

No quinto capítulo são apresentadas as considerações finais, contendo as conclusões referentes ao estudo e sugestões para trabalhos futuros.



## **2 PREVENÇÃO DE ACIDENTES DO TRABALHO: CARPINTARIA**

### **2.1 O USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

#### **2.1.1 Histórico**

Conforme Pelegrini e Hoffmann (2009), o uso da madeira em construções teve início nos primórdios da humanidade, sendo o primeiro material trabalhado pelo homem em seus abrigos, após habitarem as cavernas nas rochas. Isoladamente ou combinada com a palha, a pedra, o ferro e o barro, a madeira se constituiu em uma das matérias-primas mais essenciais para a humanidade. Nas tribos, os abrigos possuíam simples armações de ramos ou pequenos troncos cobertos com folhas, ervas ou cascas de árvores. No Extremo Oriente, a madeira foi utilizada por sua leveza, com encaixes frágeis, mas capaz de suportar os terremotos que aconteciam com frequência.

Meirelles (2007), afirma que os primeiros relatos das técnicas de construção em madeira na China, datam do período de 960 -1270, durante a dinastia Sung. Lá os construtores chineses documentavam, através de desenhos, as técnicas de construção em madeira. A construção chinesa trabalhava com elementos de vigas e pilares unidos por encaixes com grande precisão geométrica. No Japão, as técnicas construtivas chinesas foram aperfeiçoadas por serem exímios carpinteiros e marceneiros. Na Europa, foi imenso o número de construções em madeira devido à grande quantidade de bosques de coníferas. Desta forma, a utilização da madeira é uma atividade de extrema importância ao longo da história, pois que é prova e testemunha da busca pelo domínio do homem sobre a natureza e sobre a técnica. Pode-se dizer que culturas inteiras foram erigidas sobre a apropriação humana dos diferentes usos da madeira. E a técnica de construir neste material pode ilustrar o desenvolvimento econômico, social e cultural de uma dada sociedade. No Brasil, os indígenas com suas construções primitivas e rústicas são os primeiros registros da utilização deste material. Neste período, era pequena a quantidade de árvores derrubadas, bem como a área onde acontecia a derrubada, o suficiente para as aldeias se instalarem e cultivarem a terra. A ocupação territorial e as consequências da exploração da madeira somente se modificaram, e drasticamente, a partir da fixação portuguesa. A extração da madeira era atividade econômica altamente rentável, ou seja, o principal produto de exportação. Além do valor econômico da madeira para exportação, o europeu afixado transformava o meio trabalhando a madeira. A

arquitetura era fundamentalmente desenvolvida com a utilização da madeira como um dos principais materiais de construção e as técnicas construtivas se desenvolveram sob a mescla das culturas europeia e indígena local.

Em 1549, na época do Brasil Colônia, chegaram junto com a armada comandada por Tomé de Souza e Nóbrega, vários oficiais mecânicos para construir a capital do novo Estado, incluindo carpinteiros e serradores, onde antes não havia senão matas e algumas cabanas de palha (LEITE, 1953, p. 27).

Bueno (2013) mostra, por meio da iconografia de Debret, a riqueza da cena do cotidiano da atividade de carpintaria na época do Brasil Colônia. Para serrar peças utilizam-se serrotes grandes, conforme a Figura 2. Nessa operação os trabalhos de carpintaria eram realizados em dupla, usando muita força física, em posições ergonomicamente impróprias e com exposição a riscos de acidentes.

Figura 2 - Serradores



Fonte: BUENO, B. P. S. **Sistema de produção da arquitetura da cidade colonial** **Mestres de ofício, riscos e traças**. 2013. Jean-Baptiste Debret. 1822. Aquarela, 17,3 cm x 24 cm.

### 2.1.2 Técnicas de construção

A presença dos serviços de carpintaria na época do Brasil Colônia é notável nos diversos tipos de técnicas de construção utilizadas. Colin (2011), descreveu algumas técnicas utilizadas como a taipa de pilão e sua fôrma, o pau a pique e o emaranhado de madeira utilizada, os enxaiméis e suas peças estruturais de madeira e também o tabique.

Com a evolução das técnicas construtivas, o sistema de fôrmas foi introduzido na construção, permitindo estruturar as construções, moldar as peças estruturais e garantir a

solidez da edificação. Na execução da estrutura de uma obra, as fôrmas são confeccionadas e montadas pelos carpinteiros da obra, onde após a colocação da armação, recebem o concreto moldando a fôrma das peças estruturais denominadas sapatas, blocos, vigas, pilares e lajes.

Atualmente, os principais sistemas de fôrma utilizados, principalmente em edifícios, são os compostos de madeira, de metal e os mistos (madeira e metal) e quando bem projetadas e executadas, apresentam excelente resultado técnico e econômico, além de já estarem no cotidiano da mão de obra existente. As fôrmas integralmente de madeira são as mais utilizadas em edifícios no País e normalmente são constituídas de painéis de madeira compensada, tábuas e pontaletes de madeira serrada, ou unicamente com estes dois últimos (NAZAR, 2007).

Conforme Assahi (2011) a fôrma é um dos subsistemas dos muitos que compõem o sistema construtivo. Estes múltiplos subsistemas interdependem-se e contribuem para o resultado do todo. Entretanto, a fôrma tem uma particularidade única dentro deste contexto, pois é o subsistema que inicia todo processo, referenciando os demais, estabelecendo e padronizando o grau de excelência exigida para toda a obra.

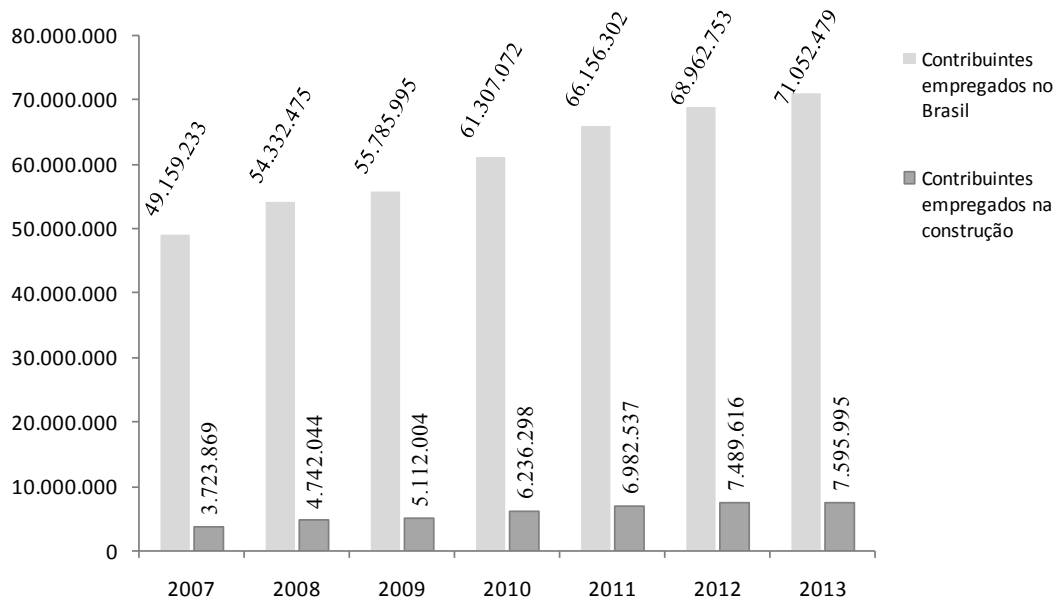
Nazar (2007) define o sistema de fôrmas como um conjunto de materiais e equipamentos que são utilizados para concebê-las e executá-las. Vários critérios são usados na escolha do sistema de fôrma como: o tipo de peça a ser concretada, o prazo para a sua execução, a repetitividade e o investimento em equipamentos em curto prazo, visando ao aproveitamento de longo prazo (custo-benefício), necessitando para isto da perfeita sintonia entre o projetista da estrutura de concreto, o arquiteto, o construtor e o projetista de fôrmas, buscando-se a eficiência do processo e os resultados técnicos e econômicos consideráveis. O autor destaca importância do estudo detalhado do dimensionamento e escolha dos materiais das fôrmas de concreto na concepção, na execução e nos custos da estrutura de um edifício. Este estudo refletirá na mão de obra e nos demais itens, incluindo itens que não estão diretamente ligados à estrutura de concreto armado.

## 2.2 ESTATÍSTICA DE ACIDENTES DO TRABALHO

Teixeira (2013) afirma que nos últimos anos a indústria da construção civil foi um dos setores da economia que obteve maior crescimento. Os programas voltados especificamente para a habitação e a realização de grandes obras para o desenvolvimento do país contribuíram para o aquecimento do mercado, criando vagas de empregos em diversas áreas.

O Ministério da Previdência Social (MPS) publicou, em novembro de 2014, o Anuário Estatístico da Previdência Social (AEPS) com as estatísticas de acidentes de trabalho ocorridas em 2013, onde no Gráfico 1 tem-se o número de contribuintes empregados no Brasil e na construção ocorridos em 2013 (BRASIL 2014).

Gráfico 1: Contribuintes empregados no Brasil e na construção em 2013



Fonte: BRASIL, 2014

Durante o ano de 2013, foram registrados no AEPS aproximadamente 717,9 mil acidentes do trabalho, considerando os acidentes típicos, acidentes de trajeto e as doenças do trabalho. Em Brasil (2014), define-se o acidente do trabalho e sua classificação em:

**Acidente de trabalho:** é aquele que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados especiais, provocando lesão corporal ou perturbação funcional, permanente ou temporária, que cause a morte, a perda ou a redução da capacidade para o trabalho. São classificados em:

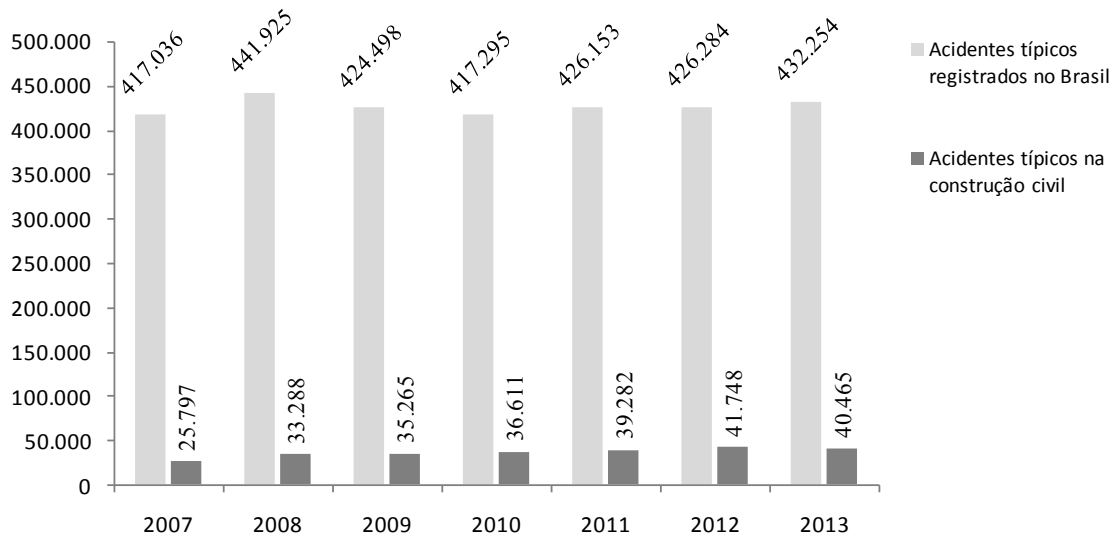
- **Acidentes Típicos** – são os acidentes decorrentes da característica da atividade profissional desempenhada pelo acidentado;
- **Acidentes de Trajeto** – são os acidentes ocorridos no trajeto entre a residência e o local de trabalho do segurado e vice-versa;
- **Acidentes Devidos à Doença do Trabalho** – são os acidentes ocasionados por qualquer tipo de doença profissional peculiar a determinado ramo de atividade constante na tabela da Previdência Social.

Os dados estatísticos referentes ao número total de acidentes de trabalho em 2013 aumentaram em 0,55% em relação ao ano anterior. Os acidentes registrados com Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) aumentaram em 2,30% de 2012 para 2013. Do

total de acidentes registrados com CAT, os acidentes típicos representaram 77,32%; os de trajeto 19,96% e as doenças do trabalho 2,72% (BRASIL, 2014).

O acidente típico é o tipo de acidente que interessa a essa pesquisa, pois é o que ocorre, por exemplo quando o operador da serra circular de bancada realiza suas atividades. O número de acidentes típicos ocorridos no Brasil e na construção, estão demonstrados no Gráfico 2.

Gráfico 2: Acidentes típicos no Brasil e na construção em 2013

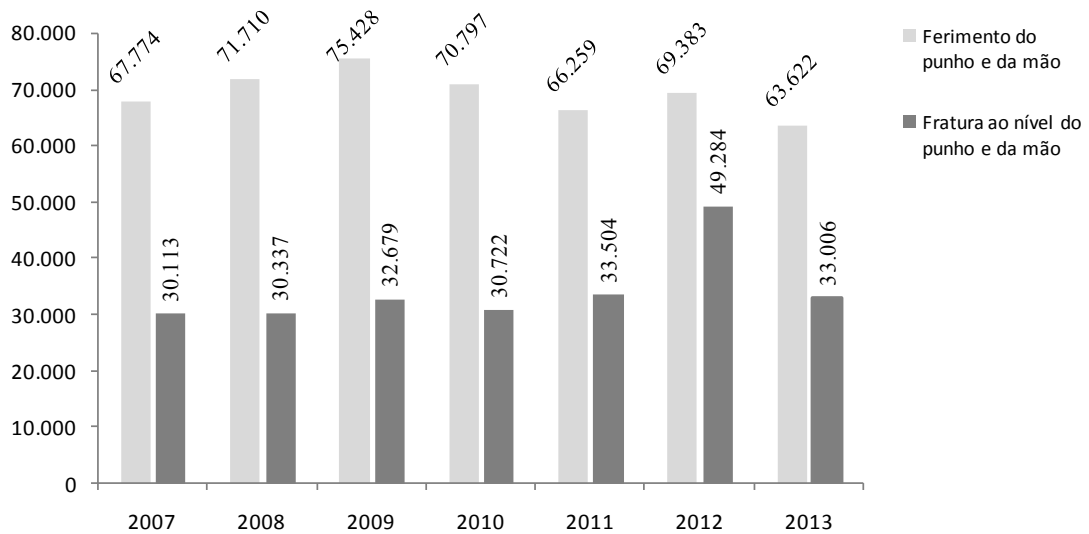


Fonte: BRASIL, 2014

Os acidentes típicos aconteceram no setor de Obras de Infraestrutura com 17.334 (42%) casos, no setor de Construção de Edifícios com 16.544 (40%) casos e no setor de Serviços Especializados para Construção com 7.233 (8%) casos.

O Código de Classificação Internacional de Doenças (CID) define as partes do corpo humano atingidas nos acidentes. Em 2013, as partes do corpo mais atingidas nos acidentes de trabalho foram, a nível de Brasil, os ferimentos do punho e da mão (63.622) e fraturas ao nível do punho e da mão (33.006) que juntos totalizam 16,5% dos acidentes registrados e ainda o traumatismo superficial do punho e da mão 4,84% (33.908). Segundo os dados do AEPS (2014), no período de 2013 a 2007 as partes do corpo mais atingidas nos registros de acidentes de trabalho típicos foram basicamente as mesmas do ano de 2013, conforme o Gráfico 3 (BRASIL, 2014).

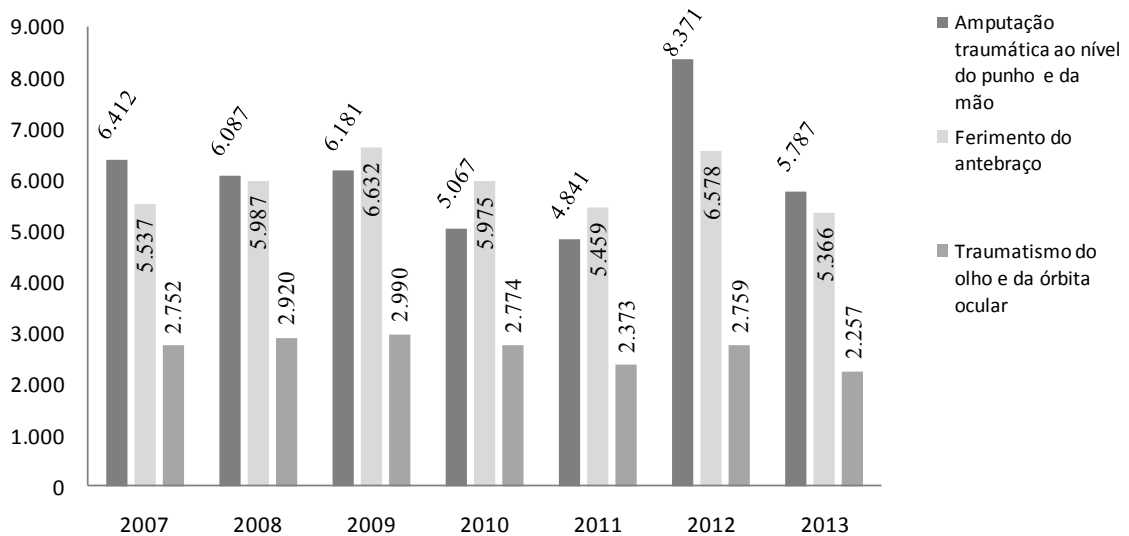
Gráfico 3: Partes do corpo mais atingidas no Brasil em 2013



Fonte: BRASIL, 2014

Dentre as outras conseqüências dos acidentes do trabalho, a nível de Brasil, desperta atenção os números do Gráfico 4, pois os riscos também estão presentes na operação da serra circular de bancada.

Gráfico 4: Outras conseqüências de acidentes do trabalho no Brasil em 2013



Fonte: BRASIL, 2014

No Seminário de Prevenção de Acidentes de Trabalho realizado pelo Tribunal Superior do Trabalho, o economista José Pastore, pesquisador da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, professor da Universidade de São Paulo (USP) e consultor em relações do Trabalho e Recursos Humanos, observou que devem ser somados os custos para

as empresas e os custos para a sociedade. Para as empresas, dividem-se basicamente em custos segurados e não segurados. Os custos segurados envolvem o valor gasto para se contratar o seguro de acidentes de trabalho, e os não segurados são aqueles que decorrem do próprio acidente, causando muitas consequências para a empresa como a perda de tempo causada pelos acidentes, a destruição de equipamentos, a interrupção da produção, a destruição de insumos e materiais e, ainda, despesas com afastamento dos empregados e contratação de nova mão de obra com o devido treinamento, os adicionais de risco, a perda do valor de mercado e a exposição negativa na mídia, atraindo a atenção das Procuradorias do Trabalho e da Justiça do Trabalho. Já para a sociedade, tratam-se dos gastos com Previdência Social, Sistema Único de Saúde (SUS) e custos judiciais. José Pastore afirmou que o custo gerado para as empresas com os acidentes de trabalho é muito pequeno quando comparado ao enorme sofrimento causado ao trabalhador e seus familiares (REVISTA CONSULTOR JURÍDICO, 2011).

Conforme Hoxie et al (2009) em pesquisa realizada com 134 pacientes na cidade de Rochester, Nova Iorque, nos Estados Unidos, concluíram que as serras elétricas causam muitas lesões, dor física e emocional, e um impacto econômico substancial, cujo ônus econômico total para as lesões da ordem de US\$4,121.097, que tecnologias que impedissem tais lesões seriam um avanço socioeconômico.

## 2.3 SEGURANÇA NO TRABALHO

### 2.3.1 Aspectos legais

A Constituição Federal do Brasil de 1988 confirma o direito fundamental dos trabalhadores em relação à redução dos riscos inerentes ao trabalho por meio de normas de saúde, higiene e segurança (BRASIL, 2013d).

A Lei 6.514/77 e a Portaria 3.214/78, regulamentam a Segurança e Medicina no Trabalho, onde as Normas Regulamentadoras (NR) são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). As disposições contidas nas NRs aplicam-se, no que couber, aos trabalhadores avulsos, às entidades ou empresas que lhes tomem o serviço e aos sindicatos representativos das respectivas categorias profissionais (BRASIL, 2013f).

As Normas 1, 6, 12 e 18 tratam respectivamente as responsabilidades das empresas, dos trabalhadores e do governo na implementação de programas para a gestão da prevenção de acidentes na construção, os equipamentos de proteção individual, a segurança na operação de máquinas e as medidas de proteção no serviço de carpintaria.

A NR 1 – Disposições Gerais, estabelece as competências e responsabilidades dos segmentos envolvidos na prevenção de acidentes. Compete à Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho (SSST), órgão de âmbito nacional do Governo Federal, coordenar, orientar, controlar e supervisionar as atividades relacionadas com a segurança e medicina do trabalho e ainda fiscalizar o cumprimento dos preceitos legais em todo o território nacional; Os empregadores tem como responsabilidades: cumprir e fazer cumprir as disposições legais e regulamentares sobre segurança e medicina do trabalho; elaborar ordens de serviço sobre segurança e saúde no trabalho, dando ciência aos empregados por comunicados, cartazes ou meios eletrônicos; e informar aos trabalhadores os riscos profissionais que possam originar-se nos locais de trabalho, bem como os meios para prevenir e limitar tais riscos e as medidas adotadas pela empresa entre outras responsabilidades. Por último os trabalhadores têm o dever de cumprir as disposições legais e regulamentares sobre segurança e saúde do trabalho, inclusive as ordens de serviço expedidas pelo empregador; usar o equipamento de proteção individual fornecido pelo empregador e colaborar com a empresa na aplicação das Normas Regulamentadoras (BRASIL, 2013f).

Segundo Lima Júnior (2005), um grande avanço do novo texto da Norma Regulamentadora - 18, publicada pela Portaria nº 4 de 4/7/95, é a obrigatoriedade de elaboração pelas empresas do Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT), pois a sua implementação permite o efetivo gerenciamento do ambiente de trabalho, do processo produtivo e de orientação aos trabalhadores, buscando reduzir o acentuado número de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais. Este programa é composto por: memorial sobre condições e meio ambiente de trabalho nas atividades e operações, levando-se em consideração riscos de acidentes e de doenças do trabalho e suas respectivas medidas preventivas; projeto de execução das proteções coletivas em conformidade com as etapas de execução da obra; especificação técnica das proteções coletivas e individuais a serem utilizadas; cronograma de implantação das medidas preventivas definidas no PCMAT; layout inicial do canteiro de obra que inclua a previsão de dimensionamento das áreas de vivência; e programa educativo com sua respectiva carga horária, contemplando a temática de prevenção de acidentes e doenças do trabalho.



A observância das Normas Regulamentadoras - NRs não desobriga as empresas do cumprimento de outras disposições que, com relação à matéria, sejam incluídas em códigos de obras ou regulamentos sanitários dos Estados ou Municípios, e outras, oriundas de convenções e acordos coletivos de trabalho (BRASIL, 2013f).

### **2.3.2 Aspectos culturais**

Conforme Saurin (2000), o atendimento às normas obrigatórias de segurança e saúde no trabalho representa o esforço mínimo para prevenir os acidentes e doenças ocupacionais, especialmente pela inexistência de estudos que comprovem que o seu cumprimento integral seja, isoladamente, suficiente para uma redução significativa e duradoura das taxas de acidentes.

Oliveira (2003), pesquisando sobre a gestão da segurança e saúde no trabalho no Brasil, estudou os três elementos básicos que sustentam as ações de qualquer programa de gestão, que são decisivos para o sucesso ou insucesso dos programas de segurança e saúde no trabalho (SST). O primeiro elemento são os aspectos culturais ou a forma como as partes interessadas – trabalhadores, empregadores, profissionais do ramo e governo – vislumbram e abordam a questão; o segundo são os conteúdos técnicos ou ferramentas utilizadas na identificação e controle dos riscos do trabalho; e o terceiro são os aspectos ligados aos resultados. Em seu estudo, o autor destaca os aspectos culturais pela sua importância, que sem dúvida, facilita, inibe ou inviabiliza o sucesso do programa de gestão, pois por mais elaborado que seja um programa de SST e por melhores que sejam as ferramentas por ele disponibilizadas para o diagnóstico e a solução dos riscos do trabalho, se não houver disposição e participação compromissada de todos os envolvidos em suas ações, especialmente do corpo gerencial da empresa, os resultados por ele produzidos serão limitados, tanto do ponto de vista quantitativo, quanto qualitativo. Em função dos traços da cultura de SST ainda predominante na maioria das empresas brasileiras, mesmo nas de grande porte, a questão da segurança e saúde no trabalho não é tratada como deveria ser, tanto por parte da empresa, como por parte dos trabalhadores.

Dentre os aspectos que devem ser considerados no PCMAT, destaca-se o compromisso da alta direção da empresa na implantação do programa por meio da política de segurança e saúde; da análise criteriosa de antecipação e reconhecimento dos riscos; da pesquisa bibliográfica sobre o tema nos aspectos técnicos e legais e o perfil da mão-de-obra,

abordando questões sobre o nível de conhecimento do trabalhador na área de segurança e saúde, hábitos e costumes, escolaridade, entre outras (LIMA JÚNIOR, 2005).

Na maioria das empresas, os principais problemas existentes que dificultam e, em certas circunstâncias, inviabilizam a implementação dos programas de SST são: a ausência de envolvimento da Alta Direção da empresa, os programas de SST voltados para atender à legislação, a causa preponderante dos acidentes do trabalho como sendo o ato inseguro, o comportamento do trabalhador e sua relação com a organização do trabalho, a inserção dos trabalhadores por meio de treinamentos, os paradoxos da SST (adicionais de insalubridade e aposentadoria especial), o ordenamento formal do trabalho/conflitos de poder e a postura das chefias em relação à SST (OLIVEIRA, 2003).

