

DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO VIRTUAL DE UM CONJUNTO AUTOPROPELIDO DE IRRIGAÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA OLERICULTURA

ALESSANDRA CAMELO¹, MARCUS VINICIUS MORAIS DE OLIVEIRA²,
FABIANA DA COSTA BARROS³, PRISCILLA TOJADO DOS SANTOS³,
MARINALDO FERREIRA PINTO²

¹ Eng.^a Agrícola e Ambiental, Mestranda em Energia pelo Instituto de Ambiente e Energia IEE – USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 1289 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-900, alecamelo@usp.br

² Eng.^o Agrícola e Ambiental, Prof. Adjunto Depto. de Engenharia, Instituto de Tecnologia da UFRRJ, Rodovia BR 465, Km 07, s/n - Zona Rural, Seropédica - RJ, 23890-000

³ Graduanda em Eng. Agrícola e Ambiental, UFRRJ, Rodovia BR 465, Km 07, s/n - Zona Rural, Seropédica - RJ, 23890-000

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: Atualmente o mercado de trabalho busca engenheiros capazes de aplicar metodologias e design gráfico a projetos, além de manter bom relacionamento em equipe. Sabendo-se da necessidade de um autopropelido de irrigação voltado para pequenos agricultores e atendendo fins didáticos, referentes à disciplina de Projetos de Máquinas do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental (UFRRJ), desenvolveu-se um protótipo virtual visando subsidiar conhecimentos para sua futura construção. O objetivo do presente trabalho foi otimizar recursos no desenvolvimento de um protótipo de autopropelido para irrigação de baixo custo. Para isso, foram utilizadas metodologias de projeto para concepção e desenvolvimento completo da máquina. O levantamento de tecnologias e conceitos existentes no mercado foi realizado, materiais e orçamento foram definidos, além da realização da técnica de brainstorming e atribuição de valor a mecanismos. Ao final das dinâmicas, os projetos Informacional, Conceitual e Virtual foram obtidos. O Projeto Virtual do autopropelido, detalhado em plataforma CAD SolidWorks®, possibilitou a manufatura da máquina no Laboratório Prof. Jacinto do Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia da UFRRJ.

PALAVRAS-CHAVE: Metodologia de Projeto, Projetos de Máquinas, Engenharia de Projetos

DEVELOPMENT OF THE VIRTUAL PROTOTYPE OF A LOW COST IRRIGATION SELF- PROPELLED FOR OLERICULTURE

ABSTRACT: Nowadays the work environment seeks for engineers capable of applying specific methodologies to projects, in addition to maintaining good team relationships. Starting from the necessity of a self-propelled for local farmers and didactic purposes of the irrigation subject, the Machines Projects class of the Agricultural and Environmental Engineering (UFRRJ) has chosen to construct a virtual prototype aiming further support to its construction. Therefore, the aim of the present work was to enhance many resources for the development of a low cost self-propelled prototype for irrigation. Project methodologies were applied in order to achieve complete conception and development of the machine. The analysis of current technologies and concepts in the market was performed, materials and budget were defined, in addition to the brainstorming technique and attribution of values to mechanisms solutions. After the dynamics, the Informational, Conceptual, and Virtual projects were created by the students. The detailed Virtual Project on SolidWorks® CAD platform allowed the prototype manufacture in the Prof. Jacinto Laboratory of the Institute of the Technology, at the Engineering Department of UFRRJ.

KEYWORDS: Project Methodology, Machines Projects, Projects Engineering

INTRODUÇÃO

A olericultura é o ramo da horticultura caracterizado pelo cultivo de hortaliças, assim como folhosas, raízes, bulbos, tubérculos e frutos (FREITAS & DIONÍSIO, 2009). O Rio de Janeiro é o terceiro maior produtor com 13,2% da produção (CARVALHO, 2017) deste setor que movimenta cerca de R\$ 55 bilhões ao ano no País (ABCSEM, 2016). Na região de Baixada Fluminense, os agricultores familiares atuam de forma expressiva na realização desta atividade econômica (MARAFON & RIBEIRO, 2006). Entretanto, a atividade olerícola poderia ser ainda mais rentável se os agricultores possuísem acesso a tecnologias de baixo custo e alta qualidade, como maquinário desenvolvido especialmente para atender demandas operacionais e viabilizar irrigação eficiente de seus canteiros.

