

Área: Estratégia | **Tema:** Tecnologias de Informação e Comunicação

**PROPOSIÇÃO DE FATORES DE MANUTENÇÃO NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
TRATORES AGRÍCOLAS**

**PROPOSAL OF MAINTENANCE FACTORS IN THE PROCESS OF DEVELOPMENT OF
AGRICULTURAL TRACTORS**

Franco Da Silveira, Filipe Molinar Machado, Fernando Gonçalves Amaral, Bruno Miranda Dos Santos,

Marcela Avelina Bataghin Costa e Leilane Rech

RESUMO

O eficiente controle da manutenção de tratores agrícolas é condição primordial para o sucesso de qualquer planejamento agrícola. Além de permitir maior vida útil para os tratores e reduzir as possibilidades de falhas durante as operações agrícolas, permite diminuir os custos na produção final. Assim, o objetivo do artigo consiste em identificar quais são os elementos de manutenção que podem ser utilizados no processo de desenvolvimento de tratores agrícolas. A pesquisa adotou a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) e o survey como métodos de investigação, classificando-se como descritiva e comparativa, de caráter exploratório. Como resultados, nota-se que a utilização de manutenção no processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas denota uma vantagem competitiva com relação a concorrência. Nesse sentido, a pesquisa demonstrou as diversas vantagens proporcionadas pelo uso adequado e planejado de uma sequência de tarefas sugeridas para o setor de manutenção de máquinas agrícolas. Ao dar ênfase na análise geral das tarefas a serem desenvolvidas ao longo da manutenção de tratores agrícolas, são apresentados por meio dos resultados evidências importantes sobre os fatores que devem ser observados a fim de efetivamente utilizar a manutenção como informação tecnológica.

Palavras-Chave: Tratores Agrícolas, Manutenção, Processo de Desenvolvimento de Produtos.

ABSTRACT

The efficient control of the maintenance of agricultural tractors is a precondition for the success of any agricultural planning. In addition to allowing longer tractors life and reducing the possibility of failures during agricultural operations, it allows to reduce the costs in the final production. Thus, the objective of the article is to identify which maintenance elements can be used in the process of developing agricultural tractors. The research adopted the Systematic Bibliographic Review (RBS) and the survey as research methods, classified as descriptive and comparative, of an exploratory nature. As results, it is noted that the use of maintenance in the process of development of agricultural machines denotes a competitive advantage over the competition. In this sense, the research demonstrated the various advantages provided by the proper and planned use of a sequence of tasks suggested for the agricultural machinery maintenance sector. By emphasizing the general analysis of the tasks to be carried out during the maintenance of agricultural tractors, important results are presented through the results on the factors that must be observed in order to effectively use maintenance as technological information.

Keywords: Agricultural Tractors, Maintenance, Product Development Process.

Eixo Temático: Estratégia

PROPOSIÇÃO DE FATORES DE MANUTENÇÃO NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE TRATORES AGRÍCOLAS

PROPOSAL OF MAINTENANCE FACTORS IN THE PROCESS OF DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL TRACTORS

RESUMO

O eficiente controle da manutenção de tratores agrícolas é condição primordial para o sucesso de qualquer planejamento agrícola. Além de permitir maior vida útil para os tratores e reduzir as possibilidades de falhas durante as operações agrícolas, permite diminuir os custos na produção final. Assim, o objetivo do artigo consiste em identificar quais são os elementos de manutenção que podem ser utilizados no processo de desenvolvimento de tratores agrícolas. A pesquisa adotou a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) e o *survey* como métodos de investigação, classificando-se como descritiva e comparativa, de caráter exploratório. Como resultados, nota-se que a utilização de manutenção no processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas denota uma vantagem competitiva com relação a concorrência. Nesse sentido, a pesquisa demonstrou as diversas vantagens proporcionadas pelo uso adequado e planejado de uma sequência de tarefas sugeridas para o setor de manutenção de máquinas agrícolas. Ao dar ênfase na análise geral das tarefas a serem desenvolvidas ao longo da manutenção de tratores agrícolas, são apresentados por meio dos resultados evidências importantes sobre os fatores que devem ser observados a fim de efetivamente utilizar a manutenção como informação tecnológica.

Palavras-chave: Tratores Agrícolas, Manutenção, Processo de Desenvolvimento de Produtos.

ABSTRACT

The efficient control of the maintenance of agricultural tractors is a precondition for the success of any agricultural planning. In addition to allowing longer tractors life and reducing the possibility of failures during agricultural operations, it allows to reduce the costs in the final production. Thus, the objective of the article is to identify which maintenance elements can be used in the process of developing agricultural tractors. The research adopted the Systematic Bibliographic Review (RBS) and the survey as research methods, classified as descriptive and comparative, of an exploratory nature. As results, it is noted that the use of maintenance in the process of development of agricultural machines denotes a competitive advantage over the competition. In this sense, the research demonstrated the various advantages provided by the proper and planned use of a sequence of tasks suggested for the agricultural machinery maintenance sector. By emphasizing the general analysis of the tasks to be carried out during the maintenance of agricultural tractors, important results are presented through the results on the factors that must be observed in order to effectively use maintenance as technological information.

Keywords: Agricultural Tractors, Maintenance, Product Development Process.