Nas empresas que concebem e implementam os programas de SST somente para cumprir a legislação, que não considera a segurança do trabalho como valor agregado a seu negócio, que não apresentam seus programas de SST alinhados ao sistema produtivo e dessa forma não promovem a melhoria contínua das condições e procedimentos de trabalho e que não investem na educação dos trabalhadores e do corpo gerencial, dificilmente conseguirão que os trabalhadores associem as ações de segurança à promoção da qualidade de vida ou algo que possa melhorar o seu relacionamento com o próprio trabalho. Em contrapartida, as empresas onde os programas de SST são abordados como parte integrante dos processos produtivos, e as ações de segurança são concebidas e implementadas como parte integrante do próprio negócio da empresa, tem como vantagens não ser necessário desenvolver ações em duplicidade para abordar o mesmo conteúdo, que são os aspectos produtivos. Outra grande vantagem é a possibilidade de convencer os trabalhadores de que para fazer segurança não é necessário desenvolver ações específicas, incluindo essa preocupação nos procedimentos de trabalho e transformando em ações concretas que possam ser avaliadas e medidas (OLIVEIRA, 2003).

Em 2012 foi lançado o Compromisso Nacional para aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Indústria da Construção com os objetivos de garantir condições adequadas para o trabalhador da construção, no recrutamento e seleção; formação e qualificação profissional; saúde e segurança; representação sindical no local de trabalho, condições de trabalho e relações com a comunidade. Suas diretrizes são aplicáveis a todas as atividades da indústria da construção, mediante adesão, e podem abranger uma empresa, uma única obra, conjuntos de obras e frentes de trabalho, públicas ou privadas (BRASIL, 2013b).

## 2.4 RISCOS LABORAIS NA OPERAÇÃO DA SERRA CIRCULAR

Na execução da estrutura de uma obra, as fôrmas são confeccionadas e montadas pelos carpinteiros da obra, onde após a colocação da armação, recebem o concreto dando forma as peças estruturais (sapatas, blocos, vigas, pilares e lajes).

A serra circular de bancada é uma máquina de corte composta de um disco circular provido de arestas cortantes em sua periferia, montado em um eixo. O acionamento é feito por um motor, transmitindo o movimento rotativo e potência de corte, por meio de polias e correias (MORAES, 2009).

Segundo Sampaio (1998), a madeira não é um material homogêneo e pode possuir irregularidades causadoras de graves acidentes provenientes de nós soltos ou podres, zonas resinosas ou ressecadas, estrias, partes de alborno de cor contrastada e empenamentos devido a armazenamento inadequado. O autor classifica 06 (seis) causas dos acidentes com a serra circular:

- a) Contato do corpo com o disco da serra, dividindo em contato com a parte descendente (ativa) ou com a parte ascendente do disco. O contato com a parte ativa da serra pode acontecer no fim da operação de serragem, quando as mãos do operador, ao empurrar a peça de madeira aproxima dos dentes da serra circular; ou durante a serragem quando uma variação brusca no esforço que impulsiona a peça provocando o deslizamento das mãos do operador em direção ao disco; ou por queda, movimento falso ou manobras desajeitadas do operador, ou no momento da retirada de aparas e pedaços de madeira ou do pó de serragem da mesa. Já o contato com a parte ascendente do disco pode ocorrer no momento da retirada da peça de madeira ou do pó de serragem de cima da bancada; ou no momento em que o operador vai recolher uma peça que foi serrada; ou quando o auxiliar de carpinteiro retira as pranchas segurando-as muito próximo ao disco. O contato com o disco (dentes inferiores) também pode ocorrer sob a bancada, na operação de retirada do pó acumulado ou em outra operação.
- b) A rejeição da peça em trabalho ou de uma de suas partes pode causar a vibração do disco, causada pela serragem da madeira sobre o vazio deixado pela passagem da serra; ou pelo depósito de resina na superfície do disco, que por colagem, tende a projetar a madeira para cima; ou pela prisão da madeira entre o disco e a guia, quando esta se prolonga para além do eixo da serra; ou pela projeção da madeira para cima dos dentes ascendentes ou superiores do disco devido a manobras descuidadas; ou por mau estado do disco.
- c) Contato com partes móveis da máquina, ou seja, a transmissão de força mecânica
- d) Exposição à eletricidade, causando choques e queimaduras provocados por problemas de instalação, falta de aterramento e inadequação dos dispositivos de acionamento e parada.
- e) Defeito de fabricação da máquina ou dos dispositivos de proteção.
- f) Métodos inadequados de trabalho.

A Norma Regulamentadora 9 classifica os riscos ambientais em físicos, químicos, ergonômicos, biológicos e de acidentes, conforme o Quadro 2 (BRASIL, 2013i).

No setor da carpintaria estão presentes os agentes do risco físico: ruído (emitido pela serra circular), calor, frio, umidade e radiação ultravioleta devido aos fatores climáticos; agentes do risco químico: provenientes da poeira gerada no corte da madeira; agentes do risco ergonômico: devido à postura inadequada, levantamento e transporte manual de peso, ritmo de trabalho intenso, trabalho em pé por longos períodos, repetição de movimentos e pressão temporal; e os riscos de acidentes: queda em mesmo nível ou de altura, lesões nos membros superiores, choque elétrico, projeção de fragmentos na face e olhos (SESI, 2008).

Quadro 2 - Classificação dos riscos ocupacionais em grupos, de acordo com a sua natureza

Riscos Físicos	Riscos químicos	Riscos biológicos	Riscos ergonômicos	Riscos de acidentes
Ruídos	Poeiras	Vírus	Esforço físico intenso	Arranjo físico inadequado
Vibrações	Fumos	Bactérias	Levantamento e transporte manual de peso	Máquinas e equipamentos sem proteção
Radiações ionizantes	Névoas	Protozoários	Exigência de postura inadequada	Ferramentas inadequadas ou defeituosas
Radiações não ionizantes	Neblinas	Fungos	Controle rígido de produtividade	Iluminação inadequada
Frio	Gases	Parasitas	Imposição de ritmos excessivos	Eletricidade
Calor	Vapores	Bacilos	Trabalho em turno e noturno	Probabilidade de incêndio ou explosão
Pressões anormais	Substancias, compostos ou produtos químicos		Jornada de trabalho prolongada	Armazenamento inadequado
Umidade			Monotonia e repetitividade	Animais peçonhentos
			Outras situações causadoras de stress físico e/ou psíquico.	Outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes.

Fonte: BRASIL, 2013i

## 2.5 MEDIDAS DE PROTEÇÃO NO USO DA SERRA CIRCULAR

A NR 18 - Programa de condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento de organização,

que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção, onde destacam-se (BRASIL, 2013g):

### **2.5.1 Qualificação**

Gomes (2011) afirma que, conforme a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), o carpinteiro de fôrma possui o código n.º 7155-35 e suas atividades são: cortar peças de madeira para montar fôrmas para vigas, colunas, para escoramento de laje e fechamento de vãos e periferias, além de instalação de batentes, portas e fôrmas, incluindo ainda separação de madeiras e pregos reutilizáveis.

O Ministério do Trabalho e Emprego, de acordo com a CBO descreve sumariamente as atividades dos carpinteiros: planejam trabalhos de carpintaria, preparam canteiro de obras e montam fôrmas metálicas, confeccionam fôrmas de madeira e forro de laje (painéis), constroem andaimes e proteção de madeira e estruturas de madeira para telhado. Também fazem o escoramento de lajes de pontes, viadutos e grandes vãos, montam portas e esquadrias, finalizam serviços tais como desmonte de andaimes, limpeza e lubrificação de fôrmas metálicas, seleção de materiais reutilizáveis, armazenamento de peças e equipamentos (BRASIL, 2013c).

O Subitem 18.7.1, da NR 18, estabelece que as operações em máquinas e equipamentos necessários à realização da atividade de carpintaria somente podem ser realizadas por trabalhador qualificado nos termos desta NR (BRASIL, 2013g).

Em Brasil (2013c), regulamenta-se que para o exercício dessas ocupações é necessária a escolaridade entre quarta e sétima séries do ensino fundamental e curso básico de qualificação profissional. A carga horária é variável sendo exigida: até duzentas horas para os carpinteiros de cenário e de telhados e para o montador de andaimes (edificações); de duzentas a quatrocentas horas para o carpinteiro e para os carpinteiros especializados (mineração, de esquadrias, de fôrmas para concreto e de obras civis de arte); mais de quatrocentas horas para o carpinteiro de obras. Após um a dois anos de experiência profissional ocorre o exercício pleno das atividades.

## 2.5.2 Equipamentos de proteção coletiva

Em Brasil (2013g) no subitem 18.22.7 da NR-18, está regulamentado que as máquinas e os equipamentos devem ter dispositivo de acionamento e parada localizado de modo que:

- a) seja acionado ou desligado pelo operador na sua posição de trabalho;
- b) não se localize na zona perigosa da máquina ou do equipamento;
- c) possa ser desligado em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador;
- d) não possa ser acionado ou desligado, involuntariamente, pelo operador ou por qualquer outra forma acidental; e,
- e) não acarrete riscos adicionais.

Em Brasil (2013h), a NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamento e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras - NR aprovadas pela Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis, onde destacam-se o subitens:

- 12.3. O empregador deve adotar medidas de proteção para o trabalho em máquinas e equipamentos, capazes de garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores, e medidas apropriadas sempre que houver pessoas com deficiência envolvidas direta ou indiretamente no trabalho.
- 12.4. São consideradas medidas de proteção, a ser adotadas nessa ordem prioridade:
  - a) medidas de proteção coletiva;
  - b) medidas administrativas ou de organização do trabalho; e
  - c) medidas de proteção individual.
- 12.5. A concepção de máquinas deve atender ao princípio da falha segura.

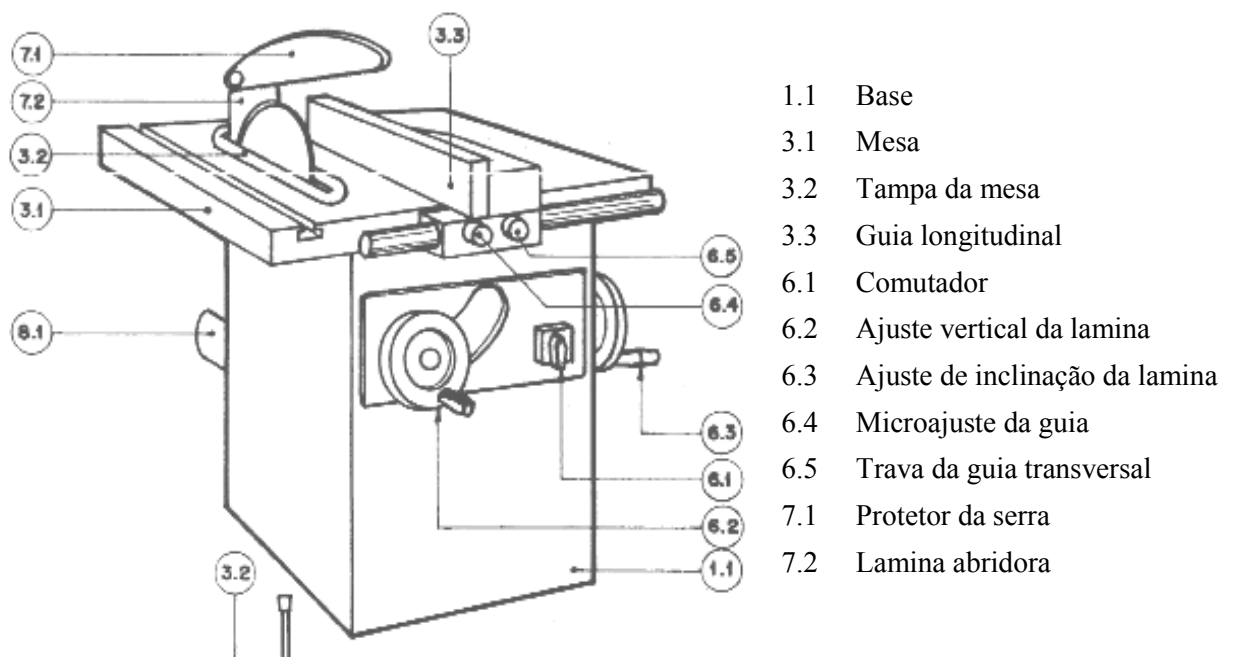
Em Brasil (2013g), o subitem 18.7.2 regulamenta as disposições que uma serra circular deve atender:

- a) ser dotada de mesa estável, com fechamento de suas faces inferiores, anterior e posterior, construída em madeira resistente e de primeira qualidade, material metálico ou similar de resistência equivalente, sem irregularidades, com dimensionamento suficiente para a execução das tarefas;
- b) ter a carcaça do motor aterrada eletricamente;

- c) o disco deve ser mantido afiado e travado, devendo ser substituído quando apresentar trincas, dentes quebrados ou empenamentos;
- d) as transmissões de força mecânica devem estar protegidas obrigatoriamente por anteparos fixos e resistentes, não podendo ser removidos, em hipótese alguma, durante a execução dos trabalhos;
- e) ser provida de coifa protetora do disco e cutelo divisor, com identificação do fabricante e ainda coletor de serragem.

Em conformidade com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, a Figura 3 detalha a coifa protetora segundo a Norma Brasileira Recomendada - NBR 12.159: ABNT, 1992, cuja finalidade é proteger as mãos do operador da serra circular (ABNT, 2015).

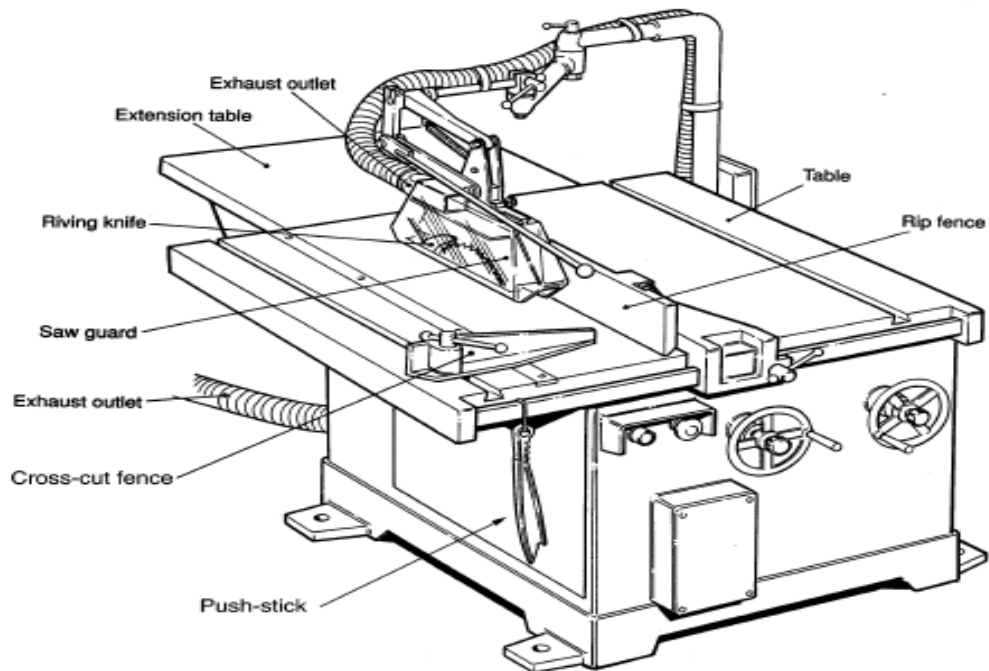
Figura 3 - Desenho da serra circular segundo a Norma Brasileira



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - NBR 12159, 1992

Para efeito comparativo, a Figura 4 mostra a regulamentação da serra circular de bancada, com detalhes dos componentes como o coifa protetora em material transparente, permitindo visualizar o corte da madeira e ainda o sistema de exaustão de poeira gerado no corte da madeira, conforme a Norma Inglesa (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 1999).

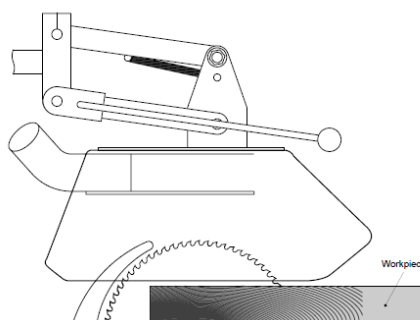
Figura 4 - Desenho da serra circular segundo a Norma Inglesa



Fonte: HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 1999

A fixação da lâmina e o detalhe da guarda serra (coifa protetora), observando-se que o guarda serra devem ser ajustados o mais próximo possível da peça de madeira a ser cortada para garantir a proteção do operador da serra circular, conforme detalhe na Figura 5 (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 1999).

Figura 5 - Detalhe da Saw Guard (coifa protetora) segundo a Norma Inglesa



Fonte: HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 1999

A coifa protetora tem a finalidade de evitar o toque acidental do operador com a lâmina da serra. Os critérios da coifa para dar uma proteção eficiente incluem-se: ser constituída de material resistente, garantindo a retenção de eventuais partes da lâmina que



podem vir a ser projetados em direção ao operador; preferencialmente auto-ajustável, facilitando a praticidade quando se trabalha com várias espessuras diferentes de material a serem cortados e ter largura em torno de 35 mm; e por último ser lisa, sem parafusos ou porcas que gerem saliências, facilitando a passagem do dispositivo de fim de curso (empurrador). Frequentemente a coifa protetora, apesar de fundamental para proteção do operador da serra circular, não é devidamente utilizada nas obras, estão as seguintes situações: serras circulares sem coifa; ou existe a coifa, porém ela não está abaixada na operação de corte da madeira; ou existe a coifa porém foi retirada para cortar madeiras de maior espessura; ou existe a coifa, porém foi retirada para aumentar a produção; ou existe a coifa, mas devido à manutenção (motor, correias, disco) ela foi retirada e não foi montada novamente; ou ainda, a coifa não segue o padrão regulamentado na NR-18 (REVISTA DA MADEIRA, 2003).

Em Brasil (2013h), a NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamento e seus anexos definem referências técnicas para instalação de dispositivos de proteção conforme o s seguintes sub-itens:

12.36 Os componentes de partida, parada, acionamento e outros controles que compõem a interface de operação das máquinas devem: a) operar em extrabaixa tensão de até 25V (vinte e cinco volts) em corrente alternada ou de até 60V (sessenta volts) em corrente contínua; e b) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, conforme itens 12.56 a 12.63 e seus subitens.

12.37 O circuito elétrico do comando da partida e parada do motor elétrico de máquinas deve possuir, no mínimo, dois contatores com contatos positivamente guiados, ligados em série, monitorados por interface de segurança ou de acordo com os padrões estabelecidos pelas normas técnicas nacionais vigentes e, na falta destas, pelas normas técnicas internacionais, se assim for indicado pela análise de risco, em função da severidade de danos e frequência ou tempo de exposição ao risco.

### **2.5.3 Equipamentos de proteção individual**

Em Brasil (2013e), NR 6, está regulamentado o conceito de equipamento de proteção individual como sendo: todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho. A norma estabelece as responsabilidades dos empregadores e trabalhadores em relação aos EPIs. Aos empregadores cabe:

- a) adquirir o EPI adequado ao risco de cada atividade;
- b) exigir seu uso;
- c) fornecer ao trabalhador somente o aprovado pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho;
- d) orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado, guarda e conservação;

- e) substituir imediatamente, quando danificado ou extraviado;
- f) responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica;
- g) comunicar ao MTE qualquer irregularidade observada;
- h) registrar o seu fornecimento ao trabalhador, podendo ser adotados livros, fichas ou sistema eletrônico.

Os trabalhadores tem como deveres em relação ao uso dos EPIs: usar, utilizando-o apenas para a finalidade a que se destina; responsabilizar-se pela guarda e conservação; comunicar ao empregador qualquer alteração que o torne impróprio para uso; e cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado (BRASIL, 2013e).

Os EPIs básicos de um carpinteiro são: capacete, luva, bota de segurança e óculos de segurança. No caso de operadores de serra circular, os EPIs obrigatórios são o avental de raspa, protetor facial, protetor auricular tipo concha, a máscara descartável, capacete e bota de segurança.

#### **2.5.4 Treinamento**

Santos e Rosemberg (2006) afirmam que o processo de educar poderia ser o instrumento de adesão às normas de segurança pelos trabalhadores, ou seja, recorre-se às metodologias educativas para reproduzir a racionalidade do poder hegemônico, ou seja, educar para instruir, prevenir e produzir.

Os empregadores têm o dever de treinar seus trabalhadores em prevenção de acidentes e está previsto em várias NRs e os trabalhadores devem participar dos treinamentos, assimilando as orientações do empregador.

Em Brasil (2013f), a NR 1 - Disposições Gerais, estabelece que no treinamento deve ser informado aos trabalhadores os riscos profissionais que possam originar-se nos locais de trabalho; os meios e medidas adotadas pela empresa para a prevenção e limitação desses riscos; e os resultados das avaliações ambientais realizadas nos locais de trabalho.

Da mesma forma a NR 18, estabelece que todos os empregados devem receber treinamento admissional com carga horária mínima de 6 (seis) horas, devendo ser ministrado dentro do horário de trabalho, antes do trabalhador iniciar suas atividades, contendo: informações sobre as condições e meio ambiente de trabalho; riscos inerentes a sua função; uso adequado do EPI; informações sobre os EPCs existentes no canteiro de obra (BRASIL, 2013g). Também devem ser feitos treinamentos periódicos, devendo ser ministrado: sempre

que se tornar necessário; ao início de cada fase da obra. Nesses treinamentos os trabalhadores devem receber cópias dos procedimentos e operações a serem realizadas com segurança (MORAES, 2009).

Em Brasil (2013f), a NR 1 - Disposições Gerais, no subitem 1.7.b, regulamenta que é de responsabilidade do empregador: elaborar ordens de serviço (OS) (procedimentos, instruções, padrões, entre outros documentos internos de empresa) sobre segurança e saúde ocupacional, dando conhecimento aos empregados. As ordens de serviço têm como objetivos a adoção de medidas para eliminar ou neutralizar atividades ou operações insalubres bem como as condições inseguras de trabalho; estabelecer requisitos internos de segurança e saúde ocupacional de forma a minimizar a ocorrência de atos inseguros e melhorar o desempenho do trabalho; divulgar as obrigações e proibições que os empregados devam conhecer e cumprir; determinar os procedimentos que deverão ser adotados em caso de acidente do trabalho e doenças profissionais ou do trabalho; adotar requisitos de segurança e saúde ocupacional estabelecidos pelos documentos técnicos e legais; e informar aos empregados que serão passíveis de punição, pelo descumprimento das ordens de serviço expedidas. Um modelo de OS pode visto no Anexo A.

### **2.5.5 Sinalização**

Em Brasil (2013g), o subitem 18.27.1.d, regulamenta que o canteiro de obras deve ser sinalizado com o objetivo de advertir contra perigo de contato ou acionamento acidental com partes móveis das máquinas e equipamentos e alertar quanto à obrigatoriedade do uso de EPI, específico para a atividade executada, com a devida sinalização e advertência próximas ao posto de trabalho. No serviço de carpintaria a sinalização por meio de placas deve informar os EPIs obrigatórios ao operar a serra circular de bancada..

### **2.5.6 Análise preliminar de riscos**

Conforme De Cicco e Fantazzini (2003), o risco é uma ou mais condições de uma variável, com o potencial necessário para causar danos. Tais danos podem ser entendidos como lesões a pessoas, danos a equipamentos ou estruturas, perda de material em processo, ou redução da capacidade de desempenho de uma função pré-determinada. Havendo um risco, persistem as possibilidades de efeitos adversos. Já o perigo expressa uma exposição relativa a um risco, que favorece a sua materialização em danos. E o dano é a severidade da lesão, ou a

perda física, funcional ou econômica, que podem resultar se o controle sobre o risco é perdido.

A análise preliminar de riscos (APR) é aplicada para uma análise inicial qualitativa, desenvolvida na fase de projeto e de processo, produto ou sistema, com especial importância para investigação de novos sistemas de alta inovação ou pouco conhecidos, isto é, quando a experiência em riscos na operação é deficiente. Além das características básicas de análise inicial, torna-se útil também como uma ferramenta de revisão geral de segurança em sistemas já operacionais, mostrando aspectos que poderiam passar despercebidos (FARIA, 2011).

Na APR o nível dos riscos é avaliado conforme a probabilidade de ocorrência e a severidade dos riscos. A probabilidade e a severidade estão subdivididas em 05 classes e ao fazer-se o cruzamento, obtêm-se o nível de risco e as medidas a serem tomadas para evitá-los, conforme a Tabela 1 (SESMT, 2013).

Tabela 1 - Matriz de avaliação dos riscos

Probabilidade	Severidade					Classificação do	Nível do	Medidas e
	1	2	3	4	5			
	Insignificante	Pequeno	Moderado	Maior	Catastrófico			
Quase certo	11(M)	16(A)	20(A)	23(EX)	25(EX)	Risco	Risco	Diretrizes
Provável	7(M)	12(M)	17(A)	21(EX)	24(EX)	21 a 25	EXTREMO	Eliminar/Evitar
Possível	4(B)	8(M)	13(A)	18(A)	22(EX)	13 a 20	ALTO	Gerenciar proativamente
Improvável	2(B)	5(B)	9(M)	14(A)	19(A)	6 a 12	MÉDIO	Gerenciar ativamente
Raro	1(B)	3(B)	6(M)	18(M)	15(A)	1 a 5	BAIXO	Monitorar

Fonte: SESMT, 2013

Essa técnica de análise de riscos analisa o posto de trabalho do operador da serra circular de bancada avaliando a tarefa, os riscos, os efeitos, a classificação da categoria do risco e as medidas preventivas ou corretivas para evitar o acontecimento dos acidentes conforme o modelo do Anexo B, onde a classificação da severidade (03) e a probabilidade da ocorrência (03) referente às consequências de lesões, cortes e amputações de membros, dão como classificação do risco o nível alto (13A), necessitando dessa forma promover o gerenciamento de forma proativa.