Nos últimos anos a cadeia produtiva das hortaliças foi submetida a avanços consideráveis. Entretanto, o setor ainda passa por desafios que atuam diretamente na redução de produção como a falta de investimento técnico-científicos em inovação tecnológica (SENAR, 2016). Adicionalmente, fatores climáticos tais como temperatura, umidade e luminosidade, são de extrema importância na atividade olerícola. Com isso, a irrigação torna-se indispensável em dias mais quentes e ensolarados, buscando elevar a produtividade (AMARO, 2007).

Dentre os sistemas de irrigação, o autopropelido caracteriza-se por aspersão móvel, cuja movimentação se dá por energia hidráulica. Devido a facilidade operacional e ao elevado alcance do equipamento, o mesmo tem sido um dos métodos mais utilizados na irrigação brasileira (OLIVEIRA et al., 2013).

De uma forma geral, verifica-se que a tecnologia por trás dos maquinários é geralmente importadas e inadequadas aos sistemas de produção agrícola brasileiros, resultando em baixa qualidade média do equipamento nacional (NETO, 1985). Entretanto, o Brasil tem plena capacidade de inovar e desenvolver tecnologias voltadas para a realidade nacional. Para tal, segundo Amaral & Rozenfeld (2008), deve-se investir em aprimoramento, planejamento e sistematização do processo de desenvolvimento do projeto de engenharia.

Segundo Norton (2013), o projeto de engenharia pode ser definido como um processo de aplicação de várias técnicas e princípios científicos com o intuito de definir um dispositivo, método, ou sistema suficientemente pormenorizado permitindo sua realização com bom funcionamento, segurança e confiabilidade. Ao tomar decisões alicerçadas no projeto, pode-se ter uma diminuição de incertezas. Um projeto é geralmente iniciado, independente da sua complexidade, com uma função primária que aumenta gradativamente o nível de dificuldade com o decorrer do tempo. Adicionalmente, pode exigir soluções para mudanças de contexto, surgimento de diferentes interesses, além de dificuldades e objetivos (GIEZEN, 2012).

A elaboração do projeto de forma sistematizada e em acordo com metodologias específicas favorece a comunicação entre a equipe, facilitando o planejamento e a organização (ANTONELLO et al., 2015). Sem a utilização de uma metodologia, os projetos podem fracassar no seu intento de satisfazer os clientes ou até mesmo em sua funcionalidade (LALONDE et al., 2012). Considerando a região de Seropédica – RJ e a importância do projeto de engenharia, o objetivo do presente trabalho foi elaborar o projeto composto por Projeto Informacional, conceitual e virtual de um protótipo autopropelido compacto e de baixo custo para irrigação de canteiro de hortaliças.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola, pertencente ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), km 47, Município de Seropédica, Rio de Janeiro. Inicialmente, foi identificada a necessidade de um autopropelido para fins didáticos e uso voltado para olericultura pelos agricultores da região.

Elaboração do Projeto Informacional (PI) para o Protótipo Autopropelido

Inicialmente foram estabelecidas as etapas para elaboração do PI, como mostra a Figura 1.

