

## PROJETO DE UM ROBÔ GANTRY COM ACIONAMENTO PNEUMÁTICO PARA SEMEADURA DE HORTALIÇAS EM ESTUFA

MARCIA REGINA MABONI HOPPEN PÖRSCH<sup>1</sup>, ANDREI FIEGENBAUM<sup>2</sup>,  
NIVIA MARIA KINALSKI<sup>3</sup>, LUIZ ANTÔNIO RASIA<sup>4</sup>, ANTONIO CARLOS  
VALDIERO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda em Modelagem Matemática, DCEEng/UNIJUI, fone: (54) 3343-1872, e-mail: marcia\_porsch@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestrando em Engenharia Mecânica, POSMEC/UFSC

<sup>3</sup> Doutoranda em Modelagem Matemática, DCEEng/UNIJUI Campus Panambi

<sup>4</sup> Dr. Eng. Ele., DCEEng/UNIJUI Campus Panambi

<sup>5</sup> Dr. Eng. Mec., DCEEng/UNIJUI Campus Panambi

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Apresenta-se o projeto de um robô tipo Gantry com acionamento pneumático destinado à sementeira de hortaliças em sementeiras como alternativa de baixo custo para o aumento da produtividade e das condições ergonômicas de trabalho no contexto da agricultura de precisão. Graças aos processos de evolução tecnológica na agricultura, tem-se a melhoria da eficiência na adubação, na irrigação e na aplicação de defensivos com dosagem inteligente. O objetivo é tratar das necessidades e do projeto de um robô Gantry com acionamento pneumático para tarefas em uma estufa com sementeira. A metodologia é baseada na análise das necessidades do agricultor, no projeto e na construção de um modelo em escala reduzida facilmente adaptável na realidade da agricultura familiar e de precisão. O protótipo está sendo desenvolvido numa bancada disponível no Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas com apoio financeiro do FINEP, CNPq e de empresas parceiras. Como conclusões, tem-se que a automação de baixo custo pode contribuir para o aumento do potencial de aplicações de tecnologias voltadas para a agricultura de precisão por meio de uma metodologia integrada no projeto de pesquisa e desenvolvimento de máquinas agrícolas por meio da robótica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Robô Gantry, Acionamento Pneumático, Controle Automático

### DESIGN OF A GANTRY ROBOT WITH PNEUMATIC DRIVE FOR SOWING IN GREENHOUSES

**ABSTRACT:** This work presents the design of a Gantry-type robot with pneumatic drive for the sowing of vegetables in sowing as a low-cost alternative for increasing productivity and ergonomic working conditions in the context of precision agriculture. Due to the technological processes evolution in agriculture, the efficiency of fertilization, irrigation and the application of pesticides with intelligent dosage has been improved. The aim is to address the needs and design of a Gantry robot with pneumatic drive for tasks in a greenhouse with sowing. The employed design methodology is based on the farmer needs analysis, the design and the construction of a small scale model easily adaptable in the reality of family farming and precision. The prototype is being developed in a stand available in the Innovation Center for Automatic Machines and Servo Systems (NIMASS) with financial support from FINEP,

CNPq and partner companies. As conclusions, it has been the low cost automation can help to increase the potential applications of focused precision agriculture technology by means of an integrated approach in the research and development project of farm machines through robotics.

**KEYWORDS:** Gantry Robot, Pneumatic Actuation, Automatic Control.

## INTRODUÇÃO

A aplicação de máquinas na agricultura de precisão tem experimentado um aumento de investimento e de pesquisa nos últimos anos, inclusive devido ao uso de conhecimentos de robótica na concepção de máquinas para a execução de tarefas agrícolas (AUAT e CARELLI, 2013). Com a crescente evolução da tecnologia, os maiores beneficiários com a oferta de maquinário adequado têm sido as grandes propriedades agrícolas que possuem as condições de pagamento do alto custo.

Para Amer *et al.* (2015) comentam que a robótica na agricultura não é um conceito novo, já se tem uma história de pesquisa e desenvolvimento de colhedoras automatizadas para tomate cereja, pepinos e cogumelos, dentre outras culturas. O AgriBot é robô desenvolvido por Amer *et al.* (2015) implementado para a realização de diversas tarefas como semeadura, capina, pulverização de fertilizantes e inseticidas. Assim também, Naik *et al.* (2016) apresentam um robô para aplicação na agricultura de precisão que permite a semeadura com profundidade adequada e distância entre linhas com precisão.