### 3. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Neste capítulo tratou-se de aspectos referentes ao processo de desenvolvimento de produto (PDP), além de conceitos importantes de vários autores para embasar e facilitar o entendimento da pesquisa, objetivando desenvolver uma proposta de inovação no sistema de segurança da serra circular de bancada.

#### 3.1 INOVAÇÃO DE PRODUTOS

Em Brasil (2013j), a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, denominada "Lei da Inovação", com o objetivo de estabelecer uma cultura de inovação no país, amparado na constatação que a produção de conhecimento e a inovação tecnológica passaram a ditar crescentemente as políticas de desenvolvimento dos países. Dessa forma, utiliza-se o conhecimento para contribuir para o delineamento de um cenário favorável ao desenvolvimento científico, tecnológico e ao incentivo à inovação, que passa a ser o veículo de transformação de conhecimento em riqueza e melhoria da qualidade de vida das sociedades. A política de inovação apresenta um amplo conjunto de medidas cujo objetivo maior é ampliar e agilizar a transferência do conhecimento gerado no ambiente acadêmico para a sua apropriação pelo setor produtivo, estimulando a cultura de inovação e contribuindo para o desenvolvimento industrial do país, atuando em três vertentes:

- I - Constituição de ambiente propício às parcerias estratégicas entre as universidades, institutos tecnológicos e empresas.
- II - Estimulo à participação de instituições de ciência e tecnologia no processo de inovação.
- III - Incentivo à inovação na empresa.

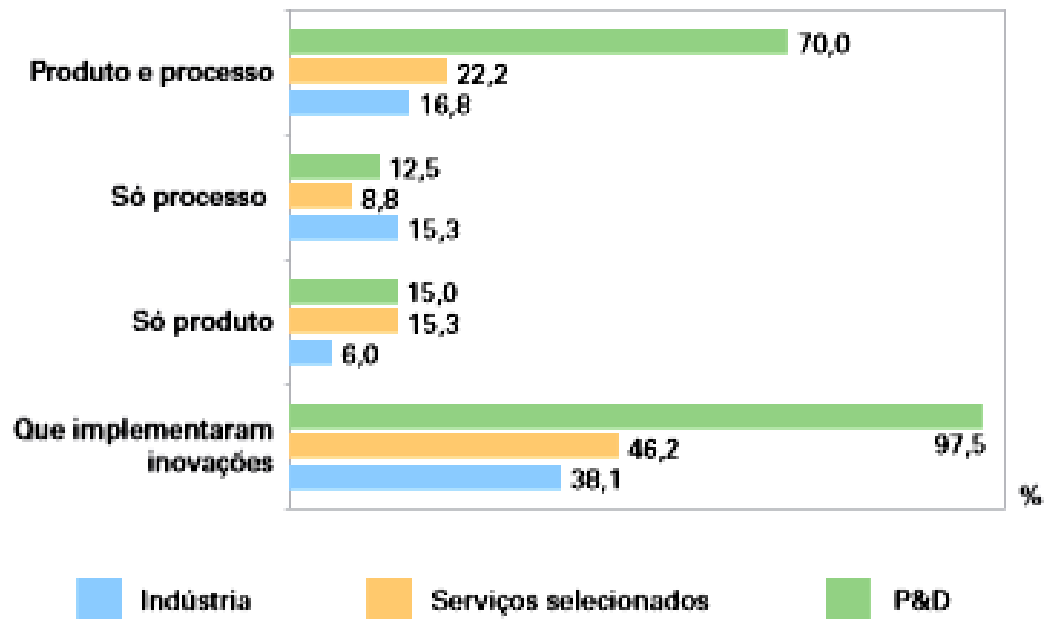
Conforme Pahl *et al.* (2005), geralmente, as inovações são classificadas de acordo com o grau de originalidade em duas formas. A primeira são as inovações radicais envolvendo significativas modificações no projeto do produto, criando nova família ou categoria de produtos. Tais inovações buscam modificar, de forma significativa, o consumo do mercado, incorporando novas tecnologias, materiais e processos de manufatura diferenciados. Caracterizam-se por serem eventos descontínuos e irregulares, buscando solucionar novos problemas e incorporar novas tarefas, com novas combinações de princípios ou através de integração de soluções familiares. São produzidas, em muitos casos, nas pesquisas avançadas realizadas em universidades, institutos e empresas. A segunda forma de inovação são as

incrementais, que utilizam a mesma plataforma de uma versão anterior do produto, criando produtos híbridos com pequenas modificações com o objetivo de melhorar a qualidade, reduzir custos, aumentar a eficácia técnica e incorporar novas funções. O número de arranjo dos componentes pode ser variado, sendo típico de séries construtivas e sistemas modulares.

A Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC), referente ao período de 2006-2008, afirma que em 2008 o universo de empresas com dez ou mais pessoas ocupadas, abrangeu aproximadamente 106,8 mil empresas distribuídas em indústria, nos serviços selecionados e no setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Este último engloba as instituições da administração pública, entidades sem fins lucrativos e empresariais. Deste total, aproximadamente 41,3 mil implementaram produto e/ou processo novo ou substancialmente aprimorado. Ao comparar com os dados da edição anterior da PINTEC 2005, observa-se que o universo de empresas pesquisadas cresceu (totalizava 95,3 mil), porém o número de empresas inovadoras aumentou em maior ritmo (era de 32,8 mil). Tal fato ocasionou a elevação da taxa de inovação, de 34,4% no período 2003-2005 para 38,6% de 2006 a 2008 (BRASIL, 2013k).

A mesma pesquisa relata que a taxa de inovação geral no período apresenta diferenças consideráveis entre os setores pesquisados. Nas empresas industriais, do total de 100,5 mil, 38,1% foram inovadoras. Já nos setores selecionados de serviços, a taxa de 46,2% foi superior ao da indústria, ocasionado pelo fato deste último englobar atividades de alta intensidade tecnológica e em conhecimento, como telecomunicações e informática. No setor de P&D, 97,5% das 40 empresas pesquisadas foram inovadoras em produto e/ou processo. Conclui a pesquisa que, a inovação em produto e processo juntos foi a estratégia de inovação primordial adotada pelos setores pesquisados, mesmo que com importância diferenciada: 16,8% das empresas na indústria, 22,2% nos serviços e 70,0% no setor de P&D. Quanto à segunda forma do tipo de inovação existem diferenças, pois enquanto na indústria a maior inovação aconteceu no processo representado por 15,3%, comparando com os setores de serviços selecionados e em P&D, a segunda forma de inovação foi a inovação só de produto com respectivamente, 15,3% e 15,0%, conforme destaca o Gráfico 5.

Gráfico 5 - Participação percentual do número de empresas que implementaram inovações, por atividades da indústria, por tipo de inovação Brasil - período 2006-2008



Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008

Segundo Naveiro e Gouvinas (2010), nas últimas 04 décadas, a indústria passou por uma profunda reestruturação produtiva em 03 áreas: inovações técnicas (tecnologias de fabricação), organizacionais (forma de gestão da produção) e mercadológicas (tipo de relacionamento empresa/fornecedores) adotadas pelas empresas. Estas modificações resultaram em um novo padrão produtivo onde a competitividade das empresas depende da inovação e *design* de seus produtos. Na década de 1970, americanos e europeus, para manterem a competitividade frente aos produtos japoneses, adotaram como estratégia a melhoria da eficiência da produção, focando na redução dos custos da produção, por meio de inovações técnicas e organizacionais. Na década de 1980, as empresas continuaram a redução de custos da produção. Para melhorar a competitividade das empresas utilizaram novas técnicas de gestão da Produção (*Just-in-time*, *Optimised production technology*, *Materials requirement planning*). No final desta década, as empresas reorganizadas e enxutas foram desafiadas a melhorar a qualidade e durabilidade dos seus produtos, requisitos muito importantes para garantir a competitividade das empresas, cujos princípios da racionalização e melhoria contínua da qualidade envolveram também os seus fornecedores. Atualmente a inovação é a melhor forma de criar novas receitas nesse novo ambiente empresarial, onde a capacidade de atender rapidamente as demandas do mercado consumidor, em conjunto com a

contínua agregação de valores aos produtos e serviços são fundamentais para a competitividade das empresas. O processo de inovação congrega várias fontes de informações que são obtidas através de clientes, fornecedores, produtos concorrentes, feiras industriais e pesquisas tecnológicas e de engenharia em laboratórios, com suas respectivas contribuições:

- Clientes, conforme suas necessidades, promovem a inovação ao demandarem soluções mais criativas e eficientes;
- Fornecedores oferecem novidades em materiais, componentes e processos de produção;
- Competidores analisam e comparam seus produtos com os produtos concorrentes, buscando inovações cada vez mais e melhor;
- Laboratórios de institutos de pesquisa e universidades contribuem com as empresas, com parcerias científica e tecnológica, visando a detenção do completo conhecimento do produto.
- As feiras industriais colaboram para a divulgação dos produtos, ajudam a identificar as novidades do mercado e oportunizam novas parcerias e fornecedores.

Baxter (2011) afirma que na atual economia de livre mercado, as empresas competem e procuram superar os produtos de seus concorrentes, realizando a introdução contínua de novos produtos, para garantir uma boa parcela do mercado. O mercado globalizado aumentou a competitividade advinda do exterior causado por empresas multinacionais, contratos internacionais de liderança e franquias, que distribuem rapidamente novos produtos de pequenas e médias empresas. Para produzir e desenvolver mais rápido os seus produtos, os competidores utilizaram táticas gerenciais adotadas por japoneses, e posteriormente copiadas por ocidentais, que buscavam dinamizar a produção de inovações e eram baseadas no encurtamento da vida útil do produto, introduzindo de forma rápida novas versões do produto no mercado.

Conforme Ulrich e Eppinger (2012), uma empresa terá sucesso se desenvolver a capacidade de entender as necessidades dos clientes e desenvolver produtos que atendam esses clientes com o menor custo possível. Os autores classificam os produtos em 08 tipos, conforme o Quadro 3.



Quadro 3 - Tipos de produtos e suas características

<b>Tipos de Produto</b>	<b>Descrição do Produto</b>	<b>Características distintivas</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Genéricos</b>	Produtos para atender as necessidades humanas específicas. Maioria dos produtos do mercado.	Processo composto por fases: planejamento, desenvolvimento de conceito, projeto, protótipos e produção piloto.	Produtos em geral (Ferramentas, móveis, utilidades e outros)
<b>Impulsionados pela tecnologia</b>	Produtos com nova tecnologia ou aperfeiçoam produtos existentes.	Envolve a pesquisa da nova tecnologia e um Planejamento estratégico.	Tecidos tecnológicos (casacos tyvet)
<b>Plataforma</b>	Produtos novos que facilitam e simplificam a produção, reduzindo os custos devido à divisão em diversos artigos.	Utiliza-se uma base tecnológica (plataforma) aprovada anteriormente para desenvolver novos produtos.	Eletrônicos (impressoras, computadores, Ipods, tablets)
<b>Processo intensivo</b>	Produtos com alta produção (quantidade e volume).	Restringe-se o produto permitindo a produção em larga escala e em grandes linhas de produção.	Produtos alimentícios e químicos.
<b>Personalizados</b>	Produtos com destinados a atender clientes específicos.	São produtos derivados de um padrão geral, buscando-se uma maior satisfação dos clientes.	Automóveis com acessórios, motores personalizados, roupas especializadas.
<b>Alto risco</b>	Produtos com risco de aceitação pelo mercado.	Produtos que necessitam de pesquisas, onde o PDP realiza testes e análises(protótipos) para comprovar o funcionamento, visando a repercussão futura do produto.	Produtos farmacêuticos e sistemas especiais.
<b>Rápida elaboração</b>	Produtos onde o domínio técnico e as versões anteriores permitem o desenvolvimento em processos espirais.	Destaca-se a fase de projeto. Uma versão sempre supera a outra neste tipo de processo.	Telefones celulares, software, etc).
<b>Sistemas complexos</b>	Produtos com grande variedade de peças e componentes, que são subdivididos em sistemas e subsistemas devido ao seu grau complexidade.	Múltiplas equipes desenvolvem os subsistemas que serão integrados para a validação do projeto.	Veículos, máquinas complexas e aviões.

Fonte: adaptado de ULRICH e EPPINGER, 2012

### 3.2 A INFLUÊNCIA DA COMPETITIVIDADE NO PROJETO DO PRODUTO

Conforme Baxter (2011), os projetistas devem desenvolver projetos para atender e superar as expectativas dos clientes, incorporando uma estética agradável, bom desempenho, confiabilidade, vida útil e rapidez de fabricação. Um projeto inovador, além de atender as necessidades dos clientes, concebe novas tecnologias e a empresa obtém o seu lucro.

Slack (2009), afirma que o custo é outro aspecto importante a considerar no projeto. Um projeto inovador e eficiente contribui para evitar gastos desnecessários e o desperdício

de materiais. As empresas ao investirem no desenvolvimento de novos produtos devem analisar a opção com maior potencial de sucesso e retorno financeiro. Assim sendo, o projeto deve proporcionar aumento nas vendas, nos lucros, na abertura de mercados e que agregue valores nos aspectos subjetivos para o desenvolvimento da marca.

Estima-se que a fase de projeto reflete nos custos e no tempo de lançamento do produto. Em relação ao primeiro, incide aproximadamente 85% dos custos do ciclo de vida de um produto, pois engloba decisões projetuais importantes como o processo de fabricação, os materiais, a tecnologia utilizada e o desenho industrial. Em relação ao segundo, estima-se que reduz em 50% o tempo de lançamento, pois as irregularidades identificadas nas fases iniciais podem ser corrigidas com antecedência. Sendo assim, um projeto bem idealizado reduz o custo devido ao "efeito escala" ocasionado por mudanças de projeto em fases mais avançadas (ROZENFELD *et al*, 2006)

Naveiro e Gouvinhas (2010) correlacionam as principais colaborações do projeto que influenciam no desenvolvimento da marca e na competitividade dos produtos, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 - Influência do projeto na competitividade do produto

<b>Aspectos de competitividade</b>	<b>Influência do projeto</b>
Qualidade e especificações	Produto com boa qualidade, aparência, desempenho, durabilidade e fácil uso.
Rapidez no atendimento da real demanda do mercado consumidor	Produto com facilidade de agregar novas tecnologias.
Preço de venda	Produto de fácil fabricação e montagem.
Custo de uso do produto	Produto de baixa manutenção e consumo de energia.
Serviço de pós-venda	Produto de fácil realização da assistência pós-venda, manual de fácil compreensão.
Associados à imagem da empresa e vendas	Logotipo da empresa, apresentação do produto (embalagem), agregação de valores aos produtos desenvolvidos.

Fonte: NAVEIRO e GOUVINHAS, 2010

Os mesmos autores afirmam que, em relação ao ponto de vista dos consumidores e usuários existem diversos aspectos, que se agregados no processo de desenvolvimento de produtos, influenciam na competitividade das empresas e também na decisão de compra e uso de produtos conforme o Quadro 5.

Quadro 5 - Influência do projeto na percepção dos consumidores nas diversas etapas de compra e uso do produto

<b>Etapas de compra e uso do produto</b>	<b>Fatores de influência do projeto</b>
Antes da compra	Características da brochura: especificações fornecidas pelo fabricante, informação sobre aparência e performance, imagem da companhia, etc.
No ato da compra	Características aparentes: aparência geral do design e qualidade, características específicas ( p. ex., controle de temperatura e pressão), material, acabamento, preço, etc.
Utilização inicial	Características de performance: performance inicial, facilidade de utilização, segurança, etc.
Utilização prolongada	Características que agreguem valor: confiabilidade, facilidade de manutenção, durabilidade, custos de utilização (p.ex., consumo de energia), etc.

Fonte: NAVEIRO e GOUVINHAS, 2010

Em essência, observa-se que o investimento no projeto de novos produtos apresenta grande influência na competitividade da maioria das empresas, além de formar um papel central nas suas estratégias de mercado, produção, marketing e vendas (NAVEIRO e GOUVINHAS, 2010, p. 60).

### 3.3 CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS

Segundo Kotler e Arsmstrong (1999), as fases do ciclo de vida de um produto são divididas de duas formas: primeiramente, em relação as vendas tem-se quatro fases (II, III, IV e V) e em segundo lugar, em relação aos lucros são cinco fases (I, II, III, IV e V). Para melhor compreensão, estas fases estão descritas abaixo e representadas na Gráfico 6:

I - Desenvolvimento do produto: a idéia e o desenvolvimento do novo produto pela empresa é o início desta fase, na qual as vendas não ocorrem e portanto são iguais a zero, porém os custos do investimento são crescentes. Na figura aparece como lucro “negativo”.

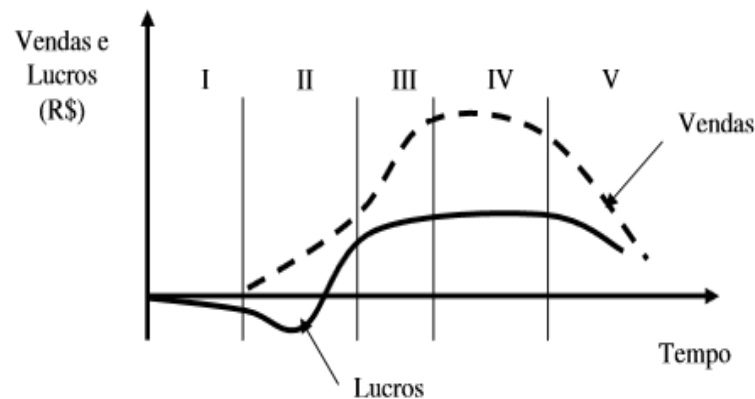
II - Introdução: nesta fase as vendas crescem de forma lenta conforme a introdução do produto no mercado. Por causa dos altos custos da introdução, em especial custos com propaganda e distribuição, não se obtém lucros nesta fase.

III - Crescimento: fase em que o mercado tem rápida aceitação pelo produto e conseqüentemente o lucro é crescente, dependendo da aceitação do produto pelo mercado.

IV - Maturidade: nesta fase ocorre uma diminuição das vendas devido a produtos concorrentes que estão no mercado. Por isso, investe-se em propaganda para competir com a concorrência.

V - Declínio: caracterizada pela redução de vendas e lucros, causados pela ascensão de produtos concorrentes melhores ou porque o produto tornou-se obsoleto.

Gráfico 6 - Ciclo de vida de um produto - fases: vendas e lucros



Fonte: KOTLER E ARSMSTRONG, 1999.

Kotler e Keller (2006), realizaram a correlação das fases do ciclo de vida do produto e o comportamento das vendas, dos lucros, do custo por cliente, dos concorrentes e dos clientes conforme o Quadro 6.

Quadro 6 - Resumo das características, dos objetivos e das estratégias de marketing referentes ao ciclo de vida do produto

Características	Introdução	Crescimento	Maturidade	Declínio
<b>Vendas</b>	Baixas	Rápido crescimento	Pico	Declínio
<b>Custo por cliente</b>	Alto	Médio	Baixo	Baixo
<b>Lucros</b>	Negativos	Crescentes	Elevados	Em declínio
<b>Clientes</b>	Inovadores	Adotantes imediatos	Maioria mediana	Retardatários
<b>Concorrentes</b>	Poucos	Número crescente	Número estável, começando a declinar	Em declínio

Fonte: KOTLER e KELLER, 2006.

### 3.4 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Uma oportunidade de mercado transformada em um produto para venda, por meio de um processo que utiliza recursos humanos, financeiros e tecnológicos, isto é o desenvolvimento de produtos (KRISHNAN e ULRICH, 2001).

Essencialmente o processo de desenvolvimento de produto (PDP) possui duas características. Primeiramente é a interdisciplinaridade pois depende da aplicação de conhecimentos de muitas áreas. Outra característica é a interfuncionalidade pois envolve no processo todas as áreas funcionais da empresa, seja em maior ou menor grau (BUSS e CUNHA, 2002).

Segundo Gonçalves (2003), o processo é uma atividade ou conjunto de atividades que agrega valor a uma entrada e, conseqüentemente, fornece uma saída a um fim específico.

Rozenfeld *et al* (2006) afirmam que o processo é um conjunto de atividades que são realizadas em uma seqüência lógica com o objetivo de produzir um bem ou serviço que tenha valor para um grupo específico de clientes. O processo de desenvolvimento de produto tem como objetivo propor soluções mais eficientes, com qualidade, preço competitivo por meio de novas tecnologias. Sendo assim o PDP é um processo que busca harmonizar as necessidades dos clientes, os gravames tecnológicos existentes e as táticas comerciais das empresas afim de criar, inovar e aprimorar novos produtos.

Borges (2004), afirma que o PDP é um processo de grande complexidade, necessitando na maioria dos casos de profissionais de várias áreas de conhecimentos, trabalhando de forma integrada, auxiliando na produção completa do projeto. O caráter multidisciplinar da equipe do projeto visa não só agregar os conhecimentos explícitos (tabelas, livros, manuais, etc) ao conhecimento implícito (experiência e habilidade) dos projetistas para o desenvolvimento do produto, mas o produto inicial modifica-se de forma radical, quando no PDP são reunidas as pequenas inovações geradas por projetos incrementais.

Almeida e Miguel (2007), afirmam que o PDP é diferente dos demais processos por suas especialidades como por exemplo: as decisões importantes devem ser tomadas no início do processo, pois é caracterizado por grandes incertezas; é difícil alterar as decisões iniciais; as ações são realizadas de forma interativa projetando, construindo, verificando e otimizando; um grande volume de informações é gerado e manipulado; várias fontes e áreas da empresa e da cadeia de suprimentos fornecem informações; e o processo deve atender múltiplos requisitos levando em consideração seus clientes e as fases do ciclo de vida do produto.

No decorrer do tempo, aconteceu uma importante conexão entre a engenharia e o *marketing*, agrupando no desenvolvimento de produtos os aspectos do mercado como o comportamento do consumidor e a demanda (HANSEN, 2004).

### 3.5 MODELOS DE PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Os modelos para o desenvolvimento de produtos sofrem várias influências doutrinárias e conceituais que representam diferentes visões de mundo.

Um modelo mental é composto por princípios, conhecimentos e padrões adotados. Baseado neste modelo, os procedimentos metodológicos são desenvolvidos e diversas linguagens são utilizadas para apresentar as situações, os fenômenos e problemas contextuais (KASPER, 2000).

Segundo Kindlen *et al* (2003), em resumo, os métodos e as aplicabilidades propostas por diversos autores, cada um com suas técnicas de ensino e procedimentos, são alternativas com finalidades iguais, ou seja, dar solução a uma necessidade dos clientes.

Diversas abordagens sobre métodos para o desenvolvimento de produtos podem ser encontradas na literatura, havendo em algumas a sobreposição de propostas e temas em algumas áreas (ALMEIDA e MIGUEL, 2007).

Jung *et al* (2009) realizaram um estudo bibliográfico e encontraram 21 modelos de desenvolvimento de produtos que foram propostos no período de 1962 e 2006 representados no Quadro 7 com as etapas metodológicas de cada método e seus respectivos autores.