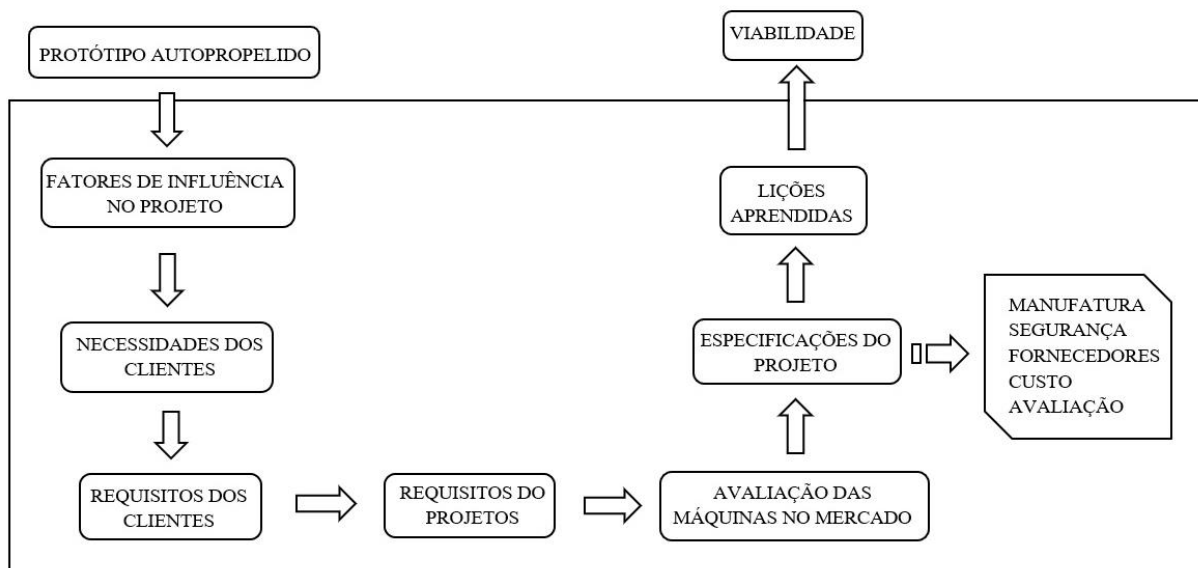


Figura 1. Fluxograma da metodologia e as etapas para elaboração do Projeto Informacional.

Em seguida, em contato com a Emater escritório Seropédica – RJ, foi realizado o levantamento dos fatores de influência no projeto. O tamanho médio das propriedades e extensão de canteiros a serem irrigados, distância entre os canteiros ou corredor e as hortaliças mais cultivadas na região com destaque para a produção de alface e tubérculos como batata-doce foram identificados (boletim mensal Emater Seropédica, dados não publicados).

A partir de tais informações foram definidas as necessidades do público alvo. Tendo em vista o uso do auto propelido para fins didáticos como mais versátil, definiu-se o uso agrícola como limitante. As necessidades foram identificadas quanto ao uso do protótipo, projeto, produção e comercialização. As necessidades encontradas foram transformadas em requisitos dos clientes, estes por sua vez requisitos de projetos como atributos básicos compreendendo o funcionamento da máquina, atributos do ciclo de vida, material, energético e de controle. Os principais requisitos de projeto foram a autonomia no movimento e a irrigação e movimentação desprovida do arraste da mangueira, conferindo caráter inovador ao protótipo.

Foi elaborado o diagrama de Mudge para comparar os requisitos, com o objetivo de elencá-los por nível de importância para desenvolvimento e adaptação na fase do Projeto Conceitual. A comparação foi realizada tomando uma matriz triangular onde as funções são enumeradas, em seguida confere-se valor as comparações (ROZENFELD et al., 2006).

As lições aprendidas podem ser definidas como um planejamento que não foi concluído em sua execução para uma função específica do protótipo, onde deve-se recorrer ao PI e alterar estabelecendo uma nova alternativa. Por fim, a viabilidade do protótipo autopropelido depende de testes e ensaios pós-construção, indo muito além do escopo do presente trabalho.

Projeto Conceitual (PC)

***Brainstorming* – Definição dos Sistemas e escolha da melhor versão do Protótipo**

De posse dos requisitos de projeto elencados através do diagrama de Mudge, a dinâmica de *Brainstorming* (do Inglês, tempestade de ideias) foi realizada para definir subfunções do protótipo. A dinâmica permite a elaboração de uma matriz morfológica contendo as subfunções e os mecanismos de solução com o objetivo de determinar diversas variantes para solucionar um problema específico.

Na etapa subsequente, as diferentes maneiras propostas para realização de cada subfunção foram avaliadas de acordo com os fatores técnicos, recebendo as pontuações dentro da faixa estabelecida, de 1 a 5, sendo o 1 para o pior e 5 para o melhor. O mesmo procedimento e pontuação foi adotado para os fatores econômicos. A partir da definição das notas das subfunções nos quesitos técnicos e econômicos, a equação (1) foi utilizada para determinar a pontuação final de cada mecanismo das subfunções. Foi realizado o somatório da Pf de cada mecanismo e para 4 variantes previamente estabelecidas. A variante com a maior nota entre as demais definiu o conceito do protótipo.

$$Pf = \frac{Nt}{Ne} \quad (1)$$

em que,
 Pf – Pontuação final,
 Nt – Nota técnica, e
 Ne – Nota econômica.

Durante o desenvolvimento do conceito do protótipo no PC, utilizou-se a metodologia de projeto proposta por Pahl & Beitz (2003). Atendendo a variante escolhida ao final da dinâmica de *Brainstorming*, materiais acessíveis e necessários para construção dos mecanismos e sistemas foram pré-estabelecidos. A necessidade de solda para união de partes foi identificada, bem como realizada a elaboração de um orçamento base para manufatura da máquina, uma vez que o projeto não contou com patrocínio ou investimento de órgão de fomento à pesquisa.