1 INTRODUÇÃO

O trator agrícola é a principal fonte de potência do meio rural (MÁRQUEZ, 2012), sendo utilizado para o desenvolvimento dos sistemas agrícolas de produção de alimentos (RESITOGU, ALTINISIK e KESKIN, 2015) e de fontes alternativas de energias renováveis (MAHMUDUL et al., 2017) como o Biodiesel, o Gás Natural, o óleo Vegetal, o Etanol e as misturas de óleo Diesel com Etanol Hidratado (ESTRADA et al., 2016; FARIAS et al., 2017; GENG et al., 2017). Porém, a adequada utilização do trator pode gerar uma economia de consumo de energia, menor custo operacional e maior lucro para a proprietário (LIPS e BUROSE, 2012; AFSHARNIA et al., 2013; AL-SUHAIBANI e WAHBY, 2017).

Dessa forma, uma das ferramentas para a correta utilização do trator é expressa por meio da gestão de manutenção (BOCHTIS et al., 2014). A manutenção pode ser compreendida como o conjunto de operações que é realizado para manter e conservar a mecanização agrícola nas melhores condições para o uso (LAMBRECHT et al., 2015). Entretanto, a manutenção deve ocorrer no período programado e de forma adequada, a fim de garantir melhor aproveitamento da máquina e maximizar a vida útil (AFSHARNIA et al., 2013). Além disso, a gestão dos métodos tradicionais de manutenção dos tratores deve ser vista de uma forma diferente do que os procedimentos realizados nas máquinas agrícolas em geral (BOCHTIS et al., 2014), pois os tratores estão sujeitos a um impacto maior com o ambiente e inerentes a diferentes riscos presentes em todo o processo produtivo de *commodities* na agricultura (BOCHTIS et al., 2014; LORENCOWICZ e UZIAK, 2015).

Em função da alta tecnologia embutida nos tratores agrícolas é necessário capacitar os operadores por meio de treinamento contínuo, bem como dar sustentação de informações para acompanhar a evolução tecnológica de componentes mecânicos que estão sujeitos a problemas técnicos e que precisam de uma atenção para operacionalizar uma manutenção adequada (RALPH et al., 2012). Outras tarefas operacionais relacionadas com a gestão da manutenção também devem ser analisadas (ASAE EP496.3, 2006) como o agendamento simultâneo de tarefas que devem ser realizadas durante a manutenção e que necessitam estar previstas no calendário agrícola, considerando a oferta e prioridades de trabalho e requisitos de cultivo (ASAE S495.1, 2005).

As perguntas que os profissionais envolvidos nas tarefas de manutenção, seja projetista (área de desenvolvimento de produto) ou seja operador (área de utilização funcional) devem fazer são as seguintes: 1. O que a empresa de desenvolvimento de máquina agrícola necessita tecnicamente para propor aspectos de projeto para manutenção de forma mais competitiva possível? 2. Quais são os aspectos mais relevantes que a manutenção pode oferecer ao desenvolvimento de produto para que a máquina consiga ser utilizada da forma mais competitiva possível?

Diante desse contexto, se tem a pretensão de por meio dessa pesquisa contribuir na literatura com um estudo onde são identificados fatores pertinentes no processo de manutenção de tratores agrícolas. Para isso, definiu-se dois objetivos para este trabalho. Inicialmente, é realizado um levantamento do estado da arte quando a literatura que aborda os elementos técnicos para manutenção de tratores. Em seguida, foram identificados quais os elementos de manutenção mais importantes para o operador da máquina. Ressalta-se que apesar da proposição dos fatores encontrados na literatura sobre análise para manutenção de tratores agrícolas, não é objetivo da pesquisa definir com rigor a semântica e a sintaxe dos métodos. O objetivo da análise sistemática dos fatores é demonstrar quais são os elementos de projeto para manutenção de tratores agrícolas.

O artigo está estruturado em quatro seções. Na seção 2 está o panorama sobre o mercado brasileiro de tratores agrícolas e seus principais aspectos. Posteriormente, é contextualizada a importância da manutenção de tratores agrícolas para aumentar sua vida útil. Na sequência, o

setor de serviços no mercado de tratores agrícolas é caracterizado. Na seção 3, apresenta-se a abordagem metodológica que foi utilizada no transcorrer deste estudo. Na seção 4 são demonstrados os resultados encontrados e discutidos seus principais aspectos. Por fim, na seção 5, são expostas as conclusões da pesquisa e suas respectivas referências, limitações e propostas para trabalhos futuros.

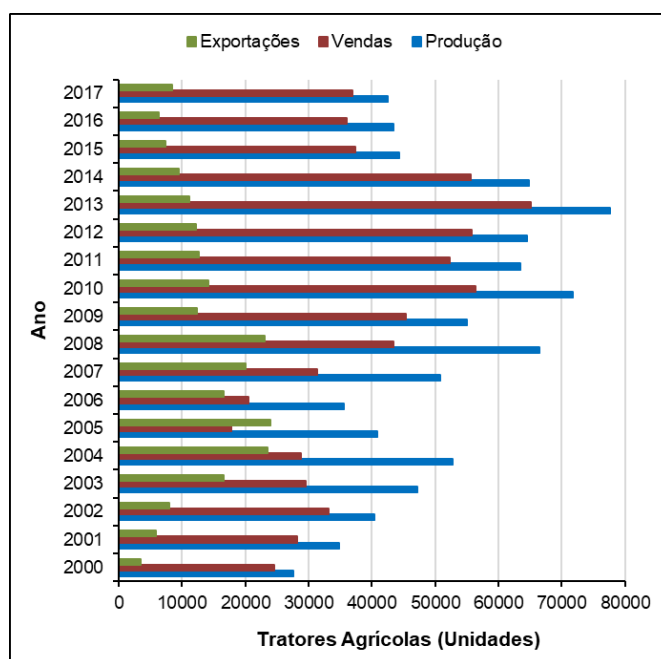
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MERCADO BRASILEIRO DE TRATORES AGRÍCOLAS