Quadro 7 - Classificação de métodos de desenvolvimento de produtos

(continua)

Modelo/Autor	Etapas Metodológicas
<b>Asimow (1962)</b>	(i) Identificar necessidade primária; (ii) Estudar a exequibilidade; (iii) Projetar preliminarmente; (iv) Projetar detalhadamente; (v) Planejar a produção; (vi) Planejar a distribuição; (vii) Planejar o consumo; (viii) Planejar a retirada do produto □
<b>Archer (1968)</b>	(i) Estabelecer um programa; (ii) Coletar dados; (iii) Analisar; (iv) Sintetizar; (v) Desenvolver; (vi) Comunicar □
<b>Kotler (1974)</b>	(i) Gerar idéias; (ii) Efetuar triagem de idéias; (iii) Desenvolver e testar o conceito; (iv) Desenvolver estratégia de marketing; (v) Analisar mercado; (vi) Desenvolver o produto; (vii) Efetuar teste no mercado; (viii) Comercializar
<b>Jones (1976)</b>	(i) Divergência: Obter informação primária; Explorar a situação do projeto; (ii) Transformação: Perceber ou transformar a estrutura do problema (iii) Convergência: Localizar parâmetros; Descrever sub-soluções; Identificar contradições; Combinar sub-soluções em alternativas; Avaliar alternativas; Escolher solução (design final)
<b>Pahl e Beitz (1977)</b>	(i) Especificar os requisitos da tarefa a partir do mercado, empresa e economia; (ii) Determinar o conceito do design; (iii) Efetuar o design preliminar ou layout preliminar; (iv) Detalhar o design ou layout definitivo; (v) Documentar □
<b>Bonsiepe (1978)</b>	(i) Descobrir e valorizar uma necessidade; (ii) Analisar; (iii) Formular o problema; (iv) Levantar os requisitos; (v) Fracionar o problema; (vi) Hierarquizar os problemas; (vii) Analisar as soluções existentes; (viii) Desenvolver alternativas; (ix) Verificar e Selecionar alternativas; (x) Elaborar os detalhes particulares; (xi) Prototipar; (xii) Avaliar; (xiii) Modificar o protótipo; (xiv) Fabricar pré-Série

(conclusão)

<b>Crawford (1983)</b>	(i) Identificar e selecionar as oportunidades; (ii) Gerar o conceito; (iii) Avaliar o conceito; (iv) Desenvolver; (v) Lançar no mercado
<b>Back (1983)</b>	(i) Estudar viabilidade; (ii) Projetar preliminarmente; (iii) Projetar detalhadamente; (iv) Revisar e testar; (v) Planejar a produção; (vi) Planejar o mercado; (vii) Planejar para o consumo e manutenção; (viii) Planejar a obsolescência
<b>Park e Zaltman (1987)</b>	(i) Gerar idéias; (ii) Selecionar as idéias; (iii) Gerar o conceito do produto; (iv) Analisar a performance do mercado; (v) Desenhar o mix de marketing; (vi) Testar no mercado; (vii) Comercializar
<b>Andreasen e Hein (1987)</b>	(i) Investigar a necessidade: Determinar a necessidade básica; (ii) Determinar o tipo de produto, considerando o tipo de processo; (iii) Determinar o princípio do design; (iv) Determinar o tipo de produção; (v) Efetuar o design do produto: Pesquisar marketing; Fazer design preliminar; Planejar a produção; (vi) Preparar para a produção: Preparar vendas e produção; (vii) Executar; Produzir; (viii) Vender
<b>Suh (1988)</b>	(i) Identificar uma necessidade social; (ii) Determinar os requisitos funcionais; (iii) Determinar os atributos do produto; (iv) Prototipar; (v) Produzir o produto
<b>Clark e Fujimoto (1991)</b>	(i) Concepção do produto; (ii) Planejamento do produto; (iii) Projeto do produto; (iv) Projeto do processo
<b>Wheelwright e Clarck (1992)</b>	(i) Gerar, conceber e desenvolver Idéias; (ii) Determinar os requisitos e detalhar os projetos; (iii) Focar na inovação e desenvolver os projetos selecionados □
<b>Bürdek (1994)</b>	(i) Identificar o Problema; (ii) Analisar a situação; (iii) Definir o problema; (iv) Gerar alternativas; (v) Avaliar a escolha; (vi) Realizar
<b>Roozenburg e Eekel (1995)</b>	i) Analisar o problema; (ii) Efetuar uma síntese das soluções; (iii) Simular as soluções; (iv) Avaliar o projeto; (v) Tomar a decisão □
<b>Prasad (1997)</b>	(i) Definição da missão da empresa; (ii) Definição do conceito; (iii) Engenharia e análise; (iv) Design do produto; (v) Prototipagem; (vi) Planejamento e operacionalização de engenharia; (vii) Operacionalização e controle da produção; (viii) Fabricação; (ix) Melhoria, suporte e entrega contínuas
<b>Dickson (1997)</b>	(i) Gerar idéias; (ii) Desenvolver o conceito; (iii) Planejar o desenvolvimento; (iv) Desenvolver e testar; (v) Lançar no mercado
<b>Kaminski (2000)</b>	(i) Especificar tecnicamente as necessidades; (ii) Estudar a viabilidade; (iii) Efetuar o projeto básico; (iv) Efetuar o projeto executivo; (v) Planejar a produção; (vi) Executar
<b>Pahl et al. (2005)</b>	(i) Planejar a tarefa: Analisar o mercado, empresa e conjuntura; Encontrar e selecionar idéias; Esclarecer a tarefa; Elaborar lista de requisitos; (ii) Desenvolver o princípio da solução; (iii) Desenvolver a estrutura de construção: Formar corpo preliminar; Selecionar estudos preliminares; Refinar a forma preliminar; Avaliar; (iv) Projetar a forma definitiva: Eliminar pontos fracos e erros; Elaborar lista preliminar; Elaborar instruções para produção e montagem; (v) Desenvolver documentação para fabricação: Detalhar, complementar e verificar a documentação
<b>Rozenfeld et al. (2006)</b>	(1 - Pré-Desenvolvimento): (i) Planejar estrategicamente os produtos; (ii) Planejar o projeto; (2 - Desenvolvimento): (i) Efetuar o projeto Informacional; (ii) Efetuar o projeto conceitual; (iii) Efetuar o projeto detalhado; (iv) Preparar a produção; Obter recursos de fabricação; Planejar produção piloto; Receber e instalar recursos; Produzir lote piloto; Homologar o processo; Otimizar a produção; Certificar o produto; Desenvolver processos de fabricação e manutenção; (vii) Lançar o produto: Planejar lançamento; Desenvolver os processos de venda, distribuição, atendimento e assistência; Promover marketing; Lançar produto; Gerenciar lançamento; (3 - Pós Desenvolvimento): (i) Acompanhar o produto e processo: Avaliar satisfação do cliente; Monitorar desempenho; Realizar auditoria pós-projeto; Registrar lições apreendidas; (ii) Descontinuar o produto: Analisar, aprovar e planejar a descontinuidade; Preparar e acompanhar o recebimento do produto; Descontinuar a produção; Finalizar suporte ao produto; Avaliar e encerrar o projeto
<b>Ulrich e Eppinger (2012)</b>	(0) Planejamento; (1) Desenvolvimento do Conceito; (2) Projeto dos sistemas; (3) Projeto Detalhado; (4) Teste e Refinamento; (5) Iniciar a Produção.

Fonte: Adaptado de JUNG et al., 2008

Ulrich e Eppinger (2012) afirmam que a metodologia estruturada tem como vantagens: o produto é focado no consumidor conforme o conceito selecionado; o processo gera a documentação do processo de decisão; as tomadas de decisões em grupo são mais efetivas; possibilita criar um design competitivo; proporciona uma melhor coordenação do produto-processo e garante um menor tempo para introdução do produto.

O modelo de Ulrich e Eppinger é um modelo genérico possuindo características interessantes como a fluidez do processo, as portas são difusas, a focagem e a flexibilidade. Estas características são vantajosas em relação aos modelos considerados tradicionais em termos de decisão e gestão do processo, pois permite retornar à uma etapa anterior do processo para refazer o trabalho, não sendo imperativo que para avançar para a próxima etapa, todas as tarefas da etapa anterior estejam concluídas (DE JESUS GOMES, 2008).

As características do modelo adotado nessa pesquisa foram decisivos, pois o fato de ser um modelo genérico, permitindo a sua adaptação para outros usuários, como por exemplo para fins de pesquisa nesta dissertação de mestrado é também por ser um ponto de partida para melhorias contínuas.

### 3.6 MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO DE ULRICH-EPPINGER

Ulrich e Eppinger (2012) afirmam que um produto é produzido por uma empresa para atender os seus clientes. Já o conjunto de atividades que inicia com a percepção de uma oportunidade de mercado e finaliza com a produção, venda e entrega do produto, isso é o desenvolvimento do produto. Logo, um produto será bem sucedido e portanto proporcionará rentabilidade e sucesso econômico para a empresa quando atendidos 05 importantes aspectos: qualidade do produto, custo do produto, tempo de desenvolvimento, custo do desenvolvimento e capacidade de desenvolvimento.

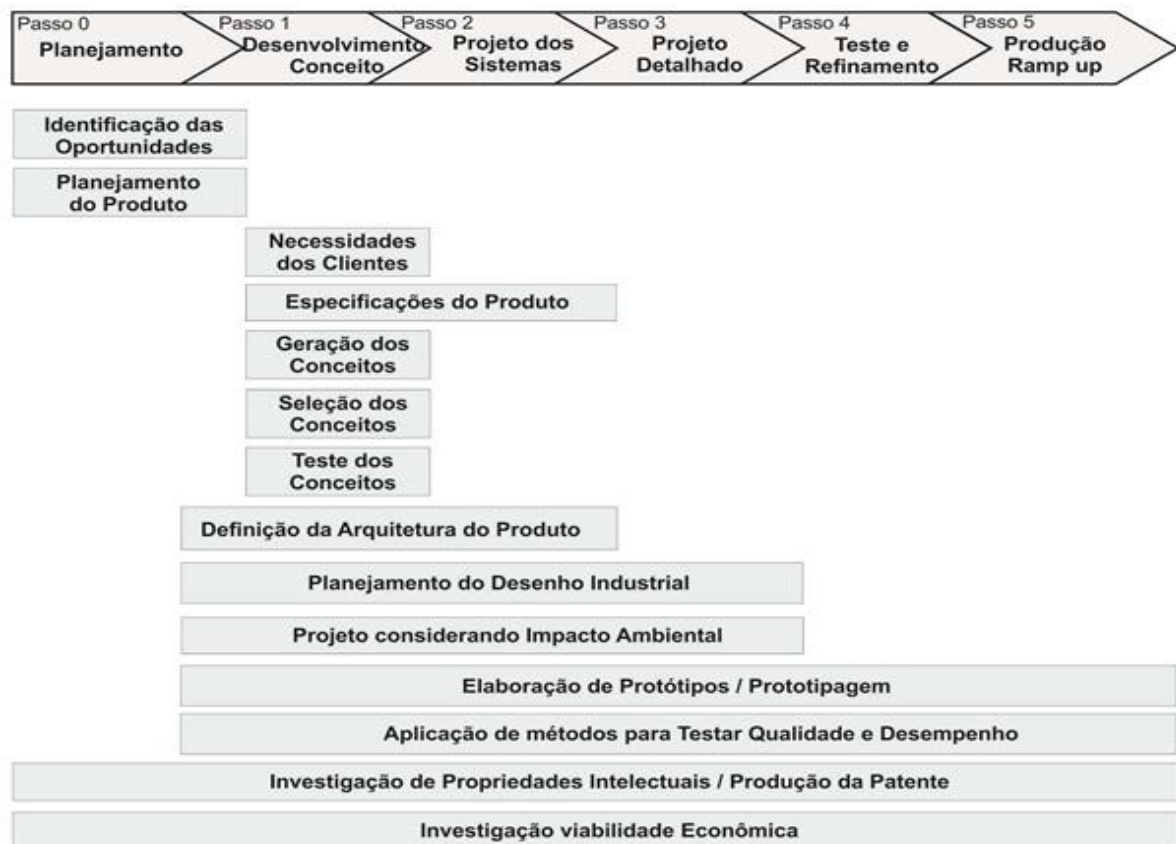
O desenvolvimento de produtos envolve funções treinadas especificamente em várias disciplinas como: pesquisa de mercado, ciência dos materiais, desenho industrial, operações de produção, engenharia elétrica e mecânica, além de envolver os departamentos jurídico, vendas e finanças, que juntos formam a equipe de desenvolvimento de produto. No desenvolvimento de produtos a utilização de metodologias estruturadas é válida pelas seguintes razões: inicialmente porque as decisões são tomadas por um processo explícito, facilitando o entendimento dos membros da equipe e dando suporte às decisões. Segundo, para ter certeza de que os pontos chave no desenvolvimento da atividade serão tratados,



utilizam-se as listas de verificação (*checklists*) para fazer o acompanhamento. Por fim, no processo de execução da metodologia estruturada, a equipe documenta o processo de tomada de decisão para futuras referências (ULRICH E EPPINGER, 2012).

Ulrich e Eppinger (2012) desenvolveram uma metodologia de desenvolvimento do produto estruturada com caráter interdisciplinar, onde propõem que o processo desenvolva uma série inicial de conceitos alternativos e após os estudos pela equipe de desenvolvimento do produto, é decidido o estreitamento das opções de forma a aumentar as especificações do produto até que se torne confiável e possa ser produzido em série, onde as fases são definidas pelo estado em que se encontra. Essa metodologia é estruturada nas seguintes etapas: Planejamento; Desenvolvimento do conceito; Projeto dos sistemas; Projeto detalhado; Refinamento e Início da produção. A Figura 6 representa a seqüência das fases da Metodologia do Processo de Desenvolvimento de Produto dos autores, bem como as tarefas associadas a cada passo que compõe o processo.

Figura 6 - Principais fases do PDP segundo Ulrich e Eppinger



Fonte: Adaptado de ULRICH e EPPINGER, 2012

Na metodologia é proposta o desenvolvimento das tarefas em quatro áreas de conhecimento: Marketing, Design, Manufatura e Custos, como demonstrados no Quadro 8.

Quadro 8 - Modelo de PDP proposto por ULRICH e EPPINGER (2012)

	<b>Marketing</b>	<b>Design</b>	<b>Manufatura</b>	<b>Custos</b>
<b>Planejamento</b>	Buscar as oportunidades e demarcar o segmento do mercado.	Buscar novas tecnologias. Considerar a plataforma de produto e arquitetura.	Identificar restrições de produção. Determinar as estratégias da cadeia de suprimento.	Administrar alocação de recursos e planejar os custos.
<b>Desenvolvimento do Conceito</b>	Entender as necessidades dos clientes e identificar as Características do produto.	Desenvolver conceitos iniciais e de design industrial. Construir e testar protótipos dos conceitos.	Estipular custo de produção. Avaliar a viabilidade de produção.	Fazer verificação de patentes e o estudo da viabilidade econômica
<b>Projeto dos sistemas</b>	Desenvolver plano de produção. Desenvolver produto de plataforma.	Desenvolver arquitetura do produto. Definir componentes /Sub-sistemas - engenharia	Identificar os fornecedores. Definir esquema de montagem final.	Identificar serviços e insumos. Viabilizar compras
<b>Projeto Detalhado</b>	Realizar o Plano de marketing máster.	Definir parte da geometria. Escolher materiais. Controlar o processo.	Definir produção das peças. Definir a garantia. Aquisição de peças mestres.	
<b>Teste e Refinamento</b>	Realizar estratégias para o lançamento. Facilitar o teste.	Testar desempenho. Obter aprovações regulatórias. Estudo de impacto ambiental. Programar mudanças.	Facilitar os fornecedores. Refinar processos de fabricação. Assegurar qualidade de fabricação.	Desenvolver plano de vendas
<b>Iniciar a Produção</b>	Testar o produto com clientes chave.	Avaliar os resultados da produção antecipada	Iniciar a produção.	Gerenciar pós-venda

Fonte: Adaptado de ULRICH e EPPINGER, 2012

### 3.6.1 Passos adotados da metodologia Ulrich e Eppinger

Nesta pesquisa o objetivo é realizar os passos zero (0) e um (1), respectivamente o planejamento e o desenvolvimento do conceito do produto de forma adaptada, baseado na Metodologia dos autores Ulrich e Eppinger, iniciando então no planejamento e finalizando no teste dos conceitos, em duas áreas do conhecimento que são o *Marketing* e *Design*.

#### 3.6.1.1 Passo 0 - Planejamento

Ulrich e Eppinger (2012) afirmam que para atingir o sucesso econômico, uma empresa deve desenvolver produtos com baixo custo e que satisfaçam as necessidades do seu cliente, envolvendo diversos setores da empresa. O Planejamento é um passo importante pois envolve a identificação das oportunidades do mercado e o planejamento do produto. Neste passo os setores envolvidos são o *marketing*, *design*, manufatura e custos, todos atuando de forma

específica e em conjunto. O *marketing* faz a interação entre empresa e consumidores, fixando o preço e supervisionando o lançamento e a promoção do produto. O *design* de engenharia de produção e engenharia de produto definem a forma física adequada do produto para atender as necessidades dos clientes. A produção projeta e operacionaliza o sistema de produção, podendo se responsabilizar também pela compra, distribuição e instalações para a fabricação. Por fim a tarefa do setor de custos é administrar a alocação de recursos e o planejamento de custos.

### 3.6.1.2 Passo 1 - Desenvolvimento de conceito

A fase de desenvolvimento de conceitos, uma das mais importantes, é expandida para o que chamamos de processo início-fim. Neste passo estão contempladas 05 etapas que são a identificação das necessidades dos clientes, estabelecimento das especificações alvo do produto, análise de produtos concorrentes, criação de conceitos e por último a escolha do conceito a ser desenvolvido. No Quadro 9 estão descritas as atividades de cada tarefa da fase do Desenvolvimento do Conceito que foi utilizada nesta pesquisa.

Quadro 9 - Tarefas da etapa do desenvolvimento do conceito

(continua)

ETAPAS	TAREFAS
<b>Identificação das necessidades dos clientes</b>	A palavra “necessidade” é usada como rótulo dos atributos de um produto potencial que é um desejo do consumidor, sem fazer distinção entre uma necessidade e um desejo. Sendo assim, consiste em entender tais necessidades e repassá-las de forma eficiente para a equipe de desenvolvimento, resultando em um relatório detalhado onde conste o grau de importância de cada necessidade levantada. Para criar soluções que atendam as necessidades do cliente é necessário que o time de desenvolvimento do produto tenha um canal de informações de alta qualidade ligado diretamente ao consumidor no mercado alvo, baseando-se na premissa de que aqueles estão no controle dos detalhes do produto devem interagir com os consumidores e adquirir experiência do uso do produto e do ambiente onde será utilizado.
<b>Estabelecendo especificações alvo</b>	As especificações são uma descrição precisa do que o produto deve fazer. Elas são a tradução das necessidades dos clientes para termos técnicos. As especificações alvo são determinadas no início do processo e representam as aspirações da equipe de desenvolvimento. Mais adiante essas especificações serão aperfeiçoadas para serem consistentes com as limitações impostas pelo conceito de produto escolhido pela equipe. Como resultado tem-se uma lista de especificações. Cada especificação consiste em uma medida e um alvo para cada medida.
<b>Análise dos produtos concorrentes</b>	Esta análise é denominada de benchmarking dos produtos, sendo um fator importante para o sucesso do novo produto. As informações sobre produtos concorrentes devem ser coletadas no intuito de apoiar a tomada de decisões de posicionamento no mercado, podendo prover uma grande fonte de idéias para o produto e posteriormente para o projeto de manufatura.

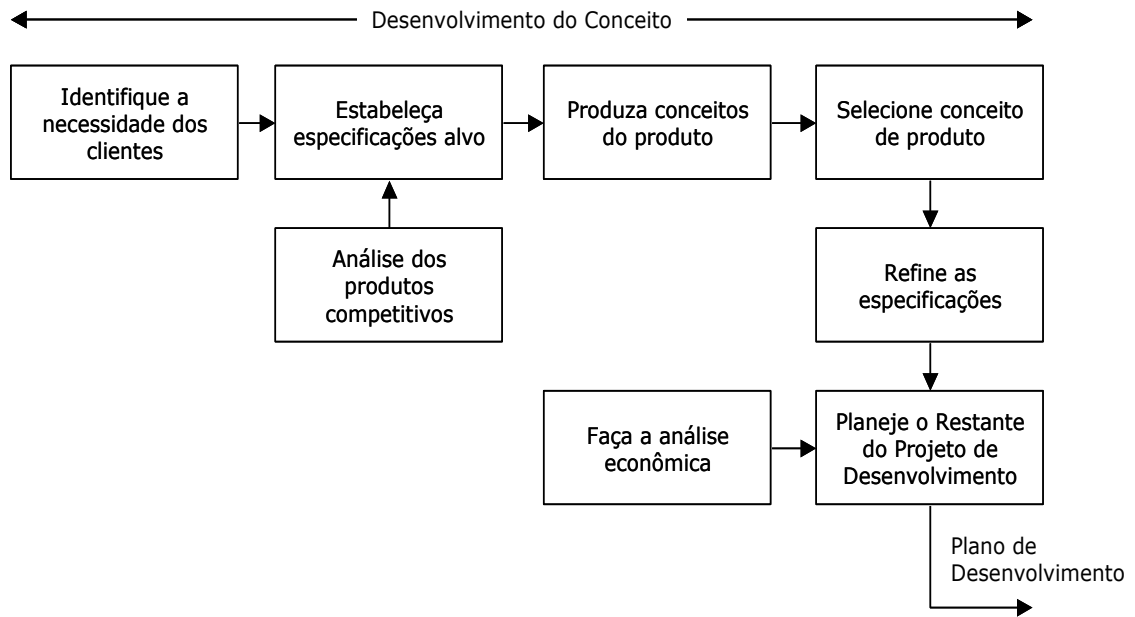
(conclusão)

<b>Criação do conceito</b>	Esse processo inicia o conjunto das necessidades dos clientes e as especificações alvo, resultando em um conjunto de conceitos de produto, do qual a equipe fará uma seleção final. Objetiva explorar completamente os conceitos de produto que possam atender as necessidades dos clientes. Isso inclui um mix de pesquisas externas, solução de problemas, e uma exploração sistemática dos vários segmentos de soluções criados pela equipe. Desta forma é uma descrição concisa da maneira como o produto atenderá as necessidades dos clientes. Uma geração do conceito bem discutida agrega confiança à equipe de que todas as alternativas foram bem exploradas.
<b>Escolha de conceito</b>	<p>Várias idéias de produto são analisadas e seqüencialmente eliminadas até que seja identificada uma única idéia. O processo geralmente requer uma série de interações e pode introduzir novas criações e aperfeiçoamentos de idéias. Nesta etapa é utilizada a matriz de decisão em dois estágios. O primeiro estágio é chamado de <i>screening</i> (peneiramento) do conceito e o segundo de <i>scoring</i> (pontuação) do conceito, sendo que cada um é apoiado por uma matriz de decisão, usada pela equipe para avaliar, “<i>rankear</i>” e selecionar os melhores conceitos, sendo permitida a combinação dos conceitos para melhorias. Na fase de <i>screening</i>, alguns conceitos iniciais são avaliados em relação a um conceito de referência usando a matriz de <i>screening</i>. Neste estágio preliminar, depois que algumas comparações mais superficiais foram eliminadas. Em seguida, temos a fase de <i>Scoring</i> dos conceitos, onde a equipe realiza avaliações quantitativas mais elaboradas usando a matriz de <i>Scoring</i>. Nos dois estágios, a equipe utiliza como guia seis atividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Prepare a matriz de seleção.</li> <li>2- Avalie os conceitos.</li> <li>3- Faça o “<i>rankeamento</i>”.</li> <li>4- Combine e melhore os conceitos.</li> <li>5- Selecione um ou mais conceitos.</li> <li>6- Reflita sobre os resultados e o processo.</li> </ol> <p>Mesmo usando essa metodologia, é a equipe que cria os conceitos e toma as decisões que determinam a qualidade do produto. Para melhores resultados, a composição da equipe deve ter pessoas de diferentes grupos funcionais da organização, possibilitando as visões individuais que contribuirão para compreender e solucionar os problemas.</p>
<b>Refinamento das especificações</b>	São determinadas no início do processo e reavaliadas após a escolha do conceito. Nesse momento, a equipe deve entregar os valores específicos (resultado da fase estabelecendo especificações alvo) refletindo sobre restrições próprias ao conceito de produto, limitações identificadas através de modelos técnicos e os trade-offs entre custo e desempenho.
<b>Análise econômica</b>	A equipe, com ajuda do analista financeiro, cria um modelo econômico para o novo produto. Esse modelo é utilizado para justificar a continuação de todo o programa de desenvolvimento e também para resolver relações específicas entre trade-offs, por exemplo, como custo de desenvolvimento e custo de fabricação, enquanto a análise econômica é mostrada como atividade posterior na fase de desenvolvimento de conceitos, uma análise anterior quase sempre é feita antes mesmo de se iniciar o projeto.
<b>Planejamento do projeto</b>	Nesta última atividade a equipe cria um projeto detalhado de desenvolvimento, cria uma estratégia para minimizar o tempo de desenvolvimento e identifica os recursos necessários para finalizar o projeto. Os principais resultados do processo início-fim podem ser registrados num livro, conhecido como livro de contrato, que possui a missão, as necessidades dos clientes, detalhes do conceito selecionado, especificações do produto, análise econômica, grupo do projeto e orçamento. Este livro registra o contato entre a equipe e a alta diretoria da empresa.

Fonte: Adaptado de ULRICH e EPPINGER, 2012

Para melhor entendimento a Figura 7 mostra a sequência das atividades da etapa de Desenvolvimento do Conceito e suas relações:

Figura 7 - Etapas de Desenvolvimento do Conceito de Ulrich e Eppinger .



Fonte: ULRICH e EPPINGER, 2012

## 4 RESULTADOS E AVALIAÇÕES

### 4.1 PLANEJAMENTO - PASSO 0 (ZERO)

#### 4.1.1 Identificação das oportunidades

Verificou-se na revisão bibliográfica realizada que apesar de existir no Brasil uma legislação sobre segurança no trabalho que regulamenta a prevenção de acidentes no uso da máquina em estudo, as estatísticas de acidentes do trabalho no país são elevadas. Em relação às lesões causadas pelos acidentes, as estatísticas demonstram que os ferimentos, fraturas e traumatismo superficial ao nível do punho e da mão são considerados a parte do corpo mais atingida nos últimos sete anos, cujo custo social é muito alto. Também observou-se que as serras circulares não evoluíram tecnologicamente ao longo de tantos anos de uso na construção civil, enquanto que em outros setores da indústria as máquinas e equipamentos receberam inovações tecnológicas visando a produtividade, a qualidade e a segurança dos seus operadores. Assim sendo os motivos elencados despertaram a oportunidade para propor inovações melhorando a segurança dos operadores da serra circular de bancada.

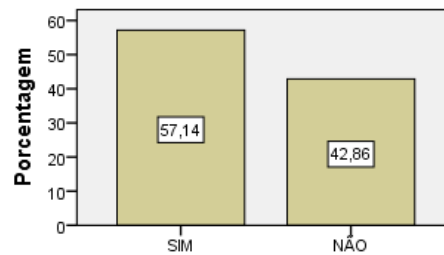
Diante da oportunidade, elaborou-se um *check-list* do serviço de carpintaria (Apêndice B), com o objetivo de verificar as atuais condições de operação e de segurança na operação da serra circular de bancada em centrais de carpintaria em obras na cidade de Juiz de Fora - MG. O *check-list* contém as principais diretrizes regulamentadas legalmente pelas normas de segurança e medicina do trabalho (Portaria 3.214/1977 - NR 18), referente a segurança na operação da serra incluindo as condições de instalação da serra circular, o treinamento de operadores da serra circular, a sinalização, as medidas de proteção coletiva e individual, totalizando 20 itens e 07 obras visitadas, onde destacam-se os resultados abaixo:

Em todos os canteiros visitados ocorreram duas situações: a primeira é que a serra circular possui a coifa protetora que é a proteção coletiva da máquina que impede o contato da mão com o disco da serra circular e a segunda é uma verificação que o operador da máquina deve fazer antes de executar o corte de madeira, verificando se o disco está travado, afiado e caso tenha algum dente do disco trincado ou quebrado deverá ser substituído imediatamente.