Projeto Virtual (PV) em CAD

A plataforma Computer Aided Design (CAD do Inglês, Projeto Assistido por Computador) SolidWorks® 2018 (DASSAULT SYSTEMS Corporation, 2018) versão teste para estudante foi utilizada nas atividades de treino e durante o desenvolvimento do Projeto Conceitual (PC) e do protótipo virtual da máquina. O SolidWorks® é um software que permite esboçar ideias rapidamente, produzir modelos e desenhos detalhados, além de oferecer ferramentas de software 3D (JÚNIOR, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo e aprendizado da metodologia de projetos de engenharia mostrou-se didaticamente interessante ao subsidiar instrumentação teórica aos discentes. Tal embasamento possibilitou o desempenho da turma no desafio de elaborar um projeto completo de máquina aplicado a uma situação real de necessidade no mercado.

Projeto Informacional (PI)

O PI serviu como instrumento para análise dos requisitos pertinentes ao protótipo ao considerar variáveis como funcionamento, ergonomia, segurança, economia, confiabilidade e redução de impactos ambientais em termos de energia, água e reaproveitamento de sucatas. As necessidades dos clientes foram transformadas em requisitos dos clientes, que por sua vez assumiram os requisitos de projeto (Tabela 1).

Tabela 1. Necessidades dos clientes e os requisitos correspondentes

Necessidades dos Clientes	Requisitos dos Clientes
<i>Relacionado ao uso</i>	<i>Relacionado ao uso</i>
Diferentes culturas	ser versátil
Interface amigável	ser simples, direto
Uso em canteiros	ser compacto
Variedade de aspersores	ser eficiente
Leveza	ser leve
Transporte fácil	ser compacto
<i>Comercialização</i>	<i>Comercialização</i>
Baixo custo	Baixo custo de aquisição
Peças de baixo custo	ser reciclável
Fácil manutenção	Fácil Regulagem

Necessidades dos Clientes	Requisitos dos Clientes
<i>Produção</i>	<i>Produção</i>
Fácil construção	ser simples
Fácil montagem no campo	ser simples
Possibilidade de materiais alternativos	Peças comerciais
Materiais provenientes de outros métodos de irrigação	ser reciclável
<i>Projeto</i>	<i>Projeto</i>
Vazão fixa	ser simples
Diversas velocidades	ser versátil
Sistema de filtragem	ser eficiente, ser simples
Carrinho retrátil	ser compacto
Baixo consumo energético	ser econômico
Estabilidade	ser seguro, eficiente
Mangueira suspensa	Fácil transporte

Em seguida, o diagrama de Mudge foi obtido a partir dos oito requisitos de projeto definidos (Figura 2). O diagrama de Mudge é considerado um diferencial pela abordagem simples e eficiente em uma fase tão crítica como a do PI (NICKEL et al., 2010). Além disso, o diagrama fornece e ressalta a importância dos requisitos de projeto melhor elencados, facilitando a tomada de decisão nas etapas seguintes de desenvolvimento do projeto da máquina.

