

# **EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO CONTRA CAPOTAMENTO - UMA MELHORIA BASEADA NA ENGENHARIA DE SEGURANÇA**

Prof. Ms. Francisco Emilio Dusi (UTFPR) [dusi@utfpr.edu.br](mailto:dusi@utfpr.edu.br)

Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski (UTFPR) [ariel@utfpr.edu.br](mailto:ariel@utfpr.edu.br)

## **Resumo**

O acidente com capotamento é considerado como sendo o acidente mais frequente em tratores agrícolas de rodas e, também acarreta os maiores prejuízos materiais e ao operador. As estruturas de proteção contra o capotamento (EPCC) são dispositivos de segurança, cuja finalidade é oferecer segurança ao operador. Este estudo possibilitará o conhecimento das adaptações necessárias e o procedimento necessário para a implantação deste sistema, se caracterizando como uma melhoria baseada em projetos que visam a segurança. Através da utilização deste estudo espera-se que a tecnologia e a produtividade estejam lado a lado com a operação segura, e devido ao baixo custo de implantação esteja disponível para todos os produtores agrícolas, melhorando as condições de trabalho e promovendo a evolução econômica e social da população que vive no campo.

**Palavras-Chaves:** (Trator Agrícola; Método de Pahl & Beitz; Segurança.)

## **1. Introdução**

No que se refere aos tratores agrícolas, pode-se destacar um problema básico que o torna limitante quando se fala de acidentes de trabalho. Em países em desenvolvimento como o Brasil, os projetos dos tratores são normalmente importados de outros países, especialmente da Europa e dos Estados Unidos. Para reduzir custos e encontrar mercado numa agricultura em crise, os fabricantes são obrigados a retirar diversos componentes relacionados à ergonomia (definida como a ciência que visa adaptar o trabalho às limitações humanas) e segurança, tais como cabinas com estruturas de proteção contra o capotamento. Assim, na maioria dos casos, os tratores em comercialização no Brasil não satisfazem plenamente os princípios de ergonomia e segurança, embora atualmente é justo destacar que os fabricantes têm dado maior atenção ao tema. Principalmente em modelos de maior porte, pode-se observar melhorias consideráveis nestes aspectos (ZAMMAR, 2015).

A evolução tecnológica tem levado todos os mercados e setores da economia a grandes avanços. No setor florestal, estes avanços se mostram muito eficazes e de grande valia.

Sistemas de automatizados têm sido cada vez mais utilizados em máquinas e equipamentos agrícolas. É comum se encontrar tratores e demais equipamentos equipados com diversos sistemas automáticos para controle de tarefas que, tradicionalmente, eram realizadas pelo próprio operador da máquina (ZAMMAR, 2015).

Segundo Scarlett (apud UMEZU, 2003), a implantação de sistemas de controle e segurança pode gerar um incremento de 15 a 20% na eficiência de operação do trator agrícola.

Além da maior eficiência na operação mecânica, a implantação destes sistemas ajuda a reduzir o esforço mental do operador, diminuindo sua fadiga e aumentando seu rendimento e qualidade de trabalho, estas ações devem sempre estar voltadas ao aumento da produtividade, porém focadas na segurança dos envolvidos.

Um ponto favorável do avanço tecnológico é justamente a possibilidade de se adaptar sistemas em máquinas desprovidas de equipamentos de segurança requeridos.

Este trabalho tem a intenção de demonstrar uma melhoria de produto, com a função de prover segurança ao operador, em um trator que ainda não possui sistemas de segurança compatível com a aplicação a qual está exposto.

## **2. Mecanização agrícola**

O produtor agrícola e as máquinas andaram lado a lado desde os primórdios, onde ferramentas agrícolas simples eram criadas pelo próprio agricultor para facilitar as suas tarefas.

Com o passar dos tempos, observou-se a necessidade da construção de máquinas de múltiplas funções que, além de tornar mais fácil o desenvolvimento da atividade agrícola, a tornaria mais rápida.

A partir da concepção de máquinas de múltiplas funções, varias máquinas foram sendo aprimoradas em resistência e funções sendo assim criada uma máquina agrícola complexa.