O Gráfico 07 mostra que em 57,14% das obras visitadas os dispositivos liga/desliga das máquinas e o dispositivo empurrador estavam em conformidade com a NR-18. Os

dispositivos melhoram a segurança na operação da máquina, evitando que a mão do operador se aproxime da zona de risco da serra circular e facilitando o acionamento da máquina.

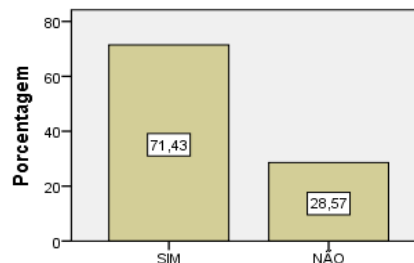
Gráfico 07 - Os dispositivos de acionamento e parada/dispositivo empurrador e guia de alinhamento



Fonte: AUTOR

O coletor de serragem é um dispositivo fundamental para ajudar a manter a organização do setor de serviço de carpintaria, conforme o Gráfico 08 o coletor de serragem estava presente em 71,43% das obras visitadas.

Gráfico 08 - Coletor de serragem



Fonte: AUTOR

Das 140 respostas obtidas, encontrou-se 104 respostas afirmativas sobre o cumprimento das medidas de prevenção regulamentadas (74,3%). Isto demonstra o empenho das empresas e dos trabalhadores para evitar acidentes, porém há de se destacar que tais medidas podem ser aprimoradas e além disso, essas medidas não tem sido suficientes para eliminar os acidentes do trabalho na máquina em estudo, conforme demonstram as estatísticas de acidentes do trabalho apresentadas no item 2.2.

#### **4.1.2 Planejamento do produto**

Diante dos resultados obtidos anteriormente, confirmando que os operadores da serra circular de bancada necessitam de uma maior segurança, passou-se a pesquisar e planejar o desenvolvimento de idéias que contribuíssem para melhorar a segurança na operação desse equipamento, utilizando tecnologias modernas e disponíveis no mercado. Trata-se de desenvolver um produto genérico, para o segmento de mercado da construção civil, que permita atender as necessidades específicas de segurança na operação da serra circular de bancada, onde o passo seguinte é o desenvolvimento do conceito.

### **4.2 DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO - PASSO 1 (UM)**

#### **4.2.1 Levantamento das necessidades dos clientes**

Ulrich e Eppinger (2012) afirmam que para atingir os objetivos da metodologia são utilizados seis passos, que não são passos rígidos sendo apenas um ponto de início para o desenvolvimento e refinamento constante que são:

##### *4.2.1.1 Definir o escopo do esforço*

Baseando-se na Norma Regulamentadora NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, as medidas de proteção coletiva devem ter prioridade de implantação em relação a outras medidas de proteção como por exemplo as medidas administrativas ou de organização do trabalho e medidas de proteção individual. Assim sendo, na pesquisa buscou-se o desenvolvimento de um sistema de segurança na coifa protetora visando a proteção específica das mãos do operador, evitando o contato das mãos com a zona de risco da máquina que é o ponto de contato da madeira com o disco da serra.

A descrição do produto, objetivos financeiros principais, mercado principal (carpinteiros) e secundários (construtoras, empresas de confecção de forma e profissionais autônomos), pressupostos do produto e a cadeia de clientes foram definidos conforme o escopo dos esforços demonstrados no Quadro 10.



Quadro 10 - Escopo do esforço

<b>Descrição do produto:</b>	- Sistema de proteção das mãos do operador da serra circular de bancada
<b>Objetivos financeiros principais:</b> (timing, fatias de mercado e margens de lucro)	- Baixo custo considerando o contexto das empresas de arquitetura e construção - Contribuir com a redução dos custos dos acidentes do trabalho no Brasil - Introdução do produto no 1º semestre de 2016 - 20% da fatia de mercado em 2017 - 25% da fatia de mercado em 2018 - 50% da fatia de mercado em 2019 - 50% de margem de lucro
<b>Mercado principal:</b>	- Carpinteiros
<b>Mercados secundários:</b>	- Construtoras - Empresas de confecção de formas - Profissionais autônomos
<b>Pressupostos:</b> (restrições)	- Melhorar a segurança do operador da máquina - Facilidade de montagem e desmontagem - Facilidade de operação e manutenção - Custo acessível
<b>Cadeia de clientes:</b> (grupos de pessoas afetadas pelos atributos do produto)	- Carpinteiros - Fornecedores - Vendedores - Representantes - Marcenarias - Empresas da construção civil - Empresas especializadas em confecção de formas para concreto - Setor produtivo - Departamento legal

Fonte: Adaptado de ULRICH e EPPINGER, 2012

#### 4.2.1.2 Coletar os dados brutos do cliente

As informações do Apêndice C (levantamento das necessidades dos clientes) objetivam contribuir com o desenvolvimento do produto. Inicialmente aplicou-se um pré-teste com 12 carpinteiros que operam a serra circular, verificando a compreensão e a linguagem das questões, as opções de respostas e contribuições para melhorar a estrutura do levantamento. Em seguida foram feitas adequações e elaborada a estrutura do levantamento definitivo foi respondido por 25 carpinteiros que operam a serra circular de bancada em suas respectivas obras. Foram considerados como entrevistados válidos aqueles que responderam o questionário de forma correta, ou seja, assinalando as respostas com uma única alternativa, resultando em 20 levantamentos válidos e 05 não válidos conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Quantitativo de construtoras e de entrevistados válidos, não válidos e total

	Construtoras (Código)	Entrevistados Válidos	Entrevistados Não Válidos	Total
01	" 1 "	01	01	02
02	" 2 "	01	01	02
03	" 3 "	06	00	06
04	" 4 "	02	01	03
05	" 5 "	06	02	08
06	" 6 "	02	00	02
07	" 7 "	02	00	02
	Total	20	05	25

Fonte: AUTOR

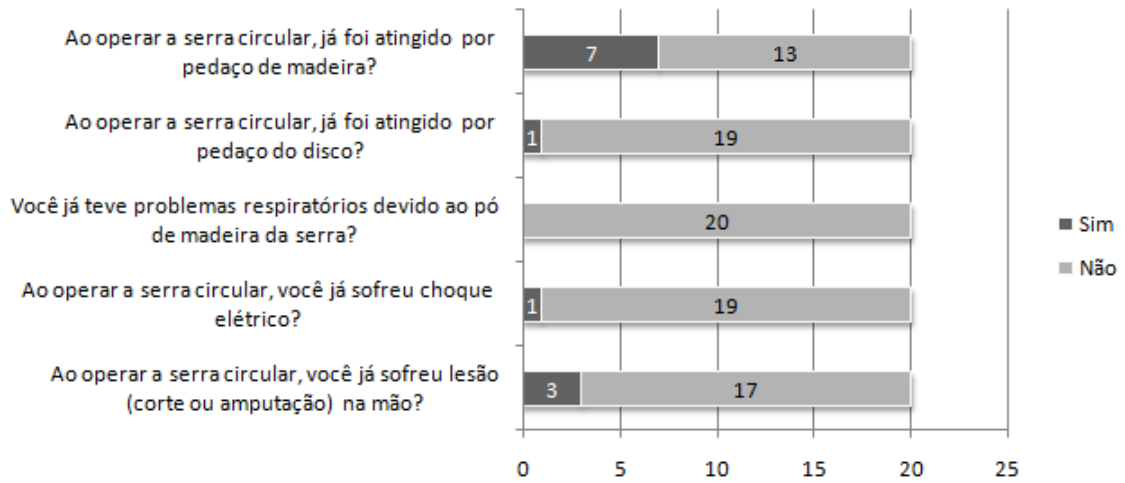
Entre as informações levantadas buscaram-se dados sobre: o perfil dos carpinteiros entrevistados (idade, tempo de trabalho na construção, tempo de experiência na operação da serra circular, se possui curso de qualificação de carpinteiro). Em relação ao perfil dos carpinteiros, todos os carpinteiros entrevistados (100%) estão classificados na Carteira de Trabalho e Previdência Social (CTPS). A maioria trabalha como carpinteiro na construção há menos de 15 anos (77,78%) e também com experiência inferior a 15 anos na operação da serra (83,34%). Um dado preocupante em relação à prevenção de acidentes do trabalho e quanto ao cumprimento do aspecto legal é que 80% dos entrevistados informou que não fez o curso de qualificação, conforme o item 3.4.1 - Qualificação, descrito nesta pesquisa, sendo que dos 20% restantes que fizeram o curso a maioria (75%) tem mais de 10 anos que fizeram o curso.

Em relação à pergunta sobre a serra circular de bancada ser perigosa e sobre a necessidade de aumentar a segurança na operação da máquina, 85% dos entrevistados responderam "SIM" em ambos os quesitos.

Sobre o quesito número 5, referente ao melhor material da coifa protetora, não houve uma preferência nas respostas dos entrevistados.

O Gráfico 9, mostra que nos aspectos referentes a acidentes no uso da máquina, nenhum carpinteiro teve problemas respiratórios, chamando atenção que 03 carpinteiros (15%) que sofreram lesões na mão, 7 carpinteiros (35%) foram atingidos por pedaços de madeira e 01 carpinteiro (5%) foi atingido por pedaço do disco da serra ou sofreu choque elétrico.

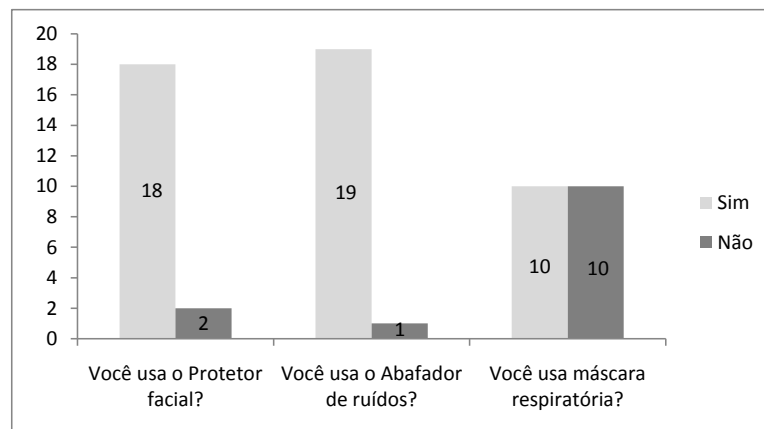
Gráfico 9 - Acidentes na operação da serra circular de bancada



Fonte: AUTOR

Sobre o uso de EPI, 10 entrevistados (50%) responderam que usam máscara respiratória contra poeiras, 19 entrevistados (95%) usam abafador de ruídos e 18 entrevistados (90%) usam protetor facial, resultando numa boa conscientização sobre o uso de EPI, conform o gráfico 10.

Gráfico 10 - Uso de equipamento de proteção individual



Fonte: AUTOR

Os Gráficos 11 e 12, demonstram as respostas em relação ao uso dos dispositivos de proteção coletiva da serra circular, onde 90% dos entrevistados afirmaram que mantem a coifa de proteção abaixada e 50% não usam o dispositivo empurrador, enquanto apenas 30% usam este último. Este dado é interessante, pois o não uso do dispositivo no corte de pequenas peças coloca em risco as mãos do operador.

Gráfico 11 - Coifa de proteção abaixada

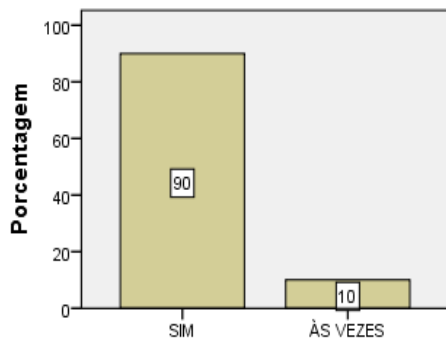
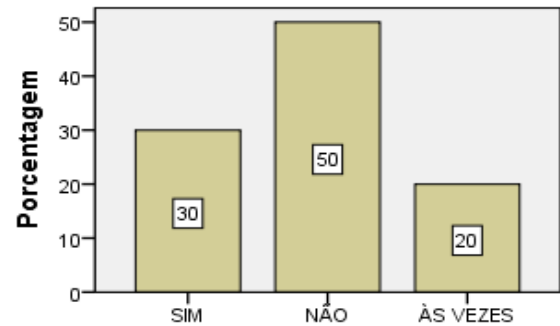


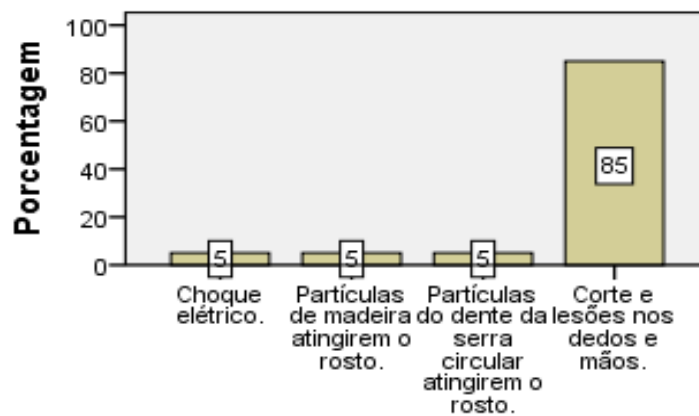
Gráfico 12 - Dispositivo empurrador



Fonte: AUTOR

Sobre os perigos no uso da máquina 85% reconhecem que o maior perigo é o corte e lesões nos dedos e mãos, seguido de choque elétrico e projeção de partículas de madeira e do dente da serra atingir o rosto, estes últimos totalizando 15%, conforme o Gráfico 13.

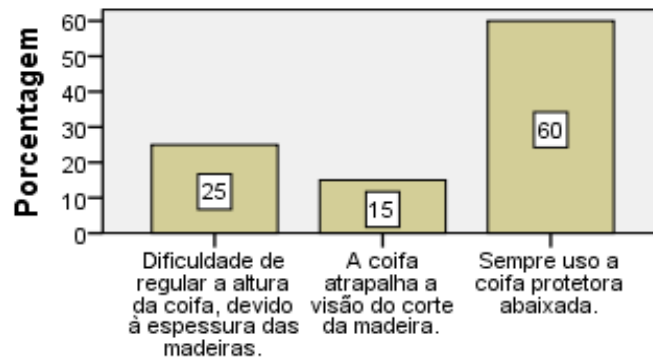
Gráfico 13 - Maior perigo na operação da serra circular



Fonte: AUTOR

Perguntando aos entrevistados sobre as possíveis razões para não utilizar a proteção coletiva (coifa protetora), 60% afirmaram que sempre mantêm a coifa abaixada, 25% afirmaram sobre a dificuldade de regular a altura da coifa em relação à altura da madeira e 15% afirmaram que a coifa atrapalha a visão do corte da madeira, conforme o Gráfico 14.

Gráfico 14 - Razões para não utilizar a coifa protetora



Fonte: AUTOR

Outros aspectos importantes pesquisados foram:

Nos Gráficos 15 e 16 a maioria (75%) dos carpinteiros respondeu que tem conhecimento dos sistemas de regulagem da coifa protetora e no quesito sobre o melhor sistema de regulagem 53,33% afirmaram que o melhor sistema é o auto-ajustável, em seguida o sistema de parafuso e rosca (26,67%) e por último o sistema de mola (20%).

Gráfico 15 - Conhecimento dos sistemas de regulagem da coifa protetora

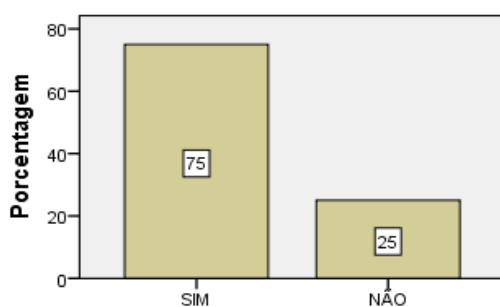
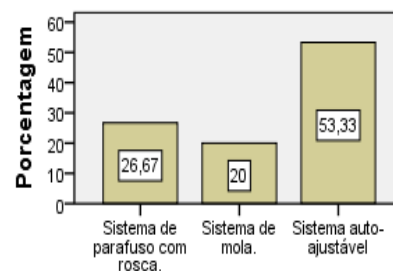


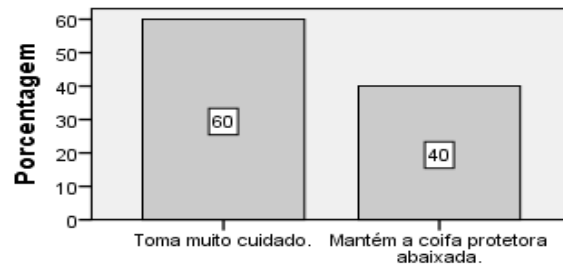
Gráfico 16 - Melhor sistema de regulagem



Fonte: AUTOR

O Gráfico 17 demonstra que 60% dos entrevistados ao cortar um pequeno pedaço de madeira, prestam atenção ao cortar um pedaço de madeira pequeno e 40% mantém a coifa protetora abaixada.

Gráfico 17 - Atitude quando está cortando um pedaço de madeira pequeno, com suas mãos próximas ao disco da serra circular.

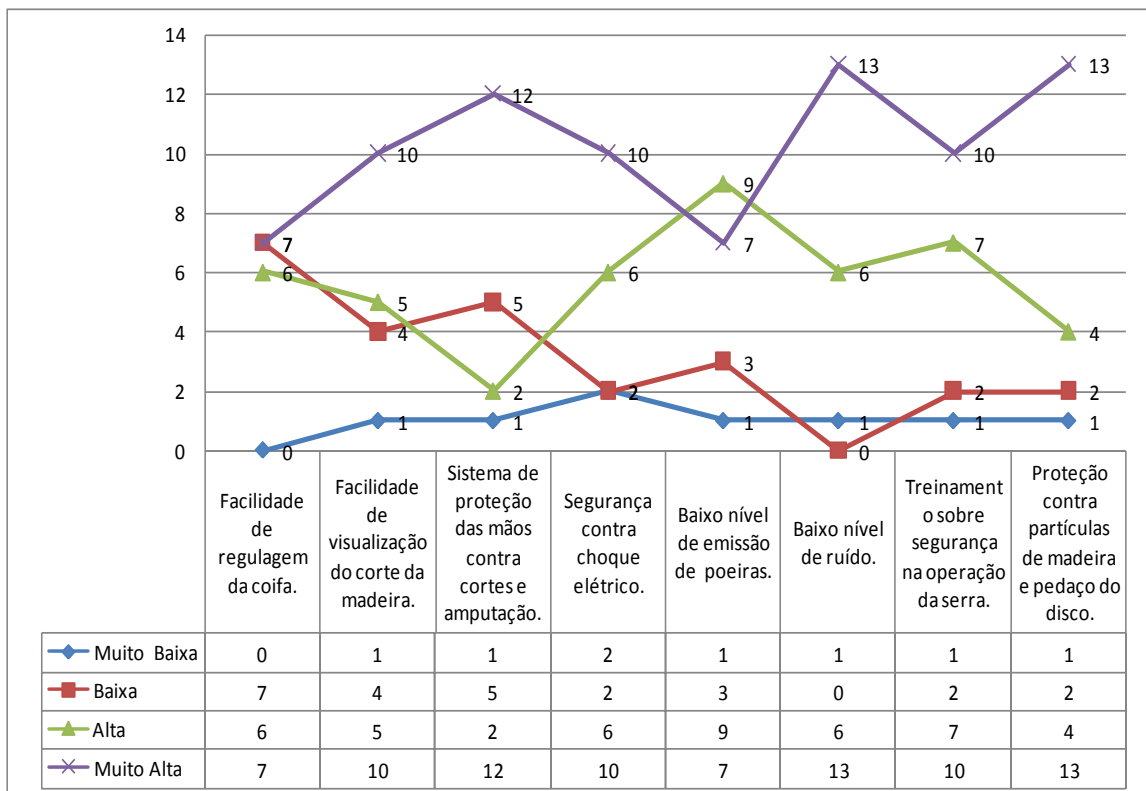


Fonte: AUTOR

A opinião dos entrevistados é unânime (100%) em relação à necessidade de modernização da serra circular, objetivando melhorar a proteção das mãos.

Para embasar a aplicação da metodologia de desenvolvimento do produto, buscou-se na pergunta 11, verificar a percepção dos carpinteiros sobre a importância de diversos aspectos na utilização da serra circular de bancada, conforme o Gráfico 18. Estes dados fazem parte das necessidades dos clientes.

Gráfico 18 - Importância de aspectos na operação da serra circular de bancada



Fonte: AUTOR

Sobre a facilidade de regulagem da coifa conforme a espessura da madeira a ser cortada está diretamente relacionada com a proteção das mãos do operador da serra. Neste aspecto 65% dos entrevistados consideraram que a importância é alta (30%) e muito alta (35%).

Os entrevistados afirmaram que 80% consideram a importância de visualizar o corte de madeira, sendo que 30% a consideram a importância alta e 50% muito alta.

Em relação ao sistema de proteção das mãos contra cortes e amputação, 10% dos entrevistados consideraram alta e 60% muito alta.

Os entrevistados consideram a importância da prevenção contra choques elétricos como muito alta (45%) e alta (30%).

Os entrevistados consideram alta (45%) ou muito alta (35%) a importância da melhoria relacionada com a baixa emissão de poeira.

O ruído é um risco que atinge diretamente a audição dos operadores da serra circular que afirmaram que a importância no desenvolvimento de melhorias para reduzir o nível de ruído é alta (30%) ou muito alta (65%).

A maioria dos entrevistados concorda que é alta (35%) ou muita alta (50%) a importância dos treinamentos na operação da serra circular.

Para os operadores a importância de ter uma proteção contra partículas de madeira e pedaço do disco é muito alta (65%) e alta (20%).

No levantamento das necessidades dos clientes, a pergunta número 10 é uma pergunta aberta referente a sugestões para melhorar a segurança no uso da serra circular de bancada. Dentre as respostas dos 20 entrevistados, 09 contribuíram com as seguintes sugestões:

- Precisamos melhorar mais ainda a segurança;
- Mudar o material da coifa para um material mais visível e um sistema de passar a madeira na máquina;
- Uma coifa com muita facilidade de regulagem, limitador de mãos e dedos no disco e todas as serras ter dispositivo de empurrar a madeira em direção ao disco;
- Criar mecanismo de proteção automática;
- Um dispositivo limitando a distância das mãos ao disco;
- Algum dispositivo ou um sensor que aproximando a mão a serra desativa automaticamente. E uma bancada que não seja de metal para evitar choques elétricos;

- Coifa de utilização industrial (madeireiro). A madeira ser empurrada em um carrinho de forma que o operador não leve a mão e nem o corpo perto do disco da serra;
- Um dispositivo com laser e ajustável no motor com o qual nossas mãos ao aproximar do disco com motor se rebaixem;
- Aumentando a bancada dela na frente pra que a mão do funcionário não se aproxime da lamina ou a utilização de um sensor de calor para que a quando a mão se aproximar da lamina ela para.

#### 4.2.1.3 *Organizar as necessidades dos clientes e a sua importância relativa*

Nessa etapa elencou-se as necessidades hierárquicas dos clientes em primárias e secundárias. Na pesquisa considerou-se as necessidades primárias e secundárias, considerando que as primeiras são necessidades mais gerais e as últimas expressam as necessidades mais detalhadamente. Este procedimento para organizar as necessidades em uma lista hierárquica é intuitivo e definido pela equipe de apoio que desenvolve a solução, mas baseando-se nas respostas do levantamento:

- 85% dos entrevistados consideram que a serra circular de bancada é uma máquina perigosa e concordam sobre a necessidade de aumentar a segurança na operação da máquina; também reconhecem que o maior perigo na operação da máquina é o corte e lesões nos dedos e mãos, seguido de choque elétrico e projeção de partículas de madeira e do dente da serra atingir o rosto, estes últimos totalizando 15%;
- 50% não usam o dispositivo empurrador, que tem o objetivo de manter as mãos do operador a uma distância de segurança do disco da serra;
- 60% dos entrevistados presta atenção ao cortar um pedaço de madeira pequeno e 40% mantém a coifa protetora abaixada nessa situação;
- 90% afirmaram que usam a coifa de proteção abaixada que é o dispositivo de proteção coletiva da serra circular;
- 100% responderam sobre a necessidade de modernização da serra circular, objetivando melhorar a proteção das mãos;
- E por fim, considerando as sugestões de melhorias e importância elencadas pelos entrevistados sobre os vários aspectos.