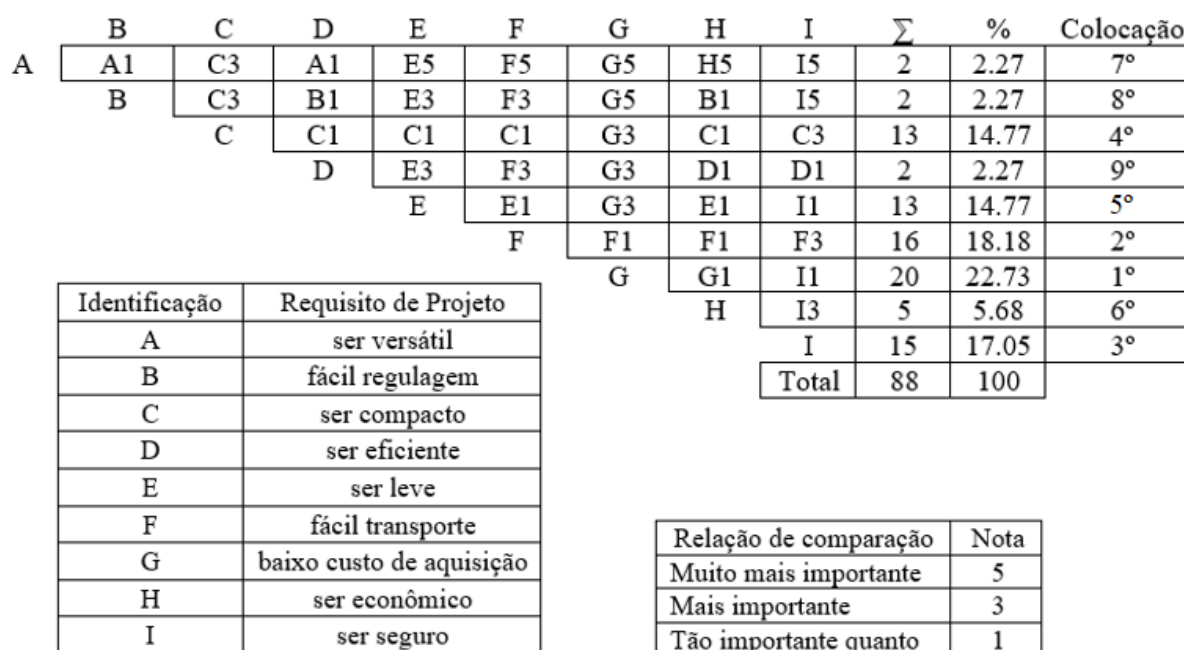


Figura 2. Diagrama de Mudge para os requisitos de projeto do protótipo autopropelido.

Constatou-se com o diagrama que os requisitos elencados em ordem de importância com as maiores pontuações foram o baixo custo de aquisição, fácil transporte, segurança da máquina, compacto e leve empatados.

Projeto Conceitual (PC)

O Projeto Conceitual otimiza a construção das funções já predefinidas no PI. A Figura 3 apresenta a matriz morfológica obtida através da técnica de *Brainstorming*.

Solução / Subfunção	S1	S2	S3	S4	S5	S6
F1 - Distribuir água	Barra aspersora	mangueira	aspersor	aspersor de jardim	mangueira aspersora	barra gotejadora
F2 - Desenrolar mangueira	pistão automático	pistão - cremalheira	carrinho	drone		
F3 - Enrolar mangueira	língua de sogra	corrente	mola	carretel turbina		
F4 - Fixar componentes	cortador de grama	carrinho	carrinho	carretel		
F5 - Mover máquina	mola	turbina	pressão da água	carrinho de mina	carneiro hidráulico	pistão
F6 - Regular pressão	registro	inversor de frequência	válvula reguladora de pressão			
F7 - Regular velocidade	registro	engrenagem	correia CVT			
F8 - Fonte de potência	turbina	pistão hidráulico	bateria elétrica	mola	carneiro hidráulico	

Figura 3. Matriz morfológica.

Legenda

- | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| F1S1 – Barra aspersora; | F3S3 – Mola; | F6S1 – Inversor de frequência; |
| F1S2 – Mangueira; | F3S4 – Carretel-turbina; | F6S2 – Registro |
| F1S3 – Aspersor unitário; | F4S1 – Cortador de grama; | F6S3 – Válvula reg. de pressão; |
| F1S4 – Aspersor de jardim; | F4S2 – Carrinho; | F7S1 – Registro; |
| F1S5 – Mangueira aspersora; | F4S3 – Carrinho 2 partes; | F7S2 – Engrenagem; |
| F1S6 – Barra gotejadora. | F4S4 – Carretel; | F7S3 – Correia CVT; |
| F2S1 – Pistão e automático; | F5S1 – Mola; | F8S1 – Turbina; |
| F2S2 – Pistão-cremalheira; | F5S2 – Turbina; | F8S2 – Pistão hidráulico; |
| F2S3 – Carrinho; | F5S3 – Pressão da água; | F8S3 – Bateria elétrica; |
| F2S4 – Drone; | F5S4 – Carrinho de mina; | F8S4 – Mola; |
| F3S1 – Língua de sogra; | F5S5 – Força humana; | F8S5 – Carneiro hidráulico. |
| F3S2 – Corrente; | F5S6 – Pistão; | |

Com base na matriz morfológica e no *brainstorming* foi realizado as combinações de solução que resultou nas variantes. Em seguida, a Tabela 2 apresenta o conceito de variantes obtidas utilizando as soluções idealizadas.