No Brasil, a política de crédito agrícola proporciona aos produtores rurais programas que fornecem capital para realizar custeio, investimento e comercialização. Frisa-se o crédito agrícola de investimentos, que pode ser de fontes públicas ou privadas, e é gozado para incrementar a produtividade dos agricultores com aquisições de terras, construções e reformas de armazéns e compras de máquinas agrícolas (BARICELO, 2015).

Verifica-se na Figura 1 o comportamento da produção, das vendas internas nacionais/internacionais e da exportação dos tratores agrícolas, principal produto do mercado de máquinas agrícolas no Brasil, no período entre 2000 e 2017.

Figura 1 – Participação dos tratores agrícolas no mercado brasileiro entre 2000-2017.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da (ANFAVEA, 2018).

Nota-se, ao observar a Figura 1, que o mercado de tratores agrícolas diminuiu constantemente nas exportações, nas vendas internas nacionais e na produção nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016. Porém, houve um pequeno aumento no ano de 2017 nas exportações e vendas. Vian et al. (2013), descrevem que a competitividade no mercado brasileiro de tratores agrícolas leva em consideração a instabilidade do país, suas constantes mudanças na política agrícola (suspensão de créditos e/ou financiamentos), o preço pago pelas *commodities* agrícolas e oscilações de moedas estrangeiras (dólar).

Além disso, fatores como à redução de preços dos equipamentos, o aumento da qualidade nos produtos, facilidade de manutenção e as diferenciações de inovações são questões que interferem nos potenciais de expansão do mercado de tratores agrícolas no Brasil (VIAN et al., 2013; FARIAS et al., 2017). Para Mattetti, Molari e Sereni (2017), a durabilidade trata-se da capacidade de uma máquina de manter a funcionalidade durante sua vida útil planejada, sob condições recomendadas e por meio do incremento no decorrer da sua utilização dos seus respectivos níveis prescritos de manutenção.

2.2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

O desenvolvimento de produtos de forma a alcançar os objetivos de custo, prazo e manufaturabilidade propicia importantes vantagens competitivas para as empresas no contexto das empresas brasileiras de máquinas agrícolas (ROMANO, 2013). De uma forma geral, as três práticas mencionadas acima estão diretamente relacionadas com a macrofase de Projetação. Esta fase caracteriza-se como o momento do projeto de coletar e analisar um conjunto de informações que especifiquem o produto com a maior clareza a fim de orientar a geração de futuras soluções de projeto. A Figura 2 sintetiza o tipo de processo e os principais instrumentos para a coleta destas informações para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas – PDMA.

Figura 2 – Processo e saídas do modelo de referência para o PDMA.



Fonte: (ROMANO, 2013).

Em todas as fases que compõem a projeção, existem tarefas relacionadas à manutenção de tratores agrícolas. Estas tarefas estão relacionadas no projeto das especificações técnicas da máquina e nos fatores de influência no projeto, os quais relacionam-se diretamente ao desempenho funcional da máquina, a confiabilidade e a manutenibilidade.

Observe que dentro desse contexto, a partir das especificações de projeto, podem-se estabelecer, também, as metas de dependabilidade (p.ex. não apresentar falhas operando por “x” dias a oito horas/dia, vida útil de “x” anos, peças de manutenção facilmente removíveis com ferramentas usuais, peças de reposição de fácil obtenção no comércio, etc.). Estas dizem respeito aos objetivos de confiabilidade e manutenibilidade a serem alcançados pela máquina em desenvolvimento e quais cuidados necessários o operador da máquina deve ter (ROMANO, 2013).

A partir das especificações técnicas da máquina, é iniciada a elaboração dos procedimentos de assistência técnica da máquina. Da atividade resultam os procedimentos de segurança, de assistência técnica e o esquema das publicações (manual de instruções, catálogo de peças e manual de assistência técnica). A elaboração desta documentação envolve pessoal

de diversas áreas, incluindo marketing, dependabilidade, qualidade, segurança e pós-vendas. Todavia, alguns cuidados são recomendados durante a elaboração das publicações de forma a garantir que sejam escritas claramente, bem ilustradas e que forneçam recomendações adequadas para a operação e manutenção da máquina (ROMANO, 2013). Observa-se que o entendimento de atributos técnicos ou funcionais permite alimentar o correto funcionamento da máquina agrícola e sua posterior manutenção, incluindo a etapa de realizada na fase de projeto (empresa de máquina agrícola) e diretamente pelo operador da mesma (a adequada execução de sua função técnica, sua segurança e seu custo).