Na literatura recente encontram-se resultados diversos em pesquisas sobre robótica móvel e mecanização da agricultura de precisão. Sousa *et al.* (2015) propuseram um método baseado na lógica Fuzzy no qual se consideram contextos agrícolas para gerar comportamentos robóticos nas ações de locomoção segura de um robô móvel entre as linhas de plantio, onde foram realizadas simulações durante a navegação num pomar virtual. Nagaoka *et al.* (2015) desenvolveram o protótipo conceitual de um módulo de potência para aos pequenos e médios produtores, preparado para receber diferentes tecnologias de propulsão, cujos resultados da pesquisa apontaram a necessidade de alternativas para máquinas destinadas a áreas agrícolas com relevo acidentado. Neste sentido, Porsch *et al.* (2016) trataram das necessidades e do projeto de um módulo de controle automático de inclinação adequado para manter implementos agrícolas com inclinação horizontal mesmo em terrenos inclinados e com o registro das informações em tempo real, contribuindo para o aumento do potencial de aplicações de tecnologias de automação com baixo custo voltadas para a agricultura de precisão por meio de uma metodologia integrada no projeto de pesquisa e desenvolvimento de máquinas agrícolas, acessível ao produtor familiar. Também preocupados pela demanda por maquinários com melhor eficiência e buscando a redução de custos operacionais, Santos *et al.* (2015) avaliaram o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora em função da velocidade de deslocamento e do mecanismo sulcador de fertilizantes.

Dessa forma, com o crescente desenvolvimento da robótica na agricultura, o presente trabalho tem por objetivo apresentar a análise das necessidades e o projeto de um robô tipo Gantry com acionamento pneumático destinado à semeadura de hortaliças em estufas com sementeiras, como alternativa de baixo custo para o aumento da produtividade e das condições ergonômicas de trabalho no contexto da agricultura de precisão. Na seção seguinte apresentam-se os materiais e métodos, seguidos dos resultados e discussões.

## MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção apresenta-se a metodologia de projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de sistemas mecatrônicos e robóticos aplicados em sistemas agrícolas e que é altamente integrada e colaborativa (PANG *et al.*, 2011). A metodologia de projeto procura orientar e ajudar a equipe executora de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na sistematização das informações de forma organizada, lógica e criativa, combinando os conhecimentos científicos e tecnológicos já adquiridos, e de diversas áreas do conhecimento, num projeto de P&D. A FIGURA 1 apresenta as principais etapas da metodologia de projeto de P&D com enfoque nas etapas de Análise das Necessidades e do Projeto de um robô tipo Gantry com acionamento pneumático destinado à sementeira de hortaliças em estufas com sementeiras.