Tabela 2. Variantes resultantes para as funções da máquina

Variante 1	F1S5	F2S3	F3S2	F4S2	F5S1	F6S5	F7S1	F8S1
Variante 2	F1S3	F2S3	F3S2	F4S2	F5S1	F6S1	F7S1	F8S1
Variante 3	F1S6	F2S3	F3S2	F4S3	F5S7	F6S1	F7S1	F8S2
Variante 4	F1S3	F2S3	F3S3	F4S4	F5S3	F6S1	F7S1	F8S4

F: subfunção; S: solução.

As notas técnicas e econômicas foram determinadas para valoração de 1 a 5 visando reduzir a diferença entre o melhor e pior mecanismo, e poderia inviabilizar uma boa variante (Tabela 3).

Tabela 3. Faixa de valoração técnica e econômica para análise das variantes

Eficiência técnica	Nota	Valor econômico	Nota
Péssimo	1	Custo baixo	1
Ruim	2	Custo regular	2
Regular	3	Custo médio	3
Bom	4	Custo alto	4
Excelente	5	Custo elevado	5

Na Tabela 4 são apresentadas as notas de acordo com faixa adotada para viabilidade técnica e para o valor econômico, onde a variante com a maior PF final foi a variante 4 com o total de 2,11. A variante 4 foi selecionada por melhor adequar os atributos econômicos e técnicos, mantendo o conceito inicial do projeto com funcionalidade e baixo custo.

Tabela 4. Pontuação final (PF) de cada variante

		F1SX	F2SX	F3SX	F4SX	F5SX	F6SX	F7SX	F8SX	Σ	PF
Variante 1	Nt	3	5	5	4	3	5	5	4	34	1,54
	Ne	3	2	2	3	3	2	2	5	22	
Variante 2	Nt	2	5	5	4	5	5	5	5	36	1,63
	Ne	4	2	2	3	5	2	2	2	22	
Variante 3	Nt	5	5	5	5	3	5	5	5	38	1,81
	Ne	4	2	2	2	3	2	2	4	21	
Variante 4	Nt	5	5	5	5	5	5	5	3	38	2,11
	Ne	2	2	2	2	2	2	2	4	18	

Nt: Nota técnica; Ne: Nota econômica.

Projeto Virtual (PV)

O Projeto Virtual foi desenvolvido considerando a variante 4 selecionada no PC, além dos requisitos definidos no PI, visando a construção facilitada, otimização de tempo e recursos, uma vez definidas as peças e suas dimensões, materiais e preços nas etapas anteriores do PI e PC (Figura 4).

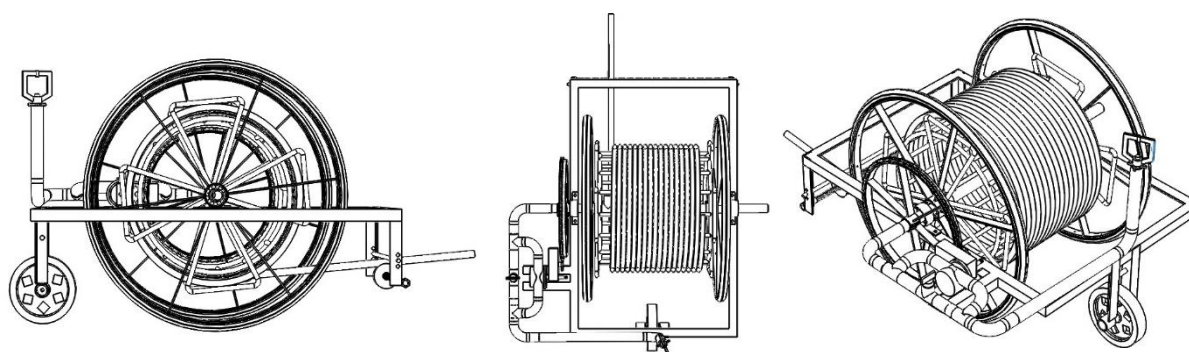
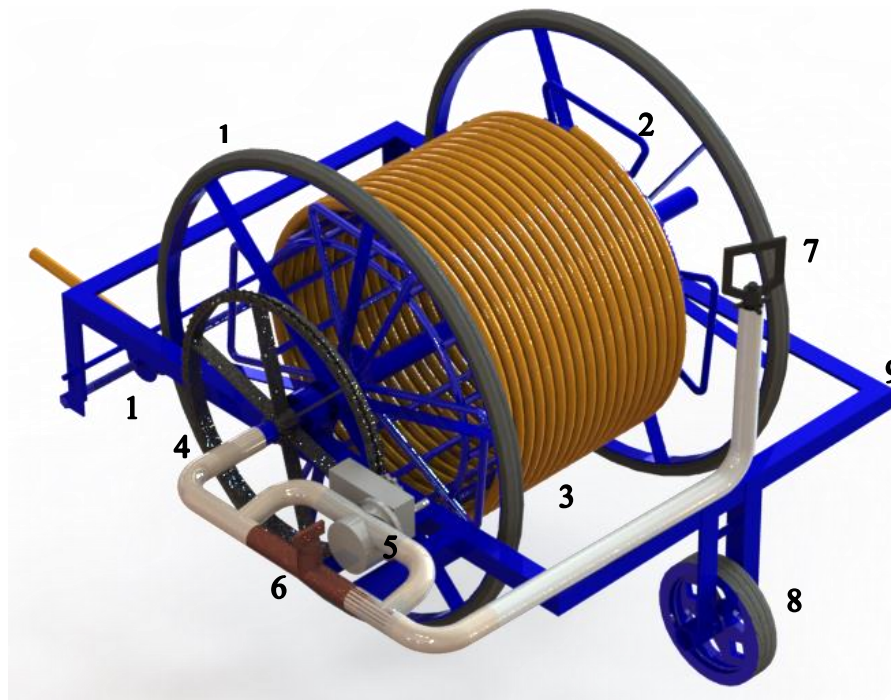