A lista de hierarquia das necessidades não fornece nenhuma informação sobre a importância relativa que clientes dão às diferentes necessidades. Existem duas formas básicas



para realizar essa tarefa: a primeira é confiando no consenso entre membros da equipe de apoio, baseado na sua experiência com clientes e a segunda é pesquisando junto aos clientes sobre a importância das necessidades. Na pesquisa utilizou-se as duas formas, considerando as respostas dos entrevistados conforme mostradas no Gráfico 18, onde levou-se em consideração as respostas dos entrevistados sobre os aspectos da serra circular que foram considerados como de "Alta" e "Muito Alta" importância e também as considerações da equipe de apoio sobre a relação custo/precisão do produto. A partir das formas citadas anteriormente foram listadas as necessidades dos clientes conforme o Quadro 11. Em seguida a equipe definiu a importância relativa de cada necessidade elencada, utilizando o critério adotado pela metodologia dos autores Ulrich e Eppinger (2012):

- 1) Recurso é indesejável, e não considero um produto com este recurso.
- 2) Recurso não é importante, mas eu não me importaria de ter.
- 3) Recurso seria bom ter, mas não é necessário.
- 4) Recurso é altamente desejável, mas considero um produto sem o recurso.
- 5) Recurso é crucial. Eu não considero um produto sem este recurso.

Quadro 11 - Necessidades dos clientes e importância relativa

N.º	Necessidades dos clientes	Importância Relativa
1	Facilitar a visualização do corte da madeira	4
2	Facilitar o ajuste da altura da coifa protetora conforme espessura da madeira	4
3	Proteger a mão e dedos do contato com o disco da serra circular	5
4	Possuir mecanismo de parada do motor da serra circular	5
5	Facilidade de instalação	2
6	Custo baixo	3
7	Realizar a manutenção com ferramentas facilmente disponíveis	2
8	Inspirar segurança	5

Fonte: Adaptado de ULRICH e EPPINGER, 2012

#### 4.2.1.4 *Refletir sobre resultados e processos*

Conforme Ulrich e Eppinger (2012), a identificação das necessidades dos clientes não é uma ciência, pois depende de um bom tempo de interação com os clientes. Assim a equipe de apoio continuamente necessita verificar se os resultados comungam a intuição e o conhecimento das necessidades dos clientes. Como pontos positivos a pesquisa buscou conhecimentos com carpinteiros experientes que operam a serra circular; constatou-se que existe tecnologia para aplicar no desenvolvimento do produto; observou-se que alguns clientes podem contribuir no desenvolvimento da solução; e houve o envolvimento de todos os membros de forma coesa e produtiva.

#### **4.2.2 Estabelecimento das especificações alvo**

Ulrich e Eppinger (2012) definem que as especificações são uma descrição precisa do que o produto deve fazer. Elas são a tradução das necessidades dos clientes para termos técnicos. As especificações alvo são determinadas no início do processo e representam o desejo da equipe de desenvolvimento. Mais adiante essas especificações são aperfeiçoadas para serem consistentes com as limitações impostas pelo conceito de produto escolhido pela equipe. Como resultado tem-se uma lista de especificações. Cada especificação consiste em uma medida (unidade) e um alvo (o aceitável e o ideal) para cada medida. As medidas podem ser dependentes, não independentes ou variáveis, porém devem ser práticas possibilitando que medidas sejam diretamente observáveis ou possam ser facilmente avaliadas pela equipe. Existem medidas que são difíceis de ser quantificadas e nesses caso a avaliação da medida é subjetiva.

Dessa forma a equipe definiu as especificações alvo e suas respectivas unidades de medidas do produto a ser desenvolvido para atender necessidades dos clientes, concentrando-se em desenvolver um sistema de proteção composto pela coifa protetora, por um mecanismo de freio rápido para o motor da serra, por um dispositivo que permitisse a regulagem automática da altura da coifa protetora, pelo sensor eficiente de detecção de presença das mãos e um por material para a coifa que permitisse a fácil visualização do corte de madeira, objetivando melhorar a segurança das mãos do operador da serra circular de maneira rápida, eficiente e com eficácia, conforme estão elencadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Especificações alvo

N.º	Necessidades	Especificações	Importância	Unidade	Aceitável	Ideal
1	1	Coifa confeccionada com material com alto percentual de transparência	4	Percentual	90	100
2	2	Regulagem do mecanismo auto-ajustável da coifa	4	Milímetros	1	100
3	3	Tempo de preparação do sistema	5	Segundos	30	15
4	3	Distância de detecção da presença dos dedos do operador da serra	5	Milímetros	30	16
5	4	Tempo do sistema de parada do motor da máquina	5	Segundo	0,5	0,2
6	5	Horas gastas na montagem do sistema	3	Minuto	60	30
7	5 e 6	Número de peças que compõem o sistema	4	Peças	20	10
8	6	Porcentagem em relação ao custo de um equipamento padrão	3	Percentual	80	40
9	7	Ferramentas especiais para manutenção	2	Lista		
10	8	Inspira segurança	5	Subjetivo		

Fonte: Adaptado de ULRICH e EPPINGER, 2012

#### 4.2.3 Criação do conceito

Ulrich e Eppinger (2012) afirmam que esse processo inicia com o conjunto das necessidades dos clientes e as especificações alvo, resultando em um conjunto de conceitos de produto, do qual será feita uma seleção final. Também objetiva explorar completamente os conceitos de produto que possam atender as necessidades dos clientes. Isso inclui um mix de pesquisas externas, solução de problemas, e uma exploração sistemática dos vários segmentos de soluções criadas. Desta forma é uma descrição concisa da maneira como o produto atenderá as necessidades dos clientes. Uma geração do conceito bem discutida agrega confiança de que todas as alternativas foram bem exploradas. As especificações alvo do produto devem atender todas as necessidades dos clientes, observando-se que para atender algumas necessidades, as vezes, é necessária mais de uma especificação, conforme o Quadro 12.

Quadro 12 - Necessidades dos clientes versus Especificações alvo

Especificações alvo		Necessidades dos clientes							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Facilitar a visualização	Facilitar o ajuste da altura da coifa protetora conforme espessura da madeira	Proteger a mão e dedos do contato com o disco da serra circular	Possuir mecanismo de parada do motor da serra circular	Facilidade de instalação	Custo baixo	Realizar a manutenção com ferramentas facilmente disponíveis	Inspirar segurança
1	Coifa confeccionada com material de alto percentual de transparência								
2	Regulagem do mecanismo autoajustável da altura da coifa								
3	Tempo de preparação do sistema de segurança								
4	Distância de detecção da presença dos dedos do operador da serra								
5	Tempo do sistema de parada do motor da máquina								
6	Horas gastas na montagem do sistema de proteção								
7	Número de peças que compõem o sistema								
8	Porcentagem em relação ao custo de um equipamento padrão								
9	Ferramentas especiais necessárias para a manutenção								
10	Inspira segurança								

Fonte: Adaptado de ULRICH e EPPINGER, 2012

#### 4.2.4 Escolha do conceito

Nesta etapa a metodologia utiliza uma matriz de decisão com todas as especificações alvo definidas no item anterior para atender as necessidades dos clientes. Assim sendo, são gerados conceitos (alternativas de soluções) e oportunidades. A seguir é determinado um conceito que é a referência ou um produto padrão já existente na indústria. As especificações alvo de cada conceito gerado (A, B, C, D, E) são rankeadas em relação à referência adotada, da seguinte forma: uma avaliação do tipo “melhor que a referência” (+), “igual ao modelo de referência” (0) e “pior que o modelo de referência” (-), que são colocadas em cada célula da matriz. Após preenchida a matriz de decisão, faz-se o ranqueamento dos conceitos somando os positivos (+) e diminuindo-se dos conceitos negativos (-) para em seguida identificar um ou dois que pareçam diferenciar dos demais e assim fazer a combinação para melhorar os

conceitos preservando as características “melhor que o modelo de referência” e anulando as “pior que o modelo de referência” (ULRICH e EPPINGER, 2012).

Os conceitos dessa pesquisa utilizaram os seguintes componentes:

1) Motor de indução trifásico marca KOHLBACH modelo 80, de corrente alternada, potencia de 2 cavalos, 3400 rpm, 60 Hz, 220volts/6 Amperes e 380volts/3,5 Amperes, Corrente de partida (IP) 54, Fator de serviço 1,15, Classe de isolamento do motor B, Relação entre corrente de partida(Ip) e corrente nominal (In) igual a 6,7.

2) Coifa de proteção com regulagem automática de altura, confeccionada em material acrílico incolor, retirado da serra circular marca FERRARI, modelo SCM 10.

3) Freio eletrônico da Marca SANTEX, modelo LFS16S.

4) Sensor ótico da marca FESTO, modelo SOEG-RT-M18-PA-K-2.

5) Sensor de presença frontal microcontrolado, marca EXATRON, modelo SBFØBC, que é um comando inteligente que se destina ao acionamento de cargas temporizadas. Detecta a movimentação de fontes de calor como pessoas e carros, através de um sensor infravermelho, acionando a carga e desligando-a após a ausência, de acordo com o tempo programado. O Modelo SPFØBC é a nova geração de sensores de presença com tecnologia microcontrolada. Possui superior imunidade contra interferências emanadas e induzidas, provocadas por reatores eletrônicos, celulares, rádios comunicadores e instalações de sensores em paralelo e também possui a tecnologia de comutação por baixa tensão elétrica < 50 V, aumentando a vida útil do conjunto (lâmpadas e sensor).

Conforme os componentes acima, criaram-se então 05 conceitos (A, B, C, D e E) como as possíveis novas soluções do sistema de segurança a seguir descritos e demonstrados no Quadro 13:

A) Utilizar os componentes 1, 2, 3 e 4 ( instalado em um suporte regulável).

B) Utilizar os componentes 1, 2, 3, 5 ( instalado em um suporte regulável).

C) Utilizar os componentes 1, 2, 3, 5 ( instalado na própria coifa protetora), sem regulagem de distância.

D) Referência: serra circular da obra 3, com coifa de metal regulada por contrapeso, com motor WEG com freio incorporado e sem sensores.

E) Utilizar os componentes 1, 2, 3, 5 ( instalado na própria coifa protetora), com distância regulada.

A referência adotada é a serra circular da obra número 03 (conceito D), pois foi a que atendeu a maior parte dos itens exigidos pelas Normas Regulamentadoras.

Quadro 13 - Conceitos gerados e seus componentes

Conceitos	Componentes				
	1	2	3	4	5
A) Serra com um sensor ótico no suporte	X	X	X	X	
B) Serra com um sensor de calor no suporte	X	X	X		X
C) Serra com um sensor de calor na coifa sem regular distância	X	X	X		X
D) Serra com Motor WEG Obra 3 (REFÊRENCIA)		X			
E) Serra com um sensor de calor na coifa com distância regulada	X	X	X		X

Fonte: AUTOR

Seguindo a metodologia adotada nessa pesquisa, preparou-se a matriz de decisão com as especificações alvo, o ranqueamento e os conceitos gerados conforme mostra o Quadro 14.

Quadro 14 - Matriz de avaliação e seleção de conceitos

N.º	Necessidades	Especificações alvo	Desenvolvimento de conceitos						
			Importância	Unidade	A) Serra com 01 sensor ótico no suporte	B) Serra com 01 sensor de calor no suporte	C) Serra com 01 sensor de calor na coifa sem regular distância	D) Obra 3 motor WEG Referência	E) Serra com um sensor de calor na coifa distância regulada
1	1	Coifa confeccionada com material com alto percentual de transparência	4	Percentual	+	+	+	0	+
2	2	Regulagem do mecanismo autoajustável da coifa	4	Milímetros	+	+	+	0	+
3	3	Tempo de preparação do sistema	5	Segundos	+	+	+	0	+
4	3	Distância de detecção da presença dos dedos do operador da serra	5	Milímetros	0	+	+	0	+
5	4	Tempo do sistema de parada do motor da máquina	5	Segundo	0	+	+	0	+
6	5	Horas gastas na montagem do sistema	3	Minuto	-	+	+	0	+
7	5 e 6	Número de peças que compõem o sistema	4	Peças	-	-	+	0	+
8	6	Porcentagem em relação ao custo de um equipamento padrão	3	Percentual	-	0	0	0	0
9	7	Ferramentas especiais para manutenção	2	Lista	-	-	-	0	-
10	8	Inspira segurança	5	Subjetivo	-	-	0	0	+
Somatório ( + )					3	6	7	0	8
Somatório ( 0 )					2	1	2	10	1
Somatório ( - )					5	3	1	0	1
Pontuação					-2	3	6	0	7
Rank					5	3	2	4	1
Continua?					NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM

Fonte: Adaptado de ULRICH e EPPINGER, 2012

Ulrich e Eppinger (2012) afirmam que a matriz de decisão do Quadro 14 é um peneiramento inicial para o desenvolvimento do produto, e por isso não é conclusivo. Assim sendo deve ser feito o refinamento da matriz com a aplicação de pesos e pontuação aos conceitos que foram aprovados, comparando com o conceito referência adotado. Os pesos de cada especificação alvo, em percentual, são definidos de forma a melhor atender as necessidades do clientes. Em relação ao critério de pontuação é recomendado conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Critério de desempenho versus pontuação

<b>Desempenho</b>	<b>Pontuação</b>
Muito pior que a referência	1
Pior do que a referência	2
Igual à referência	3
Melhor que a referência	4
Muito melhor que a referência	5

Fonte: adaptado de ULRICH e EPPINGER, 2012

Em seguida calcula-se a pontuação balanceada de cada especificação alvo multiplicando a pontuação dos conceitos pelo seu peso. O peso de cada especificação alvo foi definido para atender as percepções dos carpinteiros. Por último, obtém-se o somatório de todas as pontuações balanceadas para definir qual o conceito será desenvolvido (ULRICH & EPPINGER, 2012).

A equipe definiu os pesos baseando na tabela de necessidades dos clientes, que já possui uma hierarquização na importância vinculada às informações obtidas no levantamento das necessidades dos clientes, onde os maiores pesos foram destinados para as especificações que tem como finalidade proteger o operador da serra como: inspirar segurança (25%), o tempo do sistema de parada do motor da máquina (18%), a distância de detecção da presença dos dedos do operador da serra (15%) e o tempo de preparação do sistema (10%).

Na pesquisa o conceito que obteve a maior pontuação balanceada foi o Conceito "E" que se trata de uma serra circular de bancada com um sistema de segurança composto de com um sensor de calor, posicionado a uma distância de segurança, acoplado com um freio eletrônico e uma coifa de material transparente, conforme a Matriz de seleção da Tabela 5.



Tabela 5 - Matriz de seleção

N.º	Critérios de Seleção	Desenvolvimento de conceitos										
		A) Serra com 01 sensor ótico no suporte		B) Serra com 01 sensor de calor no suporte		C) Serra com 01 sensor de calor na coifa sem regular distância		D) Obra 3 motor WEG Referência		E) Serra com 01 sensor de calor na coifa distância regulada		
		Peso %	Pontuação	Pontuação balanceada	Pontuação	Pontuação balanceada	Pontuação	Pontuação balanceada	Pontuação	Pontuação balanceada	Pontuação	Pontuação balanceada
1	Coifa confeccionada com material com alto percentual de transparência	8	5	0,4	5	0,4	5	0,4	3	0,24	5	0,4
2	Regulagem do mecanismo auto-ajustável da coifa	8	5	0,4	5	0,4	5	0,4	3	0,24	5	0,4
3	Tempo de preparação do sistema	10	5	0,5	5	0,5	5	0,5	3	0,3	5	0,5
4	Distância de detecção da presença dos dedos do operador da serra	15	3	0,45	4	0,6	5	0,75	3	0,45	5	0,75
5	Tempo do sistema de parada do motor da máquina	18	3	0,54	4	0,72	4	0,72	3	0,54	5	0,9
6	Horas gastas na montagem do sistema	6	3	0,18	4	0,24	4	0,24	3	0,18	5	0,3
7	Número de peças que compõem o sistema	6	3	0,18	3	0,18	4	0,24	3	0,18	5	0,3
8	Porcentagem em relação ao custo de um equipamento padrão	2	2	0,04	3	0,06	2	0,04	3	0,06	2	0,04
9	Ferramentas especiais para manutenção	2	2	0,04	2	0,04	2	0,04	3	0,06	2	0,04
10	Inspira segurança	25	2	0,5	40	1,0	4	1,0	3	0,75	5	1,25
	Pontuação total	100	33	3,23	39	4,14	40	4,33	30	3,00	44	4,88
	Rank		4		3		2		5		1	
	Continua?		NÃO		NÃO		NÃO		NÃO		DESENVOLVER	

Fonte: adaptado de ULRICH E EPPINGER, 2012

#### 4.2.5 Teste do conceito

Após o preenchimento da matriz de seleção com a pontuação balanceada, utilizada para selecionar o conceito a ser desenvolvido, resultando como o de maior pontuação o conceito "E" (4,88 pontos), passando-se à fase final da metodologia que é a realização dos testes do conceito, buscando-se os aspectos referente ao tempo de parada total do sistema e com a aquisição desse tempo, fazer o cálculo da distância de segurança onde o sensor de presença deverá ser instalado.

##### 4.2.5.1 Equipamentos utilizados na aquisição de dados

O critério geral para uma aquisição de dados é possuir equipamentos de coleta de dados para uma análise quantitativa das variáveis envolvidas no processo. Sendo assim, o objetivo principal da equipe foi determinar o tempo de parada com as seguintes variáveis: momento de atuação do sensor de infravermelho, momento de atuação dos tipos de freios testados e o momento em que o sistema motor pára por completo.

Para determinar o momento de atuação do sensor atuação dos freios, bastava que se aquisitasse os sinais da atuação de seus relés no osciloscópio. Já para a parada do motor, necessitou-se um equipamento que pudesse monitorar, calcular e externalizar (permitindo uma aquisição em um tempo satisfatório) o número de rotações do motor para que uma vez integrado aos outros dados em uma aquisição na mesma base de tempo, estes pudessem ser analisados uns em relação com os outros.

Para o tacômetro utilizou-se como critério: um equipamento que fosse acessível financeiramente e com a capacidade de detectar, no menor tempo possível, o momento em que o motor parasse de girar, permitindo também que essa informação fosse enviada para o sistema de aquisição, com as características e modelo da Figura 8.

- 01 Tacômetro da Marca INCON, Modelo CM 9100 IV, com as seguintes características: indicador de 6 (seis) dígitos, desenvolvido para realizar o cálculo da velocidade e a totalização dos pulsos inseridos na entrada. Além de possibilitar a configuração para cada tipo de aplicação. Utilizados na medição de vazão e velocidade. Possui comunicação serial, saída analógica, caixa plugin e saídas de alarme.

Figura 8 - Tacômetro Modelo CM 9100 IV

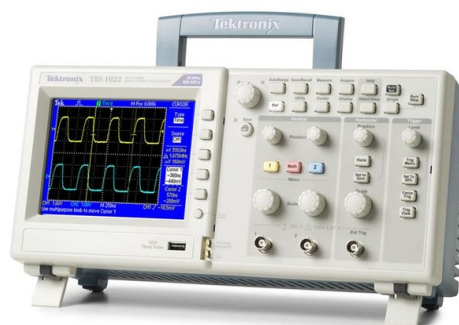


Fonte: INCON, 2015

Para o osciloscópio utilizou-se como critério: um equipamento com os requisitos mínimos para uma aquisição de dados, ou seja com um bom tempo de resposta, impressão dos valores das variáveis em um modo gráfico e na mesma base de tempo, permitindo dessa forma analisar e calcular a diferença de tempo em que os eventos aconteceram e a possibilidade de salvar essas informações. Este equipamento pertence ao laboratório de automação da Faculdade de Engenharia da UFJF, com as características e modelo da Figura 9.

- 01 Osciloscópio Marca TEKTRONIX, Modelo TBS1062, com 2 canais, taxa de amostragem de 1 Giga amostras por segundo (GS/s) em todos os canais, chave de desempenho de 60 MHz de largura de banda, comprimento de registro de ponto 2.5k em todos os canais, gatilhos avançados, incluindo trigger de largura de pulso e disparo de vídeo line-selecionável, com conectividade através de Porta de host Universal Serial Bus (USB) 2.0 no painel frontal para armazenamento de dados rápida e fácil, porta USB 2.0 dispositivo no painel traseiro para fácil conexão a um computador ou a impressão direta a uma impressora compatível com PictBridge®.

Figura 9 - Osciloscópio Modelo TBS1062



Fonte: INSTRUCAMP, 2015

Outros equipamentos utilizados:

- Conjunto de contatores de comando modelo CWM12 e disjuntores de proteção modelo MPW25-6,3, ambos da marca WEG.
- Ponte retificadora modelo KBPC5010, 50 amperes e 1000 volts.
- Botões de acionamento liga/desliga da marca WEG.
- Regulador de tensão para alimentação do freio eletrônico, marca JNG, modelo TDGC2 de 0,5Kilovolt-ampere, capacidade 500 volt-ampere, corrente máxima 2 amperes, tensão de entrada 220 volts, frequência 50/60 hertz e tensão de saída variando de 0 a 250 volts.
- Quadro de comando.

#### 4.2.5.2 *Descrição do teste para aquisição de dados*

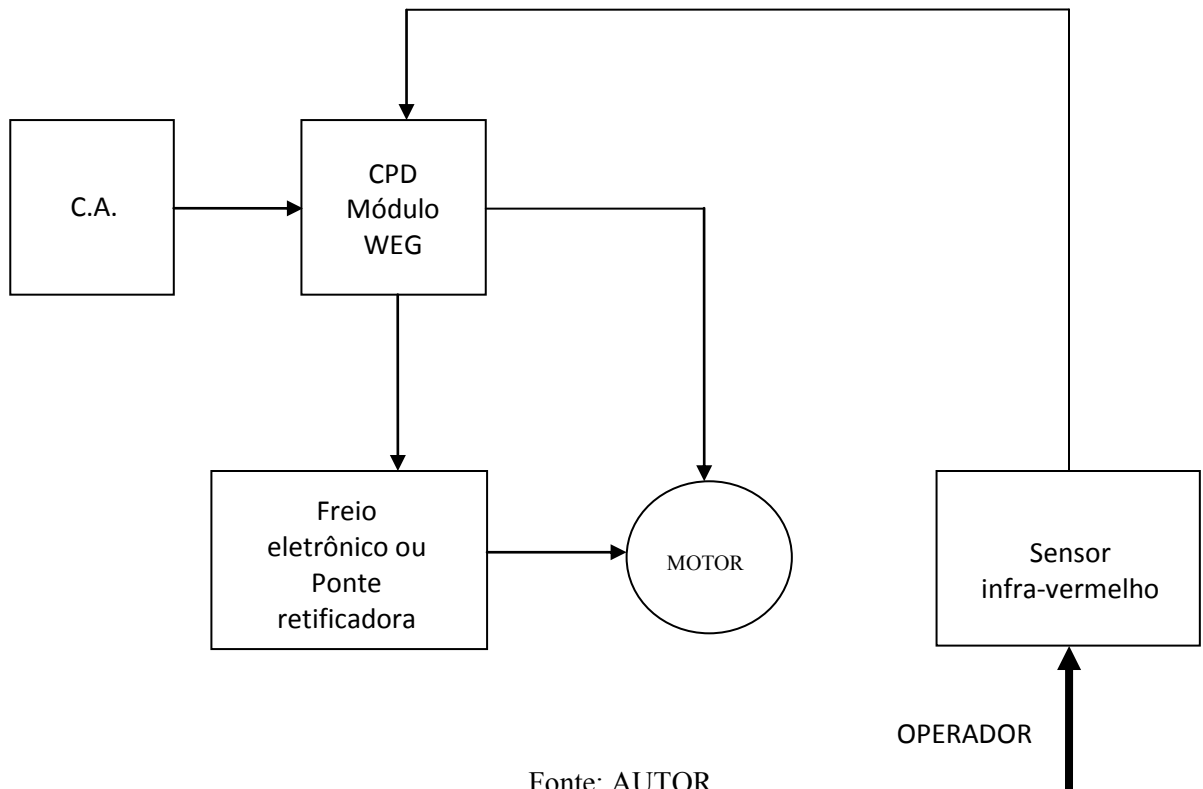
As aquisições de dados foram fruto dos melhores resultados obtidos, levando-se em consideração o critério do registro de uma condição de uniformidade e estabilidade nas inúmeras aquisições realizadas. Outro critério utilizado pela equipe, tão importante quanto o anterior é o fato que qualquer frenagem por aplicação de uma corrente elétrica contínua em um motor de indução gera a circulação de uma grande corrente, que é responsável pela criação de um grande torque frenante, e isto provoca um grande esforço nos enrolamentos do motor. Este procedimento pode danificar o motor e reduzir sua vida útil, caso seja executado repetidas vezes em um curto espaço de tempo.

Assim sendo, o teste foi realizado seguindo o mesmo procedimento, porém usando dois mecanismos de parada do motor da serra circular, sendo um a ponte retificadora e o outro o freio eletrônico. Inicialmente, utilizou-se a ponte retificadora como fonte de tensão contínua utilizada na frenagem do motor de indução trifásico (propulsor da serra). Em seguida passou-se à aquisição de dados com o objetivo de quantificar o tempo de parada completo do sistema. Para isso, utilizou-se o tacômetro e o osciloscópio de aquisição de dados, o conjunto de contatores e um encoder acoplado ao eixo do motor da serra circular.

O tacômetro, ao receber os pulsos enviados pelos contatos do encoder, realiza o cálculo da rotação do motor da serra circular e um de seus contatos foi programado para atuar quando a rotação do motor reduzisse a zero (0) rotações por minuto, ou seja, motor parado, indicando para o canal 1 do osciloscópio a parada total do motor da serra. O canal 2 do osciloscópio faz a captura do sinal de atuação do sensor de presença infravermelho, instalado

na coifa protetora da serra, indicando que a mão do operador entrou no campo de detecção do sensor, que estava posicionado a uma distância de segurança. O intervalo de tempo entre o canal 2 e o canal 1 do osciloscópio, indica o tempo desde a atuação do sensor de presença e até a parada completa do motor, conforme a Figura 10.