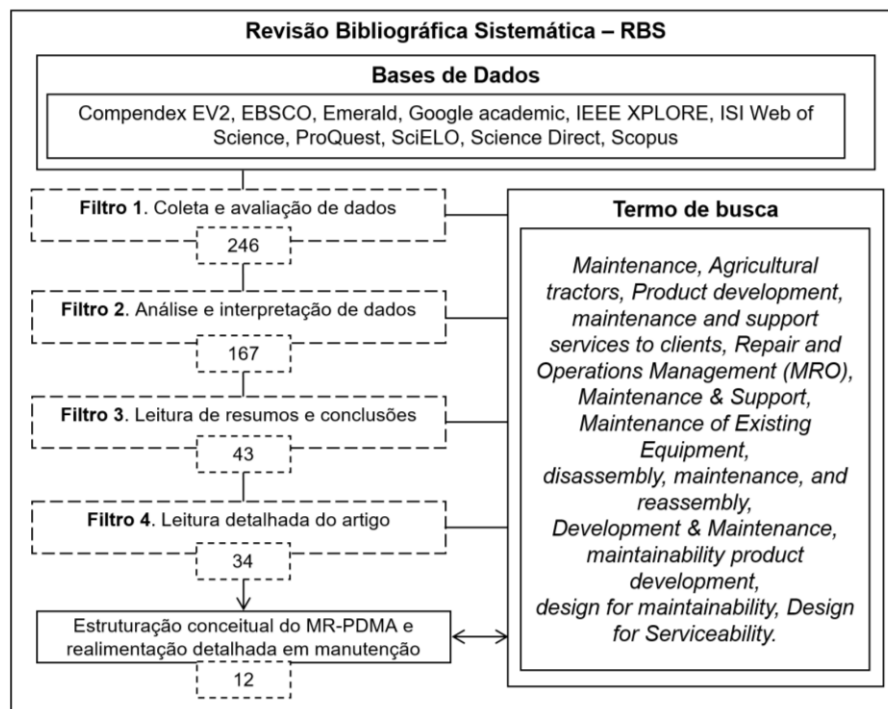
3. METODOLOGIA

O desenvolvimento da parte inicial da pesquisa englobou diferentes fatores como às atividades de pesquisa e os procedimentos determinados para a coleta de dados, que foram possíveis, mediante a aplicação da revisão bibliográfica sistemática (RBS). Desse modo, pôde-se explorar e contextualizar a importância da temática da pesquisa, possibilitando o desenvolvimento da fundamentação teórica e dos fatores de manutenção no MR-PDMA. As fontes utilizadas envolvem artigos publicados em periódicos e revistas que estão relacionados aos objetivos da presente pesquisa e que atendem os fatores explícitos no escopo. Todos os artigos foram selecionados devido à sua abrangência e relevância. Para realizar as buscas avançadas nas bases de dados foi necessário fazer uso de operadores lógicos. Posteriormente, estabeleceram-se as palavras-chave. Após as buscas, o refinamento da pesquisa considerou o intervalo de tempo de 2000 - 2018 nas bases de dados, selecionou somente trabalhos escritos em inglês e documentos do tipo “*article*” e “*review*”.

Após a aplicação da filtragem que teve como base os critérios explícitos anteriormente, foram identificados 246 artigos. Foram excluídos 79 artigos que não apresentavam relação direta e específica com a temática da pesquisa. Sucessivamente, avaliaram-se os resumos que contemplavam os termos estabelecidos inicialmente e excluíram-se outros 124 artigos, os quais davam ênfase às temáticas tangentes. Por fim, outra filtragem foi realizada com destaque para a introdução e a conclusão, sendo excluídos respectivamente mais 9 artigos. Assim, teve-se como material para pesquisa em 15 artigos selecionados por conter maior número de detalhes sobre os *termos* de busca relacionados ao objetivo do artigo. O fluxo metodológico determinado na RBS está exposto na Figura 3.

Para a aplicação dos filtros 1, 2 e 3 foram elencadas as publicações de pesquisadores os quais tiveram as seguintes características técnicas para condições de elegibilidade: (a) que o artigo previamente publicado forneça uma visão geral sistematizada do processo de desenvolvimento de produto e seus fatores em manutenção e suas variantes; (b) que o artigo trate de formulação, tanto da estratégia de manutenção quanto a termos relacionados ao desenvolvimento de produto; e (c) que o artigo destaque suas principais contribuições e limitações. Finalizada a RBS, para dar prosseguimento na condução da pesquisa, foi necessário elaborar um instrumento de coleta de dados para os membros do setor industrial, a fim de avaliar o percentual de aderência das tarefas propostas no MR-PDMA. Desse modo, determinou-se a utilização de formulário. Destaca-se que o estudo foi realizado com indústrias do setor de máquinas agrícolas do Brasil e seus respectivos especialistas.

Figura 3 – Fluxo metodológico de aplicação da RBS.