Figura 4. Representação simplificada do protótipo em vistas lateral direita, superior e isométrica no SolidWorks® (DESSAULT SYSTEMS Corp., versão estudante 2018).

Após elaboração do Projeto Virtual simples, questões importantes do projeto de engenharia como o design e cor das partes componentes do protótipo foram definidas. A Figura 5 apresenta o Projeto Virtual final do protótipo autopropelido de baixo custo no SolidWorks®, enumerando as principais partes constituintes.



- | | | | |
|---|---------------------|----|---------------------|
| 1 | Molinete | 6 | Registro |
| 2 | Carretel | 7 | Aspersor |
| 3 | Mangueira | 8 | Roda guia |
| 4 | Eixo de transmissão | 9 | Chassi |
| 5 | Turbina | 10 | Roda de sustentação |

Figura 5. Projeto Virtual final renderizado do protótipo autopropelido desenvolvido no SolidWorks® (DESSAULT SYSTEMS Corp., versão estudante 2018).

O requisito de projeto de não arraste da mangueira foi idealizado utilizando um molinete guia em barra rosqueada, que direciona a mangueira para o aspersor sempre acoplada ao carretel, como apresentado Figura 5. Essa característica é extremamente importante por atacar um problema de longa data que permanece até os dias atuais no conceito dos autopropelidos. Com isso, o protótipo preza pela preservação das plantas e canteiros que seriam potencialmente danificados (AZEVEDO et al., 1983), além de impactar positivamente na vida útil da mangueira por tornar quase nulo o atrito com o solo (ROCHA, 2000).

O protótipo foi projetado para realizar movimento na velocidade de 2 a 5 km.h⁻¹ utilizando a energia cinética da água em energia mecânica, dispensando outras fontes de energia que oneram o uso de maquinário. Além disso, o sistema confere versatilidade do autopropelido na irrigação de diversas culturas olerícolas ao permitir ajuste da lâmina aplicada através da regulação da pressão utilizando o mesmo aspersor.

Ainda, o protótipo teve sua estrutura compacta nos seus 88 cm de comprimento x 55 cm de largura, especialmente idealizado para o vão entre canteiros das propriedades olerícolas características de Seropédica.

CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia através de dinâmicas possibilitou a obtenção do Projeto Informacional, Conceitual e Digital que compõe o projeto final do autopropelido.

Diante do projeto final obtido, concluiu-se que o conceito e operação fazem do protótipo uma máquina agrícola viável, compacta e de baixo custo de construção e manutenção.

Os desafios do projeto para desempenhar a função de irrigar canteiros sem o arraste da mangueira e realizar movimento utilizando a energia cinética da água foram idealizados com sucesso e contemplados na concepção conceitual e digital do autopropelido.