Como em todos os setores, a agricultura não parou de crescer e a necessidade de se fazer mais em menos tempo fez com que as máquinas evoluíssem de uma maneira fabulosa e contribuíssem para a substituição do trabalho humano pelo trabalho mecanizado.

Segundo Schlosser e Debiasi (apud FLORES, 2008), a participação da mecanização na elevação do padrão tecnológico da agricultura nacional colocou o agricultor em contato com diversos tipos de máquinas necessárias para desenvolver diversas atividades agrícolas.

Máquinas de altos níveis tecnológicos são hoje desenvolvidas para satisfazer agricultores e meio ambiente, onde realizam diferentes atividades rurais propiciando ao agricultor a geração de mais lucros sem atingir prejudicialmente o meio ambiente.

### **3. Materiais e métodos**

#### **3.1. Classificação da Pesquisa**

O estudo teve como objetivo realizar uma adaptação de um sistema de segurança, através da aplicação de um equipamento de proteção contra capotamento (EPCC), para adequar o equipamento as normas de segurança exigidas na legislação vigente

Esta pesquisa foi enquadrada como sendo:

- a) Segundo a natureza: aplicada;
- b) Segundo o problema: qualitativa;
- c) Segundo os objetivos: exploratória;
- d) Segundo procedimentos técnicos: “PAHL & BEITZ”.

Uma pesquisa se classifica como aplicada porque tem por objetivos gerar conhecimentos para serem aplicados na solução de problemas específicos, envolvendo características e interesses locais (SILVA e MENEZES, 2001).

Para Silva e Menezes (2001), o enquadramento em pesquisa qualitativa é dado devido ao tipo da abordagem do estudo. Neste tipo de pesquisa, o ambiente natural é a origem para a coleta de informações, o pesquisador é a chave e fará uma análise indutiva dos dados. A atuação direta do pesquisador permite uma melhor percepção de como e porque os fatos ocorrem.

Em uma pesquisa qualitativa, os dados levantados são em sua maioria descritivos. De acordo com Triviños (1987), neste tipo de abordagem o resultado final é construído através do desenvolvimento de todo o estudo e não é exclusivamente uma análise de dados.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, este projeto foi realizado sob a metodologia utilizada por PAHL & BEITZ.

### 3.2. Metodologia Pahl & Beitz

Este modelo inclui as abordagens das escolas semântica e sintática segundo a categorização de YOSHIKAWA. As quatro fases do modelo refletem a linha de pesquisa básica alemã na área de projeto de produtos:

- Definição da tarefa;
- Projeto conceitual;
- Projeto preliminar, e
- Projeto detalhado.

Estas fases de projeto de produtos industriais, são subdivididas em diferentes etapas, com suas respectivas tomadas de decisões entre cada etapa. Nesta metodologia é necessário avaliar cada uma das etapas antes de passar à seguinte, maneira encontrada de se garantir que não está levando à frente erros cometidos em etapas iniciais.

Cada etapa tem uma saída e uma entrada, resultante da retroalimentação entre elas, o que permite um avanço no processo até a conclusão do produto final. Estas fases estas descritas no quadro 1.

Quadro 1 - Fases e etapas da metodologia do processo de projeto

FASES	ETAPAS DO PROJETO
	TAREFA
FASE 1 DEFINIÇÃO DA TAREFA	1. Definição da tarefa  - Elaboração de especificações  2. Especificações

<p>FASE 2</p> <p>PROJETO CONCEITUAL</p>	<p>1. Identificar principais problemas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabelecer estruturas funcionais</li> <li>- Busca de princípios solução</li> <li>- Pesquisar princípios de solução</li> <li>- Avaliação de critérios técnicos e econômicos</li> </ul> <p>2. Concepção</p>
<p>FASE 3</p> <p>PROJETO PRELIMINAR</p>	<p>1. Desenvolver primeiros leiaute e forma do produto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selecionar os melhores primeiros leiautes</li> <li>- Refinar e avaliar novamente critérios técnicos e econômicos</li> </ul> <p>2. Leiaute preliminar</p> <p>3. Otimizar e completar a forma</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar erros e custo efetivo</li> <li>- Preparar a listagem preliminar das partes e os documentos de produção</li> </ul> <p>4. Leiaute definitivo</p>
<p>FASE 4</p> <p>PROJETO DETALHADO</p>	<p>1. Últimos detalhes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenhos de detalhe e documentos de produção</li> <li>- Verificar todos os documentos</li> </ul> <p>2. Documentação</p>
<p>PRODUTO</p>	