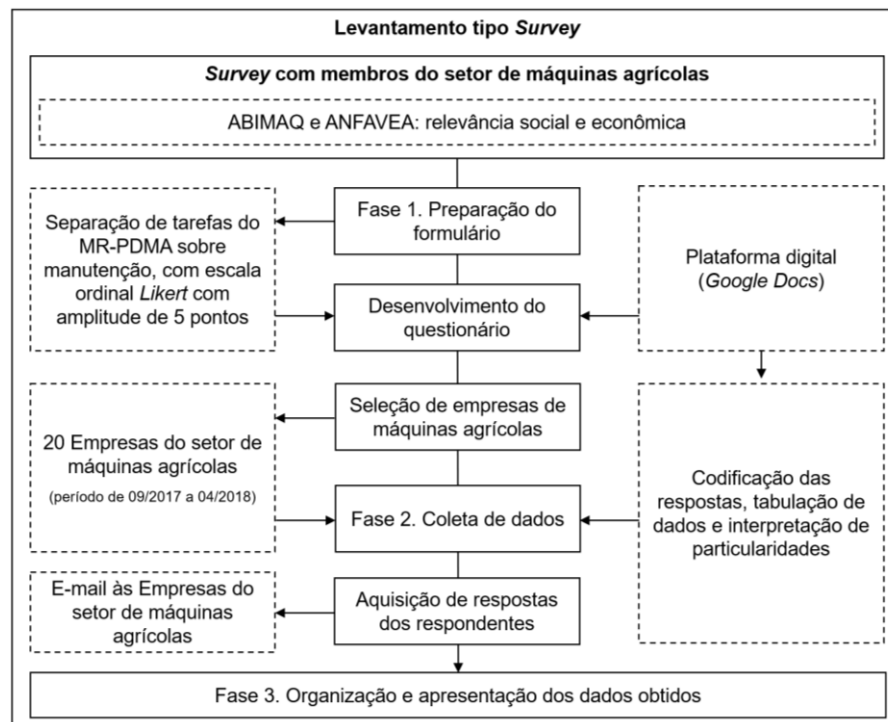


Fonte: Autores (2018).

A elaboração do instrumento de pesquisa foi dividida em três planilhas eletrônicas estruturadas, utilizando o programa *Google Docs*. Na primeira planilha, constava a elaboração de uma carta convite, que apresentava um texto padrão enviado por *e-mail* aos especialistas. Tratam-se de funcionários que são responsáveis pelo setor de desenvolvimento de produtos, serviços de manutenção, estratégias empresariais e que possuem atuação na área foco da presente pesquisa. A segunda planilha detalhava o termo de “confidencialidade e sigilo” proposto para a pesquisa. Na terceira planilha havia o formulário elaborado para verificar a aderência técnica das tarefas no MR-PDMA.

As empresas nacionais do setor de máquinas agrícolas foram selecionadas com base em seu destaque e relevância social e econômica que possuem com o tema da pesquisa e por meio da utilização dos dados fornecidos pela ABIMAQ e ANFAVEA. A Figura 4 demonstra sistematicamente as etapas realizadas no *Survey* da pesquisa. As 20 empresas entrevistadas afirmaram que desenvolvem projetos focados em aspectos de manutenção de máquinas agrícolas. Os dados resultantes dos respondentes foram utilizados como embasamento para caracterizar as tarefas propostas com foco em manutenção no MR-PDMA. Destacam-se que foram evitados os erros de cobertura, amostragem, não resposta e mensuração que costumam estar presentes em levantamentos tipo *Surveys*. Salienta-se que o erro de amostragem, derivado da coleta de dados de somente um subgrupo da população de interesse ao invés de todos os membros desta população (todas as empresas fabricantes de máquinas agrícolas do Brasil), então passa a ser o grau em que a amostra poderia ser considerada ou não representativa da população. Além disso, pode-se verificar que as respostas foram resultantes de empresas de diferentes portes. Como empresas que enquadram-se como de médio porte (que apresentam de 100 a 499 vínculos ativos) ou como de grande porte (que apresentam 500 ou mais vínculos ativos).

Figura 41 – Fluxo metodológico realizado no *Survey* da pesquisa.



Fonte: Autores (2018).

Após coletar os dados da consulta aos elementos do grupo focal, a próxima etapa trata de detalhar sobre os resultados e as interpretações dos dados, discutindo os resultados dos respondentes com base no referencial teórico do MR-PDMA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PESQUISAS EM MANUTENÇÃO DE TRATORES AGRÍCOLAS

Para sintetizar os referenciais utilizados no estudo, elaborou-se o Quadro 2 para representar o enbasamento de pesquisas e seus respectivos objetivos sobre manutenção de tratores focados no projeto de produto e/ou operador da máquina.

Quadro 2 – Pesquisas que contemplam manutenção em tratores agrícolas.

Autores/Ano	Título	Revista	Fator
ÖHMAN et al. (2004)	Remote maintenance of agricultural machines	IFAC Proceedings Volumes	I
ROHANI, ABBASPOUR-FARD e ABDOLAHPOUR (2011)	Prediction of tractor repair and maintenance costs using Artificial Neural Network	Expert Systems with Applications	II
KHODABAKHSHIAN SHAKERI (2011)	Prediction of repair and maintenance costs of farm tractors by using of preventive maintenance	International Journal of Agriculture Sciences	III

LIPS e BUROSE (2012)	Repair and Maintenance Costs for Agricultural Machines	International Journal of Agricultural Management	IV
AFSHARNIA et al. (2013)	Failure rate analysis of four agricultural tractor models in southern Iran	Agricultural Engineering International: CIGR Journal	V
AFSHARNIA, ASOODAR e ABDESHAHI (2014)	The Effect of Failure Rate on Repair and Maintenance Costs of Four Agricultural Tractor Models	International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering	VI
LORENCOWICZ e UZIAK (2015)	Repair Cost of Tractors and Agricultural Machines in Family Farms	Agriculture and Agricultural Science Procedia	VII
PAPAGEORGIOU (2015)	Agricultural Equipment in Greece: Farm Machinery Management in the Era of Economic Crisis	Agriculture and Agricultural Science Procedia	VIII
SOPEGNO et al. (2016)	A web mobile application for agricultural machinery cost analysis	Computers and Electronics in Agriculture	IX
BAIDYA R, DEY P K, GHOSH S K, and PETRIDIS K. (2016)	Strategic maintenance technique selection using combined quality function deployment, the analytic hierarchy process and the benefit of doubt approach.	Journal of Advanced Manufacturing Technology	X
BARABADI A, GARMABAKI A H S, YUAN F, and LU J. (2016)	Maintainability analysis of equipment using point process models.	IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management	XI
AL-SUHAIBANI e WAHBY (2017)	Farm tractors breakdown classification	Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences	XII
GUO C, LYU C, CHEN J, ZHOU (2018)	A design approach based on a correlative relationship between maintainability and functional construction.	Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability	XIII

Fonte: Autores (2018).