AGRADECIMENTOS

À Emater, escritório Seropédica – RJ, pelo auxílio na caracterização do perfil e necessidades dos agricultores da região e suas pequenas propriedades. Aos discentes do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da UFRRJ da turma 2018/2 de Projeto de Máquinas, pela superação do desafio com união e dedicação. Ao Sr. Claudinho, pelo tempo e carinho como profissional dedicado que tanto nos auxiliou nos estudos preliminares de solda para o projeto.

REFERÊNCIAS

ABCSEM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS. **Cadeia produtiva de hortaliças gira, por ano, R\$ 55 bi no país**. 2016. Disponível em: < <http://www.abcsem.com.br/noticias/3232/cadeia-produtiva-de-hortaliças-gira-por-ano-r-55-bi-no-pais>>. Acesso em: 19/04/2018.

AMARAL, C. S. T.; ROZENFELD, H. Sistematização das melhores práticas de desenvolvimento de produtos para acesso livre e compartilhamento na internet. **Produto & Produção**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 120-135, 2008.

AMARO, G.B.; SILVA, D.M.; MARINHO, A.G.; NASCIMENTO, W.M. **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. 16p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 47)

ANTONELLO, M. G.; ROMANO, L. N.; MARTINS, M. E. S. A importância do processo de sistematização de conhecimentos para o desenvolvimento de produtos. **Espacios**, Caracas, v. 36, n. 5, 12 p., 2015.

AZEVEDO, J. A. de; SILVA, E. M. da; RESENDE, M.; GUERRA, A. F. **Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o Cerrado**. Brasília: Embrapa Cerrados, 1983. 53 p. (Embrapa Cerrados: Circular Técnica, 16)

CARVALHO, C.; KIST, B.B. **Anuário brasileiro do hortaliças 2017**. Santa Cruz do Sul: GAZETA SANTA CRUZ, 2017. 60 p. ISSN 2178-0897

DASSAULT SYSTEMS SolidWorks Corporation: project planning 3D software. Student Version 2018 [S.l.]: Dassault Systems Corporation, 2018. 1 CD-ROM.

FREITAS, M. P.; DIONÍSIO, J. A. Oligoquetos edáficos em sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Estudos de Biologia**, Curitiba, v. 36., n. 86, p. 82-102, 2014.

GIEZEN, M. Keeping it simple? A case study into the advantages and disadvantages of reducing complexity in mega project planning. **International Journal of Project Management**, Amsterdã, v. 30, n. 7, p. 781-790, 2012.

JÚNIOR, S. R. S. **SolidWorks 2016: Modelagem 3D de peças, chapas metálicas e superfícies**. São Paulo: SENAI-SP, 2017, 440 p. ISBN 978-85-8393-803-3

LALONDE, P. L.; BOURGAULT, M.; FINDELI, A. An empirical investigation of the project situation: PM practice as an inquiry process. **International Journal of Project Management**, Amsterdã, v. 30, n. 4, p. 418-431, 2012.

MARAFON, G. J.; RIBEIRO, M. Â. Agricultura familiar, pluriatividade e turismo rural: reflexões a partir do território fluminense. **Revista Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, n. 18-19, p. 111-130, 2006.

NETO, J. A. A indústria de máquina agrícola no Brasil – origens e evolução. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 57-69, 1985.

NICKEL, E. M.; FERREIRA, M. G. G.; FORCELLINI, F. A.; SANTOS, C. T.; SILVA, R. A. A. Modelo multicritério para referência na fase de projeto informacional do processo de desenvolvimento de produtos. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 17, n. 4, p. 707-720, 2010.

NORTON, R. L. Introdução ao projeto. In: _____. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. cap. 1, p. 3-28.

OLIVEIRA, H. F.; COLOMBO, A.; FARIA, L. C.; BESKOW, S.; PRADO, G. SIA: Modelo para simulação da irrigação por aspersão-Calibração e validação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, Campina Grande, v. 17, n. 3, 2013.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.L. G. e W. **Projetos na Engenharia**. São Paulo: Editora Edgar Blücher. 2003, 411p. ISBN: 9788521203636

ROCHA, F. A. **Desempenho de um equipamento de irrigação autopropelido em condições de campo**. 2000. 80 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. de; SILVA, J. L. da; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. 1. Ed. São Paulo: Saraiva, 2006, 541 p.

SENAR – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Balanço 2016 Perspectivas 2017**, 242 p., 2016. Disponível em: <<https://data.gessulli.com.br/file/2016/12/08/H104033-F00000-M637.pdf>>. Acesso em: 21/04/2018.