Fonte: Pahl & Beitz (2005)

### **Fase 1. Definição da tarefa.**

Nesta fase reúne-se a maior quantidade de informação possível referente à elaboração da lista de requisitos obrigatórios e desejáveis, além de suas restrições. Nesta etapa pretende-se definir a função requerida, as grandezas de entrada e saída e as perturbações externas ao problema, que resultarão na elaboração detalhada das especificações de projeto.

### **Fase 2. Projeto Conceitual.**

Esta é a parte do processo de projeto onde, através da identificação de problemas essenciais, estabelecimento de estruturas funcionais, busca de princípios de soluções apropriados e a sua

combinação, o caminho de uma solução básica é traçado através da elaboração de uma solução conceitual. Uma vez que o problema central tenha sido formulado é possível indicar uma função global. O detalhamento da função global corresponde ao passo de estabelecimento da estrutura de funções.

Erros de conceitualização dificilmente poderão ser corrigidos nas fases seguintes. Uma solução de sucesso é mais fácil de ser obtida pela escolha do mais apropriado princípio de solução. As variantes de conceito geradas devem ser avaliadas, para determinar se satisfazem ou não as demandas das especificações. A fase de projeto conceitual consta de sete etapas, mostradas no Quadro 2.

Quadro 2 - Projeto Conceitual segundo Pahl & Beitz

	ESPECIFICAÇÕES
FASE 2.  PROJETO CONCEITUAL	Abstrair e identificar os problemas principais
	Estabelecer estruturas de funções, funções globais e funções parciais
	Procurar princípios de solução que satisfaçam as sub-funções
	Combinar princípios de solução que satisfaçam as funções globais
	Selecionar as combinações adequadas
	Estabelecer variantes de conceito
	Avaliar variantes de concepção contra os critérios técnicos e econômicos
	CONCEITO

Fonte: Pahl & Beitz (2005)

### Fase 3. Projeto preliminar.

É a etapa do processo de projeto na qual, partindo do conceito de um produto técnico, o projeto é desenvolvido, de acordo com critérios técnicos e econômicos, que, com o apoio de futuras informações, chega a um ponto que com o detalhamento subsequente, pode levar diretamente à produção. A ideia básica nesta fase do processo de projeto é satisfazer a uma dada função com a forma dos componentes, leiautes e materiais apropriados.

Recomenda-se produzir vários leiautes para que se possa avaliar as vantagens e as desvantagens das diferentes variantes. Quando se decide por uma variante aparentemente promissora, deve-se incorporar nesta, as ideias e soluções das outras variantes (pontos fortes) para que ocorra um aperfeiçoamento da escolhida.

#### **Fase 4. Projeto detalhado.**

Nesta etapa, os arranjos, formas, dimensões e propriedades das superfícies de todas as partes individuais são definidas, os materiais são especificados e a viabilidade técnica e econômica são reavaliadas. Todos os desenhos e outros documentos necessários para a produção devem ser feitos. As duas principais atividades desta etapa são, a otimização dos princípios e otimização do leiaute e formas.

Também nesta fase são elaborados os documentos finais do projeto na forma de desenhos que possibilitam a realização física das soluções.

### **3.3. Trator mecânico**

Para o presente estudo foi utilizado um trator mecânico da marca NEW HOLLAND modelo TL 75 E. A figura 1 demonstra uma vista geral do trator mecânico selecionado.

Figura 1 - Vista geral do trator mecânico.



Fonte: NEW HOLLAND - Manual de Operação de Tratores Serie TL 75 E.