4.2 ELEMENTOS DE PROJETO PARA MANUTENÇÃO DE TRATORES AGRÍCOLAS

Para a apresentação dos resultados do trabalho relacionando as pesquisas sobre manutenção e o MR-PDMA, optou-se por uma estrutura que inicia com a consolidação dos principais achados das formas de interação entre informações de pesquisas (Quadro 2) e MR-PDMA em elementos de descrição textual exemplificativo, com a finalidade de melhorar as visualizações dos aspectos mais importantes de cada abordagem. Posteriormente, realizaram-

se as análises no desenvolvimento de máquinas agrícolas, para refletir sobre as tarefas e suas alocações nas fases correspondentes do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. Acredita-se que, desta forma, a leitura e a compreensão dos resultados sejam facilitados.

O Quadro 3 proporciona uma classificação útil com a qual se pode examinar o MR-PDMA e os desdobramentos do presente trabalho. Essa relação reconhece os desafios de gestão consideravelmente diferentes para a empresa se ela quiser envolver especificações de manutenção no MR-PDMA como fonte de informação tecnológica.

Quadro 3 – O papel da informação com foco em manutenção no MR-PDMA.

Fase no MR-PDMA	Atividade no MR-PDMA	Tarefas sugeridas com foco em manutenção	Fator	Percentual dos respondentes
Projeto informacional	Fatores de influência no projeto	- apresentar informação sobre as características operacionais desejáveis, incluindo aspectos de regulação e ferramental.	I, II	78%
		- considerar a padronização de informações sobre os dados experimentais, de laboratório e de campo utilizados em ensaios.	X	81%
		- adequar informações de pós-venda (banco de dados sobre dependabilidade), conjugando esforços no MR-PDMA.	VIII	72%
	Requisitos de projeto	- indicar evolução do estado-da-arte e apontar caminhos de P&D, para os quais podem ser direcionados os esforços de recursos em manutenção.	IV, XI	71%
		- no caso de transferência de tecnologia, o conhecimento de patentes sobre novos mecanismos permite identificar alternativas funcionais técnicas, bem como de empresas capacitadas no setor considerado.	V, X	88%
		- estabelecer as metas de dependabilidade a serem alcançados pela máquina em desenvolvimento, focando nos aspectos da manutenção de profissionais capacitados e operadores treinados.	III, IX	56%
Projeto conceitual	Estabelecer a estrutura funcional da máquina agrícola	- obter as concepções prioritárias e de concessão da carta-patente (caso houver), permitindo verificar se o conceito e a patente estão em consonância de propósito com fatores de influência no projeto, e possibilitando um contato direto para o licenciamento da inovação ou, alternativamente, para obtenção de <i>know-how</i> .	IX, X	59%
	Realizar estudo inicial de segurança sobre a concepção da máquina agrícola	- estruturar informações oriundas de acidentes com tratores agrícolas, propondo interação direta entre empresa e operador, por meio da descrição funcional de problemas, da especificação técnica e de esquemas, diagramas e desenhos ilustrativos.	XI, IV	77%

Projeto detalhado	Realizar teste de laboratório, de campo ou clínica com o protótipo e/ou componentes	- avaliar a compatibilidade da máquina agrícola com o trator e demais implementos no laboratório de teste, verificando componentes para manutenção.	VI, XII	92%
		- avaliar produtos similares e concorrentes, quantificar as diferenças de desempenho operacional em condições reais de trabalho e avaliar aspectos de facilidade de manutenção, resistência e durabilidade de seus componentes.	V, VII	66%
	Iniciar a elaboração dos procedimentos de assistência técnica da máquina agrícola	- definir os equipamentos e as ferramentas necessárias para a proposição do serviço de assistência técnica especializado.	I, XIII	71%
		- estruturação de manuais deve ser realizada para o profissional responsável pela manutenção e reparo do trator, propondo garantir a confiabilidade e segurança ao longo das operações futuras do trator.	VI, VII	83%
		- o manual deve apresentar aspectos no tocante a informações sobre a manutenção, tratando de segurança, equipamento de teste requerido, padrões de regulagens e ajustes do produto, localização de riscos potenciais (perigo), checagem de inspeção, lista de pontos de teste, desmontagem e montagem, etc.	VIII	74%

Fonte: Autores (2018).

Verificando o Quadro 3, dois percentuais merecem destaque. O primeiro deles reflete que para 56% dos respondentes das empresas, o estabelecimento de metas de dependabilidade a serem alcançados pela máquina em desenvolvimento, focando nos aspectos da manutenção de profissionais capacitados e operadores treinados, são executados em sua totalidade. Entretanto, isso oportuniza uma lacuna para melhoria ao longo do desenvolvimento do produto, tanto na parte de dependabilidade quanto de manutenibilidade.