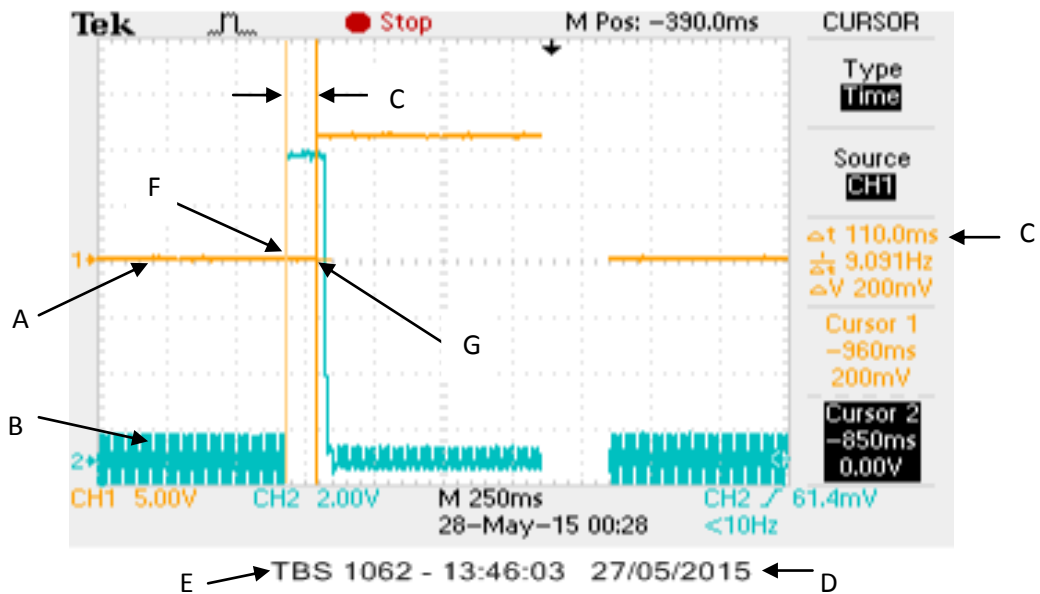
Figura 10 - Esquema dos equipamentos utilizados no teste para a aquisição de dados



Foram realizadas 12 (doze) aquisições de tempo de parada total do sistema, sendo 06 (seis) aquisições para a solução com a utilização da ponte retificadora e outras 06 (seis) para a solução utilizando o freio eletrônico. Em cada aquisição existem 02 (dois) gráficos, sendo que o da esquerda demonstra o cursor do osciloscópio alinhado com o início da parada do sistema demonstrando o tempo de parada total do sistema e os gráficos à direita o tempo de parada total do sistema com os cursores deslocados. Nos gráficos estão as curvas feitas pelos cursores dos canais do osciloscópio sendo o cursor do canal 1 (cor amarela) e o cursor do canal 2 (cor azul). Para cada dupla de gráficos de aquisição de dados, o gráfico à esquerda demonstra o tempo total de parada do sistema e o da direita, que é o mesmo gráfico, não apresenta a delimitação do tempo através dos cursores do osciloscópio; utilizou-se essa forma para tornar possível a visualização das curvas sem a interferência dos cursores, conforme os gráficos à direita. Todas as aquisições de tempo estão demonstradas nos Apêndices D, E, F e G.

Conforme os testes realizados, os menores tempos obtidos foram com a utilização da ponte retificadora como demonstra as aquisições 4, 5 e 6, do Gráfico (Apêndice E), com o tempo de parada total do sistema ( $\Delta t$ ) em respectivos de 110, 100 e 100 milissegundos. O Gráfico 19 explica os dados de aquisição do tempo de parada total do sistema.

Gráfico 19 - Aquisição de dados com o uso da ponte retificadora e o relé do sensor



Fonte: AUTOR

- A) Cursor do canal 1 (amarelo), indica o momento em que o tacômetro reconhece 0 (zero) rotações por minuto (RPM), ou seja motor parado.
- B) Cursor do canal 2 (azul), indica o momento em que o sensor de presença (infravermelho) detecta a presença da mão do operador da serra e envia essa informação ao relé da ponte retificadora ou do freio eletrônico.
- C) Tempo de parada total do sistema ( $\Delta t$ ).
- D) Data e hora de realização da aquisição de dados.
- E) Modelo do osciloscópio utilizado.
- F) Momento no qual o sensor de infravermelho reconhece a mão do operador.
- G) Momento em que o tacômetro indica que o motor está parado.

#### 4.2.5.3 Cálculo da distância de segurança

O tempo de parada total do sistema é de fundamental importância para o cálculo da distância de segurança (1), onde deverá ser posicionado o sensor de presença para que o sistema de segurança realize a parada do motor da serra circular e assim garantir segurança das mãos do operador da serra circular. O cálculo da distância mínima de segurança é normatizado conforme a Norma Regulamentadora 12, Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, conforme o Anexo I, subitem B: cálculo das distâncias mínimas de segurança para instalação de detectores de presença opto eletrônicos (*Electro-sensitive protective Systems - ESPS*) usando cortina de luz (*Active Opto-electronic Protective Device - AOPD*) (BRASIL, 2013h).

1. A distância mínima na qual ESPS usando cortina de luz - AOPD deve ser posicionada em relação à zona de perigo, observará o cálculo de acordo com a norma ISO 13855. Para uma aproximação perpendicular a distância pode ser calculada de acordo com a fórmula geral apresentada na seção 5 da ISO 13855, a saber:

$$S = (K \times T) + C \quad \dots\dots\dots (1)$$

Onde:

S: é a mínima distância em milímetros, da zona de perigo até o ponto, linha ou plano de detecção;

K: é um parâmetro em milímetros por segundo, derivado dos dados de velocidade de aproximação do corpo ou partes do corpo;

T: é a performance de parada de todo o sistema - tempo de resposta total em segundos;

C: é a distância adicional em milímetros, baseada na intrusão contra a zona de perigo antes da atuação do dispositivo de proteção.

1.1 A fim de determinar K, uma velocidade de aproximação de 1600 mm/s (mil e seiscentos milímetros por segundo) deve ser usada para cortinas de luz dispostas horizontalmente. Para cortinas dispostas verticalmente, deve ser usada uma velocidade de aproximação de 2000 mm/s (dois mil milímetros por segundo) se a distância mínima for igual ou menor que 500 mm (quinhentos milímetros). Uma velocidade de aproximação de 1600 mm/s (mil e seiscentos milímetros por segundo) pode ser usada se a distância mínima for maior que 500 mm (quinhentos milímetros).

1.2 As cortinas devem ser instaladas de forma que sua área de detecção cubra o acesso à zona de risco, com o cuidado de não se oferecer espaços de zona morta, ou seja, espaço entre a cortina e o corpo da máquina onde pode permanecer um trabalhador sem ser detectado.

1.3. Em respeito à capacidade de detecção da cortina de luz, deve ser usada pelo menos a distância adicional C no quadro IV quando se calcula a mínima distância S.

Quadro IV - Capacidade de detecção x distância adicional

Capacidade de detecção (mm)	Distancia adicional - C (mm)
$C \leq 14$	0
$14 < C \leq 20$	80
$20 < C \leq 30$	130
$30 < C \leq 40$	240
$40 < C$	850

Fonte: BRASIL, 2013h

Nessa pesquisa foram considerados os seguintes valores para o cálculo da distância de segurança:

$K = 1600 \text{ mms}^{-1}$ , pois o sensor está disposto verticalmente e a distância mínima é maior do que 500 mm (quinhentos milímetros).

$C = 0 \text{ mm}$ , pois a capacidade de detecção do sensor é menor que 14mm.

$T = (\Delta t) = 100 \text{ ms} = 100/1000 = 0,1 \text{ s}$

$S = (1600 * 0,1) + 0$

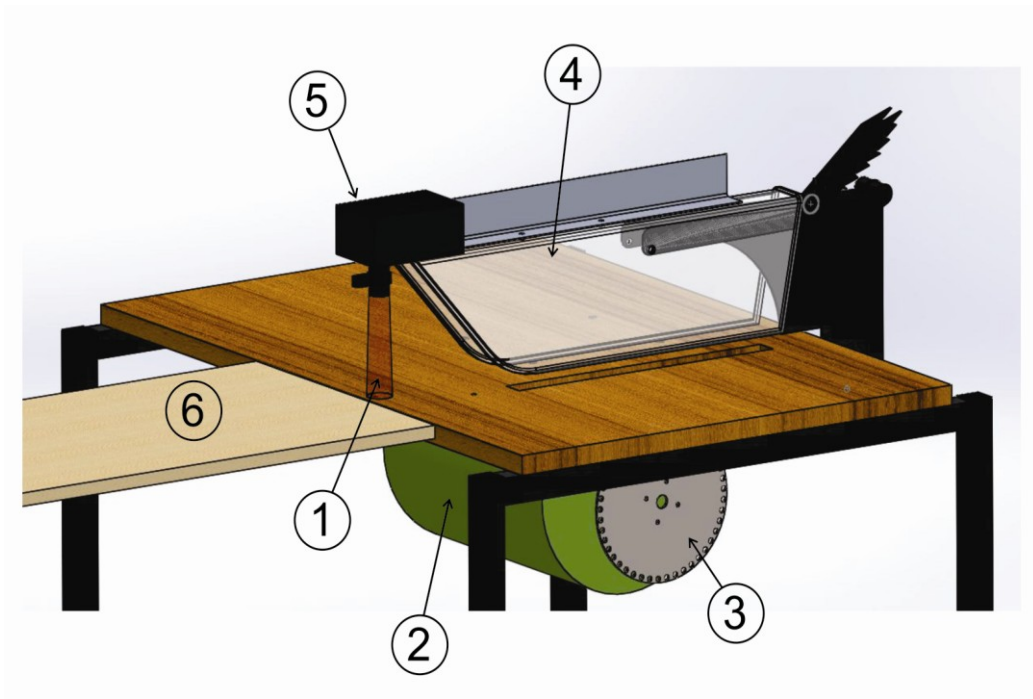
$S = 160 \text{ mm}$ , ou 16 cm (dezesesseis centímetros)

A seguir estão os detalhes do protótipo do sistema de segurança que foi desenvolvido nessa pesquisa com as principais peças que compõem o sistema e também peças que foram utilizadas na aquisição dos dados do teste, conforme a Figura 11 que mostra uma visão espacial e a Figura 12 que mostra uma vista lateral.

- 1) Área de detecção do sensor de presença.
- 2) Motor da Serra circular.
- 3) Encoder para aquisição de dados.
- 4) Coifa de proteção em material acrílico.
- 5) Sensor de presença.
- 6) Tábua.
- 7) Distância de detecção do sensor até a abertura do início do corte da madeira.

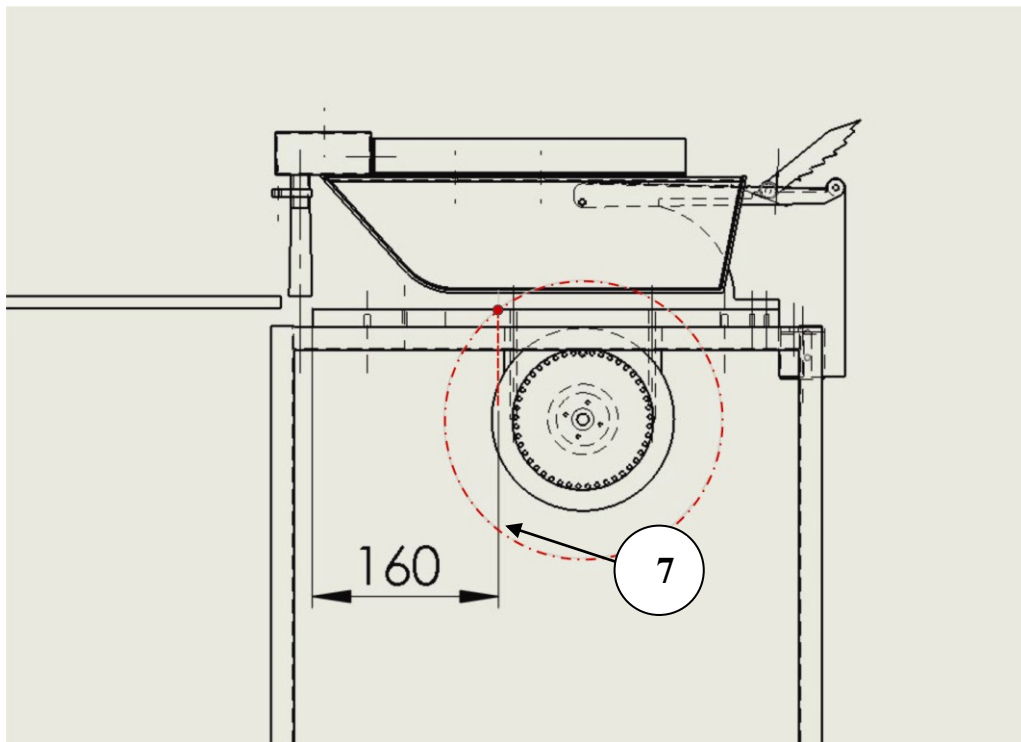


Figura 11 - Detalhe do protótipo do sistema de segurança - visão espacial



Fonte: AUTOR

Figura 12 - Detalhe do protótipo do sistema de segurança - visão lateral



Fonte: AUTOR

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo desenvolvimento de produto de Ulrich e Eppinger é um modelo genérico com características que contribuíram muito com o objetivo da pesquisa como a fluidez do processo, as portas difusas, a focagem e a flexibilidade. Devido ao limitado tempo e pelo ambiente institucional (acadêmico), essas características foram decisivas para concluir a proposta do sistema de segurança para a serra circular de bancada, pois de forma contrária aos modelos considerados tradicionais, em termos de decisão e gestão do processo, em vários momentos foi necessário retornar à etapas anteriores do processo para refazer o trabalho, onde na prática desenvolveu-se um processo de melhorias contínuas na proposta do sistema.

No desenvolvimento dos passos da metodologia adotada, especificamente na etapa do identificação das oportunidades (Planejamento), o *check-list* confirmou que o dispositivo de segurança da serra circular de bancada (coifa protetora) está implantado em todas as obras visitadas e que nas empresas visitadas 74,3% estão em conformidade com os aspectos legais referentes aos itens de prevenção relacionados na NR 18, que é um dos objetivos específicos. Porém os dados estatísticos de acidentes do trabalho alertam que tais aspectos não são suficientes para proteger as mãos dos operadores. Este fato confirma a necessidade de inovar a serra circular, ou seja, é uma oportunidade de mercado.

No Passo 1 (desenvolvimento do conceito), o levantamento das necessidades dos clientes (carpinteiros), que é outro objetivo específico, serviu de base para estabelecer as especificações alvo do sistema de segurança, possibilitando a idealização de cinco (05) conceitos, que foram sendo avaliados, inicialmente de forma pontual e posteriormente utilizando um critério de desempenho por meio de pesos, permitindo a definição do melhor conceito a ser desenvolvido. Este processo garantiu uma maior segurança para a equipe, pois é um processo explícito, documentado, que facilitou o entendimento e deu suporte às decisões.

Em seguida, desenvolveu-se o protótipo do sistema de segurança e realizou-se o teste do protótipo utilizando-se um tacômetro e um osciloscópio digital para a aquisição de dados, O teste simulou a aproximação da mão do operador, de encontro à zona de detecção do sensor de presença infravermelho, que ao detectar a presença da mão do operador envia o sinal para a Central de Processamento de Dados (CPD) - Módulo WEG e este aciona o freio eletrônico ou à ponte retificadora, parando o motor da serra. No osciloscópio foram registrados, por meio de gráficos, os tempos de parada total do motor da serra circular. As aquisições de dados foram

fruto dos melhores resultados obtidos, utilizando-se como critério o registro da condição de uniformidade e estabilidade nas inúmeras aquisições realizadas. Os menores tempos foram obtidos com o uso da ponte retificadora obtendo 100 milésimos de segundo. Esse tempo obtidos nos testes serviram para calcular a distância de segurança entre o ponto de contato da madeira com o disco da serra circular e posição de instalação do sensor de presença infravermelho na coifa protetora, regulamentado segundo o Anexo I, subitem B, da norma regulamentadora 12, resultando em 160 milímetros.

No Brasil, o número de trabalhadores acidentados ou que desenvolvem outros tipos de agravos à saúde é extremamente alto, produzindo custos sociais e econômicos que são arcados por toda a coletividade. Esse cenário só pode ser alterado se todos os atores sociais assumirem o compromisso de contribuir para o desenvolvimento da sociedade. Nesse contexto, os empresários e empregados assumem um papel importante e podem se consolidar como elemento central na construção de espaços laborais que promovam a cidadania e garantam o trabalho digno, sem acidentes, e na melhoria das condições de vida de seus empregados.

Conclui-se também que o objetivo principal da pesquisa foi alcançado e espera-se que este sistema de segurança seja o início de uma solução para dar maior proteção aos operadores da serra circular de bancada e que possa ser normatizado e implantado nos serviços de carpintaria.

Para futuras pesquisas, sugere-se que sejam feitas melhorias no protótipo de modo a atender as regulamentações previstas na norma Regulamentadora 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Também que a rede de ensino, ofereça o curso de qualificação para o profissional de carpintaria e que haja uma maior fiscalização nas construtoras em relação a essa falha. Por último que desenvolvam pesquisas sobre a redução de ruído e poeira na operação da serra circular de bancada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 12.159:1992 - Máquinas para trabalhar madeira - Serra circular com e sem mesa móvel. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=3813>> Acesso em: 05.mar.2015.
- ALMEIDA, L. F.; MIGUEL, P. A. C. Gestão do desenvolvimento de novos produtos: uma pesquisa teórica em torno das dimensões e da dinâmica desse processo. **Anais. XIV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**, UNESP, Bauru, 2007.
- ASSAHI, P. N. **Sistema de Forma para Estruturas de Concreto**. Disponível em: <[http://www.deecc.ufc.br/Download/TB736\\_construcao%20de%20edificios/Estruturas%20de%20Concreto%20Armado\\_agosto%20de%202005/Texto%20Paulo%20Assahi%20%20SISTEMAS%20DE%20FORMAS.pdf](http://www.deecc.ufc.br/Download/TB736_construcao%20de%20edificios/Estruturas%20de%20Concreto%20Armado_agosto%20de%202005/Texto%20Paulo%20Assahi%20%20SISTEMAS%20DE%20FORMAS.pdf)>. Acesso em: 26 ago. 2013.
- BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos**. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.
- BRASIL. Ministério da Fazenda. **Relatório Economia Brasileira em perspectiva**. Distrito Federal, 2013a. Disponível em: <<http://www.fazenda.gov.br/portugues/docs/perspectiva-economia-brasileira/edicoes/Economia-Brasileira-EmPerspectiva-Jan-Mar-19-04-13.pdf>>. Acesso em: 5 ago. 2013.
- \_\_\_\_\_. **Novo pacto pelo trabalho na construção civil**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/02/29/novo-pacto-pelo-trabalho-na-construcao-civil>>. 2013b. Acesso em: 2 ago. 2013.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **Classificação Brasileira de Ocupações**. Disponível em: <<http://www.mtebo.gov.br/cbsite/pages/pesquisas/ResultadoFamiliaCompetencias.jsf>>. 2013c. Acesso em: 2 ago. 2013.
- \_\_\_\_\_. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 2013d. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em 8 jul. 2013.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras. NR-06**. Brasília, DF, 2013e. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2013.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras. NR-1**. Brasília, DF, 2013f. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2013.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras. NR-18**. Brasília, DF, 2013g. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2013.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras. NR-12**. Brasília, DF, 2013h. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2013.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **PORTARIA N.º 25, de 29 de dezembro de 1994**. Brasília, DF, 2013i. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEA44A24704C6/p\\_19941229\\_25.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEA44A24704C6/p_19941229_25.pdf)>. Acesso em: 20.ago. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Lei de Inovação**. Brasília, DF, 2013j. Disponível em: < <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/8477.html> lei de inovação>. Acesso: 09.jun. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Pesquisa de Inovação Tecnológica 2008**, Rio de Janeiro, RJ, 2013k. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pintec/2008/default.shtm>>. Acesso: 10.jun. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Previdência Social. **Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho 2013**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<http://www.previdenciasocial.gov.br/anuarios/aeat>>. Acesso em: 17 nov. 2014.

BORGES, M.M.: **Proposta de um Ambiente Colaborativo de Apoio aos Processos de Ensino/ Aprendizagem do Projeto**. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia de Produção). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ, 2004.

BUENO, B. P. S. **Sistema de produção da arquitetura da cidade colonial Mestres de ofício, riscos e traças**. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/anaismp/article/view/39816/42680>>. Acesso em: 5 abr. 2013.

BUSS, C. de O.; CUNHA, G. D. da. Modelo referencial para o processo de desenvolvimento de novos produtos. **Anais. XXII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**. Salvador, Bahia, 2002.

COLIN, S. V. **Técnicas construtivas do período colonial – I**. Disponível em: <<http://phonteboa.blog.terra.com.br/2011/files/2011/05/tecnicas-construtivas-do-periodo-colonial.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

DE CICCIO, F.; FANTAZZINI, M. L. **Tecnologias consagradas de gestão de riscos**. 2 ed. São Paulo: Risk Tecnologia, 2003.

DE JESUS GOMES, A. J. **Processos de desenvolvimento de produto: influência da utilização de uma metodologia estruturada**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade do Porto.

FARIA, Maila Teixeira. **Gerência de riscos**: apostila do curso de especialização em

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6<sup>a</sup>. ed. São Paulo. Editora: Atlas. SP, 2010.

GOMES. H. P. **Construção civil e saúde do trabalhador: um olhar sobre as pequenas obras**. 2011. 191f. Tese (Doutorado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2011.

GONÇALVES, J. E. L. **As empresas são grandes coleções de processos**. Revista Virtual Uniandrade. v. 4, 2003.

HANSEN, R. **Proposta de estruturação das fases iniciais do processo de desenvolvimento de produto para o setor moveleiro de Bento Gonçalves**. Porto Alegre: UFRGS, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **Circular saw benches - Safe working practices**. Woodworking sheet n° 16 (rev1), 1999. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/pubns/wis16.pdf>> Acesso em: 03.03.2015

HOXIE, S. C.; CAPO, J. A.; DENNISON, D. G; SHIN, A. Y. **The Economic Impact of Electric Saw Injuries to the Hand.** The Journal of Hand Surgery. Volume 34, Issue 5, maio-junho de 2009, Pages 886-889.

INCON. **Tacômetro Modelo CM 9100 IV.** Disponível em: <<http://www.incon.com.br/index.php?sec=produtos&funcao=categoria&id=18>>. Acesso em 02.06.2015.

INSTRUCAMP. **Osciloscópio Tektronix 1062.** Disponível em: <<http://loja.instrucamp.com.br/products/osciloscopio-tektronix-tbs1062>>. Acesso em: 01.06.2015

JUNG, C. F.; RIBEIRO, J. L. D.; ECHEVESTE, M. E. S.; CATEN, C. S. t. **Uma discussão de modelos de desenvolvimento de produto e suas características lineares e sistêmicas.** Anais. VIII SEPROSUL – Semana de Engenharia de Produção Sul-Americana. Bento Gonçalves, FEENG, 2008.

JUNG, C. F.; SUARES, T. M.; CATEN, C. S. **Adaptação e aplicação de um método de desenvolvimento de produtos em uma microempresa de manufatura de produtos decorativos.** *Revista P&D em Engenharia de Produção*, Itajubá, v. 7, n. 1, p. 37-63, 2009.

KASPER, H. **O processo de pensamento sistêmico: um estudo das principais abordagens a partir de um quadro de referência proposto.** Porto Alegre: UFRGS. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

KINDLEIN JÚNIOR, W.; CÂNDIDO, L. H.; PLATCHECK, E. Analogia entre as Metodologias de Desenvolvimento de Produtos Atuais, com a Proposta de uma Metodologia com Ênfase no Ecodesign. **Anais. II Congresso Internacional de Pesquisa em Design**, Rio de Janeiro, 2003.

KRISHNAN, V.; ULRICH, K. T. Product Development Decisions: a Review of the Literature. **Management Science**, v. 47, n. 1, 2001, p. 1-21.

KOTLER, P.; ARMSTRONG, G. **Princípios de marketing.** 7 ed. Tradução Vera Whately. LTC: Rio de Janeiro, 1999.

KOTLER P.; KELLER K. L. **Administração de Marketing**, 12 edição, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

LEITE, S. **Arte e Ofícios dos Jesuítas no Brasil (1549-1760).** Lisboa/Rio de Janeiro, Edições Brotéria/Livros de Portugal, 1953.

LIMA JÚNIOR, J. M. Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção no Brasil. “In”: LIMA JÚNIOR, Jófilo Moreira, VALCÁRCEL, Alberto López e DIAS, Luís Alves (orgs). **Segurança e saúde no trabalho da construção: experiência brasileira e panorama internacional.** Brasília: OIT – Secretaria internacional do trabalho, 2005, pp.9-34.

MEIRELLES, C. R. M. **Considerações sobre o uso da madeira do Brasil em Construções Habitacionais.** III Fórum de Pesquisa FAU, Mackenzie, 2007.

MORAES, G. A. **Norma regulamentadoras comentadas e ilustradas.** 7ª ed. Vols. 1,2 e 3. Rio de Janeiro. Editora: Gerenciamento Verde Editora e livraria virtual. RJ, 2009.

NAVEIRO, R. M.; GOUVINHAS R. Projeto do Produto: competitividade e inovação. In: **Eduardo Romeiro. (Org.). Projeto do Produto.** 1 Ed. São Paulo: Elsevier, 2010, v. , p. 43-65.