#### **4. Desenvolvimento**

O presente projeto teve como objetivos: Desenvolver uma estrutura eficaz para a segurança do operador em uma situação de capotamento, bem como, escolher a melhor maneira de fixação desta estrutura no trator agrícola de rodas, para poder explorar plenamente a capacidade de trabalho e a versatilidade de utilização dos tratores.

O objetivo específico foi desenvolver uma estrutura eficaz para a segurança do operador em uma situação de capotamento para um trator da marca NEW HOLLAND modelo TL 75 E.

##### **4.1. Montagem do sistema**

Para desenvolver este projeto, optou-se pela metodologia elaborada por Paul e Beitz (2005), a qual resultou em uma estrutura com uniões soldadas e fixações por parafusos no chassi do trator, através de uma chapa em “L”.

O primeiro passo será a fixação dos componentes, sem que atrapalhe a operação e também não coloque em risco a segurança do operador. Também é necessário respeitar as limitações de cada componente quanto a sua instalação.

Figura 1 – Detalhe das uniões soldadas



Fonte: O autor (2017)

Figura 2 – Detalhe da fixação frontal no chassi



Fonte: O autor (2017)

Figura 3 – Detalhe da fixação central no chassi



Fonte: O autor (2017)

Figura 4 – Conjunto trator EPCC



Fonte: O autor (2017)

## 5. Conclusão

No desenvolvimento deste trabalho, buscou-se realizar uma pesquisa que demonstre as ferramentas utilizadas na concepção de projetos, baseadas na segurança do operador, e as possibilidades de melhoria que estes sistemas oferecem.

Sempre que um processo é realizado de forma mecânica e apenas com intervenção humana, o erro durante a operação é um fator que deve ser levado em consideração. Como todos os processos podem ser melhorados, a segurança e a automação vem de encontro com a necessidade de se reduzir custos e erros, o presente trabalho demonstrou-se bastante útil para reduzir os problemas encontrados em uma operação agrícola.

Realizando-se a adaptação sugerida, as operações ficam mais confiáveis e o operador trabalha com mais tranquilidade, o equipamento de proteção contra capotamento (EPCC) é capaz de fornecer a sensação de segurança que o operador necessita durante a sua carga de trabalho diária.

A tecnologia e a inovação chegaram ao campo, a agricultura evoluiu e agregou produtividade, esta frase esta correta quando trata dos grandes agricultores, capazes de investir e arcar com os custos desta tecnologia. Quando o foco são os pequenos e médios agricultores os equipamentos agrícolas não carregam esta tecnologia, pois devido à falta de capacidade de investimento destas classes de agricultores, os equipamentos geralmente são adquiridos de outros agricultores, com alguns anos de uso e não carregam toda a tecnologia, fato que facilita a aquisição devido ao menor custo, porém criando um abismo entre as classes nos quesitos tecnologia e produtividade e segurança.

Através da utilização deste estudo espera se que as ações baseadas na segurança sejam democratizadas devido ao custo de implantação acessível e estejam disponíveis para um número maior de produtores agrícolas, melhorando as condições de trabalho e promovendo a evolução econômica e social da população que vive no campo.

## **REFERÊNCIAS**

FIALHO, A. B. **Automação hidráulica: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 4. ed. São Paulo: Érica, 2006, 284 p.

FLORES, E. F. **Análise de máquinas agrícolas distribuidoras de fertilizantes segundo requisitos projetuais**. UFSM – Santa Maria, RS. 2008, 169 p.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Projeto na Engenharia**. 6 ed. Editora Blucher, 2005.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991. 159 p.

REIS, D. R. **Gestão da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Manole, 2004.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: UFSC/LED, 2001.

TRIVIÑOS, Augusto N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais. A pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987. 175 p.

UMEZU, C.K. **Sistema de controle de um equipamento de formulação, dosagem e aplicação de fertilizantes sólidos a taxa variáveis**. Campinas, 2003, 171 p.

ZAMMAR, G.; THOMAZ, A.L.A. ; KOVALESKI, J. L. . **Distribuidor de insumos sólidos para agricultura - uma melhoria aplicada através da inovação**. Espacios (Caracas), v. 36(19), p. 9, 2015.