O segundo fator consiste que para 59% dos respondentes, a obtenção das concepções prioritárias e de concessão da carta-patente (caso houver), possibilitando um contato direto para o licenciamento da inovação ou, alternativamente, para obtenção de *know-how*, ocorre de forma significativa no contexto industrial. Porém, isso viabiliza que as empresas utilizem maiores informações de patentes como estratégia de desenvolvimento de produto ao longo das fases informacional e conceitual.

Além disso, a compilação do Quadro 3 não é a única forma possível de classificar e analisar tais fatores de manutenção. A quantificação dos resultados deve ser observada com ressalvas, uma vez que pode conter diversos erros entre suas variáveis. A própria relevância da manutenção e o fator cronológico é algo discutível. Dessa forma, as percepções entre manutenção e MR-PDMA deve ser contextualizada desde a macrofase de projeção, inicialmente na atividade “fatores de influência do projeto” e posteriormente ser concluída na atividade de “iniciar a elaboração dos procedimentos de assistência técnica da máquina agrícola”.

Observa-se que todas as tarefas sugeridas com foco em manutenção relatadas visam propor um adequado desenvolvimento de produto e reestabelecer o funcionamento do equipamento, além de buscar reduzir significativamente o custo operacional de fabricação, sendo que as mais frequentemente encontradas, tanto na literatura como na prática, são sobre manutenção corretiva (planejada e não planejada) e manutenção preventiva (POPPE et al., 2017). Quanto à manutenção preventiva, que significa agir antes da falha ocorrer, pode ser considerada, no que se refere a manutenção de máquinas agrícolas, a chave para maximizar a

disponibilidade e eficiência, reduzindo os custos não previstos com manutenção não planejada ou corretiva (AHMAD e KAMARUDDIN, 2017). Os resultados expressos pelo Quadro 3 estão diretamente relacionados ao desenvolvimento de novos produtos em empresas nacionais, em que, conforme estudos de Iacono e Nagano (2016), este ocorre predominantemente no ambiente interno da firma, com pouco envolvimento de parceiros externos.

Além disso, conforme salienta Romano (2013), à medida que a programação da produção do lote piloto é implementada, o pessoal da área de produção e suprimentos deve controlar os prazos de recebimento dos componentes para manutenção e os certificados de aprovação de amostras, considerando que pode ocorrer a existência de componentes ainda não certificados. Nesta situação, o pessoal de projeto do produto, manufatura, qualidade e suprimentos, deve fazer o acompanhamento destes componentes, avaliando se, mesmo com certificado de aprovação de amostras reprovado, poderão ser utilizados.

O eficiente controle da manutenção de tratores agrícolas é condição primordial para o sucesso de qualquer planejamento. Além de permitir maior vida útil para os tratores e reduzir as possibilidades de falhas durante as operações agrícolas, permite diminuir os custos na produção final (LORENCOWICZ e UZIAK, 2015), pois as estimativas de custos de manutenção e reparo de tratores são questões-chaves para as decisões de substituição de tratores e de seus componentes. Desse modo, o Quadro 3 buscou sistematizar um conjunto de fatores que devem ser ponderados ao longo do desenvolvimento do produto focados na manutenção de tratores agrícolas para mantê-los em boas condições, suficientemente para proporcionar uma alta disponibilidade e operacionalidade.

Por fim, mesmo considerando que a empresa deva desenvolver tarefas específicas para a manutenção, os consumidores e os usuários finais, em função da alta tecnologia embutida em um trator agrícola, precisam ser profissionais treinados constantemente na parte técnica e também motivados, aptos a participarem de uma filosofia maior da empresa na busca de altos níveis de eficiência.

5 CONCLUSÃO

A utilização de manutenção no processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas denota uma vantagem competitiva com relação a concorrência. Nesse sentido, a pesquisa demonstrou as diversas vantagens proporcionadas pelo uso adequado e planejado de uma sequência de tarefas sugeridas para o setor de manutenção de máquinas agrícolas. Ao dar ênfase a análise geral das tarefas a serem desenvolvidas ao longo do modelo de referência no PDMA e restringindo-se ao contexto de manutenção de tratores agrícolas, são apresentados por meio dos resultados evidências importantes sobre os fatores que devem ser observados a fim de efetivamente utilizar a manutenção como informação tecnológica.

No modelo do PDMA, observa-se que a empresa que tiver uma sistematização formal de utilização de informações de manutenção aliada a uma captação eficiente de informação e de fatores de influência, conseguirá se destacar frente as novas demandas, sendo proporcionada para empresas que possuem alto grau de tecnologia e inovação, sejam estas obtidas às suas próprias custas e expensas, ou por meio da criação de programas internos de fomento ao desenvolvimento de produtos e aprimoramento dos processos.

O artigo pode contribuir para aquelas empresas que buscam entender melhor as definições e conceitos referentes à manutenção agrícola, proporcionando assim para os pesquisadores e interessados, um estudo acerca do assunto. Por fim, não existindo uma profusão de literatura científica em língua portuguesa sobre novas abordagens relacionando planejamento agrícola diretamente relacionado com manutenção de tratores agrícolas sugere-se a realização de estudos futuros que aprofundem esse campo do conhecimento visando

identificar formas de contribuir para novas conceituações de manutenção com foco na aplicação aos gestores que são responsáveis pelo planejamento da mecanização agrícola.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

AFSHARNIA, F. et al. Failure rate analysis of four agricultural tractor models in southern Iran. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 15, n. 4, 2013.