NAZAR, N. **Fôrmas e escoramentos para edifícios: critérios para dimensionamento e escolha do sistema**. 1ª ed. São Paulo. Editora Pini. SP, 2007.

OLIVEIRA, J. C. de. **Segurança e saúde no trabalho: uma questão mal compreendida**. São Paulo Perspec. São Paulo, v. 17, n. 2 Jun. 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-88392003000200002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392003000200002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 07 Nov. 2013.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. Trad. Werner, H. A., 6ª ed. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 2005.

PELEGRINI, S. de C. A.; HOFFMANN, A. C. 2009. **A técnica de construir em madeira: um legado do patrimônio cultural para a cidade de Maringá**. Disponível em: <<http://www.pph.uem.br/cih/anais/trabalhos/732.pdf>>. [Acesso em: 2 abr. 2013.

PRODANOV, C. C. FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico] : métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REVISTA CONSULTOR JURÍDICO. **Preço alto: País gasta R\$ 71 bilhões com acidente de trabalho**. 21.10.2011. Disponível em: <<http://www.conjur.com.br/2011-out-21/economista-brasil-gasta-71-bilhoes-acidentes-trabalho>>. Acesso em: 01 out. 2013.

REVISTA DA MADEIRA. **Uso adequado de serra circular reduz acidentes**. Disponível em: [http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=442&subject=Seguran%E7a&title=Uso%20adequado%20de%20serra%20circular%20reduz%20acidentes](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=442&subject=Seguran%E7a&title=Uso%20adequado%20de%20serra%20circular%20reduz%20acidentes). Acesso em : 24 nov. 2014

ROBSON, C. **Real world research: a resource for social scientists and practitioner - researchers**. Oxford: Blackwell Publishers, 2nd ed, 2002.

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de Desenvolvimento de Produto: uma referencia para a melhoria do processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3 Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

SAMPAIO, J.C. de A. **Manual de aplicação da NR-18**. 1ª ed. São Paulo: Editora Pini - Sinduscon: SP, 1998.

SANTOS, A.K; ROZEMBERG, B. **Estudo de recepção de impressos por trabalhadores da construção civil: um debate das relações entre saúde e trabalho**. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, vol. 22, n°5, p.975-985, maio, 2006.

SAURIN, T. A.; LANTELME, E; FORMOSO, C. T. **Contribuições para Aperfeiçoamento da NR-18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Porto Alegre: Universidade federal do Rio Grande do Sul, 2000. 140 p. Relatório de Pesquisa.

SEBRAE. SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Critérios de classificação de empresas. Disponível: <<http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154>>. Acesso em: 28 nov.2014.

SESI. SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. Divisão de Saúde e Segurança – DSST. **Manual de segurança e saúde no trabalho: Indústria da construção civil - Edificações**. São Paulo: SESI, 2008. 212p.

SESMT. Portal SESMT. Disponível em< <http://www.sesmt.com.br/Blog/Categoria/APR>>  
Acesso em: 26 nov. 2013.

SINDUSCON. **Ordem de serviço de carpinteiro**. Disponível em:  
<http://www.sindusconfpolis.org.br/MyFiles/.../OS/OS%20-%20Carpinteiro.doc>>. *Acesso em:* 21out. 2013.

TEIXEIRA, S. **Série Áreas Promissoras 2013: Construção Civil**. Disponível em:  
<<http://www.catho.com.br/carreirasucesso/noticias/serie-areas-promissoras-2013-construcao-civiln>>. Acesso em: 2 ago. 2013.

ULRICH, K. T; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. 5ªed. Nova York: McGraw-Hill Irwin, 2012.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ªed. Porto Alegre: Bookman, 2001.



**APÊNDICE A - Estatística de acidentes do trabalho registrados**

**APÊNDICE B - *Check-list* do serviço de carpintaria**

**APÊNDICE C - Levantamento das necessidades dos clientes**

**APÊNDICE D - Tempo de acionamento do relé da ponte retificadora**

**APÊNDICE E - Tempo de parada total usando a ponte retificadora**

**APÊNDICE F - Tempo de acionamento do relé do freio eletrônico**

**APÊNDICE G - Tempo de parada total usando o freio eletrônico**

**APÊNDICE A - Estatística de acidentes do trabalho registrados**

	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Contribuintes empregados no Brasil	49.159.233	54.332.475	55.785.995	61.307.072	66.156.302	68.962.753	71.052.479
Contribuintes empregados na construção	3.723.869	4.742.044	5.112.004	6.236.298	6.982.537	7.489.616	7.595.995
Acidentes típicos registrados no Brasil	417.036	441.925	424.498	417.295	426.153	426.284	432.254
Acidentes típicos na construção civil	25.797	33.288	35.265	36.611	39.282	41.748	40.465
Ferimento do punho e da mão	67.774	71.710	75.428	70.797	66.259	69.383	63.622
Fratura ao nível do punho e da mão	30.113	30.337	32.679	30.722	33.504	49.284	33.006
Amputação traumática ao nível do punho e da mão	6.412	6.087	6.181	5.067	4.841	8.371	5.787
Ferimento do antebraço	5.537	5.987	6.632	5.975	5.459	6.578	5.366
Traumatismo do olho e da órbita ocular	2.752	2.920	2.990	2.774	2.373	2.759	2.257

Fonte: BRASIL, 2014

## APÊNDICE B - *Check-list* do serviço de carpintaria

**DATA:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Este documento é parte integrante de uma pesquisa de Mestrado em Ambiente Construído com o objetivo de analisar o setor de carpintaria de forma na utilização da serra circular em canteiros de obras.

Código da obra: \_\_\_\_\_

<b>CARPINTARIA</b>	Sim	Não
Quanto à serra circular (18.7.2):		
1) A mesa é estável, resistente, com fechamento de suas faces inferiores, anterior e posterior?		
2) A mesa não possui irregularidades?		
3) O dimensionamento da mesa é suficiente para a execução das tarefas?		
4) A carcaça do motor é aterrada eletricamente?		
5) O disco está afiado, travado, sem trincas, sem dentes quebrados ou empenamentos?		
6) As transmissões de força mecânica estão protegidas por anteparos fixos e resistentes?		
7) Possui coifa protetora do disco e cutelo divisor?		
8) Existe o coletor de serragem?		
9) São utilizados dispositivo empurrador e guia de alinhamento? (18.7.3)		
10) As lâmpadas de iluminação da carpintaria estão protegidas contra impactos? (18.7.4)		
11) O piso é resistente, nivelado e antiderrapante, com cobertura? (18.7.5)		
12) O(s) carpinteiro(s) operações que operam a serra circular são qualificados conforme a NR-18? (18.7.1).		
13) Os carpinteiros receberam treinamento admissional visando a garantir a execução de suas atividades com segurança? (18.28.2)		
14) Os carpinteiros receberam treinamento periódico visando a garantir a execução de suas atividades com segurança? (18.28.3)		
15) Nos treinamentos, os trabalhadores receberam cópias dos procedimentos e operações a serem realizadas com segurança? (18.28.4)		
16) Os dispositivos de acionamento e parada estão em conformidade com a NR -18? (18.22.7)		
17) Os EPI's usados na operação da serra circular foram fornecidos pela empresa? (18.23.1)		
18) O(s) operador(es) da serra circular usam os EPI's? (6.7.1 a)		
19) A ordem de serviço foi entregue para os carpinteiros? (1.7 b)		
20) Existe sinalização de segurança na carpintaria? (18.27.1.d)		
Observações:		

## APÊNDICE C - Levantamento das necessidades dos clientes



### Apresentação:

Este questionário tem por objetivo coletar dados sobre a segurança na operação da serra circular de bancada em canteiros de obra na cidade de Juiz de Fora.

Estes dados serão utilizados para auxiliar uma pesquisa que objetiva contribuir com melhorias na segurança da operação da serra circular de bancada. As respostas cedidas a este questionário, apoiam a Dissertação de Mestrado para área de Gestão do Ambiente Construído da Faculdade de Engenharia da UFJF, do mestrando Carlos Martins Ferreira, orientado pelo Professor Dr. Marcos Martins Borges.

Com o intuito de preservar as opiniões e dados, as identidades das empresas respondentes não serão divulgadas. Para análise dos dados os responsáveis serão identificados por códigos presentes no início do questionário.

### **Carlos Martins Ferreira**

Engenheiro Civil e de Segurança do Trabalho - PROAC/UFJF/IFSUDESTMG

Email: carlos.martins@ifsudestemg.edu.br

Telefone: (32) 8808-2081

### **Marcos Martins Borges**

Professor – PROAC/UFJF

Email: marcos.borges@engenharia.ufjf.br

Telefone: (32) 2102-3405

Nome da Empresa: \_\_\_\_\_

Código de Identificação da empresa: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

Responsável pela Informação: \_\_\_\_\_

Código de Identificação do Responsável pela Informação: \_\_\_\_\_

Cargo/Função: Carpinteiro/Operador de serra circular

Sendo assim, solicito a sua importante contribuição respondendo as perguntas nas 02 páginas seguintes.

## LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES

### 1. Perfil do carpinteiro

- a) Qual a sua idade? \_\_\_\_\_ anos.
- b) Há quantos anos você trabalha na construção como carpinteiro? \_\_\_\_ ano(s) \_\_\_\_ mês(es).
- c) Qual o seu tempo de experiência na operação da serra circular? \_\_\_\_ ano(s) \_\_\_\_ mês(es).
- d) Você fez curso de qualificação de carpinteiro com duração entre 200 e 400 horas?  
 SIM. Faz quanto tempo que você fez curso de carpinteiro? \_\_\_\_ ano(s) \_\_\_\_ mês(es).  
 NÃO.
- e) Você está classificado na carteira de trabalho como carpinteiro?  SIM  NÃO

2.	Em relação a acidentes do trabalho, responda:	SIM	NÃO
a.	Ao operar a serra circular, você já sofreu lesão (corte ou amputação) na mão?		
b.	Ao operar a serra circular, você já sofreu choque elétrico?		
c.	Você já teve problemas respiratórios devido ao pó de madeira da serra?		
d.	Ao operar a serra circular, já foi atingido por pedaço do disco?		
e.	Ao operar a serra circular, já foi atingido por pedaço de madeira?		
f.	Na sua opinião a serra circular é uma máquina perigosa?		
g.	É preciso aumentar a segurança no uso da serra circular?		

	Em relação à sua segurança na operação da serra circular, responda:	SIM	NÃO	ÀS VEZES
h.	Você usa o protetor facial?			
i.	Você usa o abafador de ruídos?			
j.	Você usa máscara de proteção para poeiras?			
k.	Você usa a coifa de proteção abaixada?			
l.	Você usa o dispositivo empurrador para proteger sua mão?			
m.	Você observa se os dentes do disco estão afiados e sem trincas?			

Nas perguntas abaixo, marque um único "X" na frente da opção, que na sua opinião contribuirá para melhorar a segurança na operação da serra circular.

3.	A coifa protetora é um equipamento de proteção coletiva. Qual a razão de não utilizar a coifa protetora?
	a. Dificuldade de regular a altura da coifa, devido à espessura das madeiras.
	b. A coifa atrapalha a visão do corte da madeira.
	c. Sem a coifa o serviço é mais rápido.
	d. Não tinha essa dificuldade, pois a serra circular não tinha coifa.
	e. Sempre uso a coifa protetora abaixada.

4.	Qual é o maior perigo na operação da serra circular?
	a. Choque elétrico.
	b. Partículas de madeira atingirem o rosto.
	c. Partículas do dente da serra circular atingirem o rosto.
	d. Corte e lesões nos dedos e mãos.

5.	Na sua opinião, qual seria o melhor material da coifa protetora?
	a. Metal totalmente fechado
	b. Metal com pequenas aberturas.
	c. Acrílico totalmente fechado.
	d. Acrílico fechado com pequenas aberturas.

6.	<b>Você conhece os sistemas de regulagem da coifa protetora?</b> ( ) SIM . Responda a pergunta 7 ( ) NÃO. Responda a pergunta 8
7.	<b>Em relação ao sistema de regulagem da altura da coifa protetora no corte da madeira, qual seria a melhor maneira?</b>
	a. Sistema de contrapeso.
	b. Sistema de parafuso com rosca.
	c. Sistema de mola.
	e. Sistema auto-ajustável

8.	<b>Quando você está cortando um pedaço de madeira pequeno, com suas mãos próximas ao disco da serra circular, o que você faz?</b>
	a. Toma muito cuidado.
	b. Usa o dispositivo empurrador.
	c. Mantém a coifa protetora abaixada.
	d. Usa o EPI, luva de raspa de couro

9. **Você acha que a serra circular de bancada deve ser modernizada para melhorar a proteção das mãos?**

( ) Sim ( ) Não

10. **Você tem alguma(s) sugestão(ões) para melhorar a segurança no uso da serra circular de bancada?**

---



---



---



---




---



---

11. **Marque um "X" no grau de importância das melhorias na operação da serra circular.**

	Melhorias na serra circular	Maior Grau de importância 			
		Muito Baixa	Baixa	Alta	Muito Alta
1.	Facilidade de regulagem da coifa.				
2.	Facilidade de visualização do corte da madeira.				
3.	Sistema de proteção das mãos contra cortes e amputação.				
4.	Segurança contra choque elétrico.				
5.	Baixo nível de emissão de poeiras.				
6.	Baixo nível de ruído.				
7.	Treinamento sobre segurança na operação da serra.				
8.	Proteção contra partículas de madeira e pedaço do disco.				

**APÊNDICE D - Tempo de acionamento do relé da ponte retificadora**  
**Ch1\_Tac 0rpm & h2\_Relé re**

Aquisições	Ch1_Tac 0rpm & h2_Relé re	
	Tempo de parada com cursor	Tempo de parada com cursor deslocado
1	<p>Tek Stop M Pos: -390.0ms CURSOR                  Type Time                  Source CH1  <math>\Delta t</math> 60.00ms  <math>\Delta f</math> 16.67Hz  <math>\Delta V</math> 0.00V                  Cursor 1 -780ms 200mV                  Cursor 2 -720ms 200mV                  CH1 5.00V CH2 2.00V M 250ms 28-May-15 00:35 CH2 / 61.4mV &lt;10Hz                  TBS 1062 - 13:53:33 27/05/2015</p>	<p>Tek Stop M Pos: -390.0ms CURSOR                  Type Time                  Source CH1  <math>\Delta t</math> 110.0ms  <math>\Delta f</math> 3.091Hz  <math>\Delta V</math> 0.00V                  Cursor 1 -960ms 0.00V                  Cursor 2 -850ms 0.00V                  CH1 5.00V CH2 2.00V M 250ms 28-May-15 00:34 CH2 / 61.4mV &lt;10Hz                  TBS 1062 - 13:51:53 27/05/2015</p>
2	<p>Tek Stop M Pos: -390.0ms CURSOR                  Type Time                  Source CH1  <math>\Delta t</math> 70.00ms  <math>\Delta f</math> 14.29Hz  <math>\Delta V</math> 11.4V                  Cursor 1 -490ms 0.00V                  Cursor 2 -420ms 11.4V                  CH1 5.00V CH2 2.00V M 250ms 28-May-15 21:01 CH2 / 61.4mV &lt;10Hz                  TBS 1062 - 10:19:09 28/05/2015</p>	<p>Tek Stop M Pos: -390.0ms CURSOR                  Type Time                  Source CH1  <math>\Delta t</math> 0.000s  <math>\Delta f</math> <math>\infty</math> Hz  <math>\Delta V</math> 0.00V                  Cursor 1 -720ms 200mV                  Cursor 2 -720ms 200mV                  CH1 5.00V CH2 2.00V M 250ms 28-May-15 20:59 CH2 / 61.4mV &lt;10Hz                  TBS 1062 - 10:17:18 28/05/2015</p>
3	<p>Tek Stop M Pos: -390.0ms CURSOR                  Type Time                  Source CH1  <math>\Delta t</math> 60.00ms  <math>\Delta f</math> 16.67Hz  <math>\Delta V</math> 11.2V                  Cursor 1 -610ms 0.00V                  Cursor 2 -550ms 11.2V                  CH1 5.00V CH2 2.00V M 250ms 28-May-15 21:03 CH2 / 61.4mV &lt;10Hz                  TBS 1062 - 10:21:51 28/05/2015</p>	<p>Tek Stop M Pos: -390.0ms CURSOR                  Type Time                  Source CH1  <math>\Delta t</math> 10.00ms  <math>\Delta f</math> 100.0Hz  <math>\Delta V</math> 0.00V                  Cursor 1 -300ms 0.00V                  Cursor 2 -310ms 0.00V                  CH1 5.00V CH2 2.00V M 250ms 28-May-15 21:02 CH2 / 61.4mV &lt;10Hz                  TBS 1062 - 10:20:47 28/05/2015</p>

Fonte: AUTOR

**APÊNDICE E - Tempo de parada total usando a ponte retificadora**  
**Ch1\_Tac 0rpm & h2\_Relé sensor**

Aquisições	Tempo de parada com cursor		Tempo de parada com cursor deslocado	
	4	<p>TBS 1062 - 13:46:03 27/05/2015</p>	<p>TBS 1062 - 13:41:24 27/05/2015</p>	
5	<p>TBS 1062 - 10:26:11 28/05/2015</p>	<p>TBS 1062 - 10:24:44 28/05/2015</p>		
6	<p>TBS 1062 - 10:27:28 28/05/2015</p>	<p>TBS 1062 - 10:31:13 28/05/2015</p>		

Fonte: AUTOR



**APÊNDICE F - Tempo de acionamento do relé do freio eletrônico**  
**Ch1\_Tac 0rpm & h2\_Relé ret 3**

Aquisições	Tempo de parada com cursor		Tempo de parada com cursor deslocado	
	7	<p>TBS 1062 - 11:17:19 02/06/2015</p>	<p>TBS 1062 - 11:14:39 02/06/2015</p>	
8	<p>TBS 1062 - 11:22:45 02/06/2015</p>	<p>TBS 1062 - 11:21:29 02/06/2015</p>		
9	<p>TBS 1062 - 11:27:20 02/06/2015</p>	<p>TBS 1062 - 11:24:05 02/06/2015</p>		

Fonte: AUTOR

**APÊNDICE G - Tempo de parada total usando o freio eletrônico**  
**Ch1\_Tac 0rpm & h2\_Relé sensor 4**

Aquisições	Ch1_Tac 0rpm & h2_Relé sensor 4	
	Tempo de parada com cursor	Tempo de parada com cursor deslocado
10	<p>TBS 1062 - 11:02:52 02/06/2015</p>	<p>TBS 1062 - 10:58:05 02/06/2015</p>
11	<p>TBS 1062 - 11:07:11 02/06/2015</p>	<p>TBS 1062 - 11:05:48 02/06/2015</p>
12	<p>TBS 1062 - 11:09:36 02/06/2015</p>	<p>TBS 1062 - 11:08:38 02/06/2015</p>

Fonte: AUTOR

**ANEXO A - Modelo de ordem de serviço para a função de carpinteiro**

**ANEXO B - Análise preliminar de risco da utilização da serra circular**

### ANEXO A - Ordem de serviço para carpinteiro

<b>Código:</b>	<b>ORDEM DE SERVIÇO - SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO</b>	
<p>Pela presente Ordem de Serviço objetivamos informar os trabalhadores que executam suas atividades laborais, conforme estabelece a Lei nº 6514 de 22/12/1977 e Portaria nº 3214 de 08/06/1978) e nas Normas regulamentadoras: NR-1, item 1.7, orientar sobre as condições de segurança e saúde, bem como aos riscos aos quais estão expostos; NR-9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, os procedimentos de aplicação da NR-6 Equipamento de Proteção Individual (EPI) e NR-17 - Ergonomia, de forma a prevenir acidentes e/ou doenças ocupacionais.</p>		
<b>Nome:</b>	<b>Função:</b> Operador de Serra Circular de bancada	<b>Setor:</b>
<p><b>Atividades:</b> Constrói, encaixa e monta, no local das obras, as formas e caixaria de madeira dos edifícios e obras similares, utilizando processos e ferramentas manuais e mecânicas, para compor tesouras, armações de telhado, andaimes e outros materiais afins. Executa trabalhos de carpintaria, com o corte utilizando a serra circular, desbaste e armação de portas, janelas, caixilhos e esquadrias de madeira.</p>		
<b>Risco e Avaliação</b>		
<p>• <b>Físico:</b> Ruído; <b>Químico:</b> Poeira (Serragem); <b>Biológico:</b> Não Identificado; <b>Ergonômicos:</b> Não Identificado; <b>Acidentes:</b> Queda de objetos das lajes superiores, Arranjo físico inadequado: entulhos da construção. Partes móveis sem proteção, Ligações elétricas deficientes. Equipamento sem aterramento.</p>		
<b>Equipamentos de Proteção Individual (EPI) Necessários e/ou Utilizados</b>		
<p>• Capacete, botina de segurança, Protetor Auricular, Protetor Facial tipo viseira, Máscara para pó.</p>		
<b>Medidas Preventivas para os Riscos de Ambientais</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso correto de EPI'S.</li> <li>• Treinamento para execução das tarefas,</li> <li>• Guarda-corpo de proteção periferias, vãos das lajes e escadas,</li> <li>• Aterramento elétrico.</li> <li>• Isolamento da área destinada a serra de bancada</li> </ul>		
<b>Orientações de Segurança do Trabalho</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não transite pela obra sem capacete e botina de segurança.</li> <li>• Use seus EPIs apenas para suas finalidade e mantê-los sob minha e conservação.</li> <li>• Não ultrapasse a barreira (cancela) de segurança sem o elevador esteja no seu pavimento.</li> <li>• Quando designado para operar a serra circular, não permita que outras pessoas a utilizem.</li> <li>• Ao operar a serra circular, verifique as condições da coifa protetora do disco, o cutelo divisor, a proteção das partes móveis e use protetor facial e protetor auricular.</li> <li>• Verifique as condições gerais dos comandos manuais e elétricos antes de usá-las.</li> <li>• Não improvise extensões elétricas, e nem conserte equipamentos elétricos defeituosos. Chame os eletricitista.</li> <li>• Confeccione andaimes de madeira e escadas de mão, atendendo, às normas de segurança. Use madeira de boa qualidade, guarda-corpo, rodapé e estrado com no mínimo sessenta centímetros de largura.</li> <li>• Não permita que outras pessoas operem a máquina para a qual foi designado.</li> <li>• Realize a manutenção preventiva recomendada pelo fabricante e a registro no livro de inspeção.</li> <li>• Vistorie a máquina ou equipamento, diariamente, antes de iniciar seu trabalho.</li> <li>• Obedeça as sinalizações existentes na obra.</li> <li>• Use o protetor auricular quando estiver operando a máquina.</li> </ul>		
<p>Recebi o treinamento de segurança e saúde no trabalho, bem com todos os equipamentos de proteção individual para neutralizar a ação dos agentes nocivos presentes no meu ambiente de trabalho. Serei cobrado, conforme amparo legal, com relação ao uso destes equipamentos e estou ciente de que a não utilização é passível de Sansões Legais.</p> <p style="text-align: center;">Florianópolis, ____ de _____ de _____</p> <p style="text-align: right;">Assinatura do Empregado</p>		

### ANEXO B - Análise preliminar de risco da utilização da serra circular - APR

TAREFA	RISCO	POSSIVEIS CAUSAS	CONSEQUENCIAS	CLASSIFICAÇÃO DE RISCO			AÇÕES REQUERIDAS
				PROB.	SEVER.	RISCO	
5 – Utilização da serra circular de bancada	5.1 – Impacto contra	5.1.1 – Falta de proteção coletiva, falta de atenção e não utilização de EPI.	5.1.1 – Lesões, cortes e amputação de membros	3	3	13 (A)	GERENCIAR PROATIVAMENTE 5.1.1.1 – Somente profissional qualificado e treinado poderá operar a máquina; 5.1.1.2 – Jamais cortar madeiras com pregos; 5.1.1.3 – Inspeccionar a máquina antes do início das atividades; 5.1.1.4 – A serra circular deverá estar em local adequada e com espaço suficiente para operação segura; 5.1.1.5 – Não permitir que outras operações sejam executadas muito próximas da área da serra circular; 5.1.1.6 – Jamais tentar limpar, remover, concerta partes de transmissão da máquina; 5.1.1.7 – O disco deverá estar em bom estado com dentes afiados e travados; 5.1.1.8 – A mesa/bancada deverá ser estável com fechamento de suas faces inferiores e ser provida de coifa protetora do disco, cutelo divisor, empurrador com guia de alinhamento e coletor de serragem; 5.1.1.9 – Manter o equipamento trancado (bloqueado) quando não estiver operando a serra.
	5.2 - Ruído	5.2.1 - Máquinas e equipamentos em funcionamento	5.2.1 – Perda auditiva	3	3	13 (A)	GERENCIAR PROATIVAMENTE 5.2.1.1 – Uso obrigatório de protetor auricular tipo concha pelo operador e protetor auricular plug para os colaboradores no local;
	5.3 - Poeiras	5.3.1.– Corte de madeiras	5.3.1 -- Irritação das vias respiratórias	2	3	9 (M)	GERENCIAR ATIVAMENTE 5.3.1.1 - Uso obrigatório de máscara contra poeiras tipo PFF 2 e óculos de segurança;
	5.4 - Choques elétricos	5.4.1 - Fios ou cabos desprotegidos e danificados, aterramento	5.4.1 - Lesões, queimaduras e parada cardiorrespiratória	3	3	13 (A)	GERENCIAR PROATIVAMENTE 5.4.1.1 – Inspeccionar cabos /fios antes das atividades, verificando se a carcaça do motor está aterrada adequadamente; 5.4.1.2 – Não deixar cabos/fios expostos a água ou condições que ofereçam riscos de choque elétrico;

Fonte: SESMT, 2013