AFSHARNIA, F.; ASOODAR, M. A.; ABDESHAHI, A. The Effect of Failure Rate on Repair and Maintenance Costs of Four Agricultural Tractor Models. **International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering**, v. 8, n. 3, 2014.

AHMAD, R.; KAMARUDDIN, S. Structured maintenance engineering policy development based on a production machine process perspective. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 23, n. 2, p. 180-194, 2017.

AL-SUHAIBANI, S. A.; WAHBY, M. F. Farm tractors breakdown classification. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 3, p. 294-298, 2017.

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da indústria automobilística brasileira 2018**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

ASAE EP496.3. **Agricultural machinery management**. MI, USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2006.

ASAE S495.1. **Uniform terminology for agricultural machinery**. MI, USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2005.

BAIDYA, R.; DEY, P. K.; GHOSH, S. K.; PETRIDIS, K. Strategic maintenance technique selection using combined quality function deployment, the analytic hierarchy process and the benefit of doubt approach. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 94, n. 1-4, p. 31-44, 2018.

BARICELO, L. G. **A evolução diferenciada da indústria de máquinas agrícolas: um estudo sobre os casos norte-americano e brasileiro**. 2015. 142 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Brasil, 2015.

BAIDYA, R.; DEY, P. K.; GHOSH, S. K.; PETRIDIS, K. Strategic maintenance technique selection using combined quality function deployment, the analytic hierarchy process and the benefit of doubt approach. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 2016.

BARABADI, A. et al. Maintainability analysis of equipment using point process models. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, p. 797-801, 2016.

BOCHTIS, D. et al. Advances in agricultural machinery management: A review. **Biosystems Engineering**, v. 126, p. 69-81, 2014.

ESTRADA, J. S. et al. Performance of an agricultural engine using blends of diesel and ethanol. **Ciência Rural**, v. 46, n. 7, p. 1200-1205, 2016.

FARIAS, M. S. et al. Performance of an agricultural engine using mineral diesel and ethanol fuels. **Ciência Rural**, v. 47, n. 3, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20151387>

GENG, P. et al. Effects of alternative fuels on the combustion characteristics and emission products from diesel engines: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 523-534, 2017.

GUO, C.; LYU, C.; CHEN, J.; ZHOU. A design approach based on a correlative relationship between maintainability and functional construction. **Eksploracja i Niezawodność – Maintenance and Reliability**, p. 115–124, 2018.

IACONO, A.; NAGANO, M. S. Challenges for technological capacity building in latecomer firms: a study empirical in manufacturing firms in Brazil. **Journal of Organisational Studies and Innovation**, n. 3, p. 1 – 18, 2016.

LIPS, M.; BUROSE, F. Repair and Maintenance Costs for Agricultural Machines. **International Journal of Agricultural Management**, v. 17, n. 4, 2012.

LORENCOWICZ, E.; UZIAK, J. Repair Cost of Tractors and Agricultural Machines in Family Farms. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 7, p. 152-157, 2015.

MAHMUDUL, H. M. et al. Production, characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines – A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, p. 497-509, 2017.

MÁRQUEZ, L. **Tractores agrícolas: tecnología y utilización**. Espanha: B&H Grupo Editorial, 2012. 844p

MATTETTI, M.; MOLARI, G.; SERENI, E. Damage evaluation of driving events for agricultural tractors. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 135, p. 328-337, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.01.018>

ÖHMAN, M. et al. Remote Maintenance of Agricultural Machines. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 37, n. 7, p. 123-128, 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)32135-3](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)32135-3)

PAPAGEORGIOU, A. Agricultural Equipment in Greece: Farm Machinery Management in the Era of Economic Crisis. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 7, p. 198-202, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.12.017>

POPPE, J. et al. Numerical study of inventory management under various maintenance policies. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 168, p. 262-273, 2017.

RALPH, H. C. et al. The smooth (tractor) operator: Insights of knowledge engineering. **Applied Ergonomics**, v. 43, n. 6, p. 1122-1130, 2012.

RESITOGLU, I. A.; ALTINISIK, K.; KESKIN, A. The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 7, n. 1, p. 15-27, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0793-9>

ROHANI, A.; ABBASPOUR-FARD, M. H.; ABDOLAHPOUR, S. Prediction of tractor repair and maintenance costs using Artificial Neural Network. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 7, p. 8999-9007, 2011.

ROMANO, L. N. **Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas: planejamento, projeto e produção**. São Paulo: Blucher acadêmico, 2013.

SILVA, C. M.; MENEZES FILHO, N.; KOMATSU, B. **Uma Abordagem sobre o Setor de Serviços na Economia Brasileira**. Centro de Políticas Públicas – Insper. Policy Paper, n. 19, agosto, 2016.

SILVA, O.; SELKITTO, M. Cálculo da disponibilidade e posição no ciclo de vida de três linhas de produção de uma empresa da indústria química. **Engevista**, v.16, n.4, p.414-430, 2014.

SOPEGNO, A. et al. A web mobile application for agricultural machinery cost analysis. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 130, p. 158-168, 2016.

VIAN, C. E. de F. et al. Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural (Impresso)**, v. 51, p. 719-744, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032013000400006>