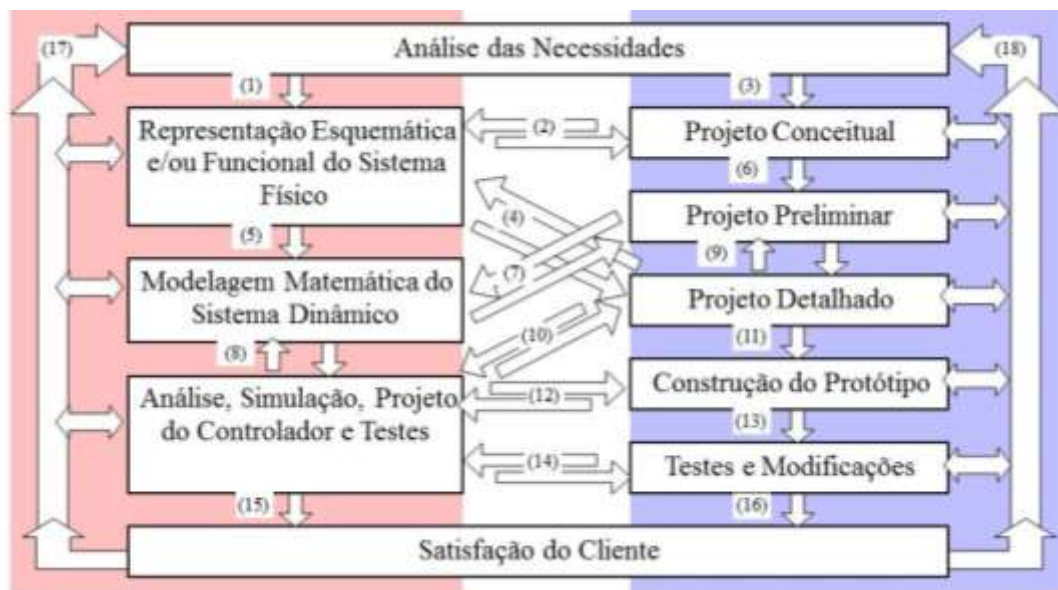


FIGURA1. Diagrama esquemático da metodologia de projeto de produtos mecatrônicos: integração das metodologias de projeto de sistemas mecânicos e de sistemas de controle no contexto do desenvolvimento de robô para estufa agrícola.

Fonte: adaptado de Valdiero e Rasia (2016).

A primeira fase da metodologia é a Análise das Necessidades (PAHL e BEITZ, 1995), onde são definidos os requisitos e as metas de desempenho a partir do estudo e da pesquisa dos parâmetros agrônômicos e das tarefas realizadas na estufa com sementeiras. A partir da fase de Análise das Necessidades, a metodologia de projeto integrado do robô Gantry pode ser dividida nas fases propostas por Valdiero e Rasia (2016) e discutidas a seguir com indicações numéricas referentes à FIGURA 1.

A fase de “representação esquemática e/ou funcional do sistema físico” (5) com base nos requisitos e nas especificações de desempenho obtidos na “análise das necessidades” (1), do projeto conceitual do sistema mecânico (2) e também de informações do detalhamento (4) dos componentes mecânicos, tem-se nesta fase a descrição do sistema físico. Pode-se construir um diagrama de blocos funcional ou uma representação esquemática dos componentes elétricos e/ou mecânicos para melhor visualização. Esta fase resulta no conhecimento do sistema físico.

A fase “modelagem matemática do sistema dinâmico” (8) é obtida a partir do conhecimento do sistema físico (5), aplicando-se leis físicas (Newton-Euler, Lagrange),

métodos algébricos (convenção de Denavit-Hartenberg) e ferramentas de tratamento (linearização, transformada de Laplace, entre outros métodos matemáticos), obtendo-se as representações do sistema na forma de variáveis de estado, de modelos não lineares e lineares, de funções de transferência, entre outras formas de representação do comportamento dinâmico do sistema (diagrama de fluxo-sinal, etc.). Esta fase interage com o projeto preliminar (7) dos elementos de máquina e obtém uma estimativa dos parâmetros nominais do sistema modelado.

Já a fase de “análise, simulação, projeto do controlador e testes” (15) tem como entrada a modelagem (8) realizada na fase anterior, pode-se utilizar técnicas de controle linear e não linear, análise de sensibilidade, análise de estabilidade, ferramentas de CACSD (*Computer Aided Control System Design* – projeto do sistema de controle auxiliado por computador) e instrumentação de testes com o objetivo de obter um controlador de desempenho satisfatório e seguro. Esta fase possui relações com o projeto detalhado (10), a construção (12) e os testes (14) do protótipo, através dos quais são aferidos os parâmetros do sistema, especificados os sensores e demais componentes físicos do sistema de controle, além dos ajustes dos ganhos do controlador. Ou seja, nesta fase ocorre o desenvolvimento, a implementação e a validação dos controladores propostos.

Se os resultados dos testes são satisfatórios para ambos controlador (15) e sistema mecânico (16), então se tem a fase de uso e testes pelo usuário em campo, e nesta fase final, os indicadores do grau de satisfação do cliente são importantes informações, as quais devem ser realimentadas em todo processo, (17) e (18), visando melhorias no projeto.

Neste trabalho são apresentados os resultados das fases de Análise das Necessidades e do Projeto de um robô Gantry para estufa com sementeira, de forma a garantir sucesso no desenvolvimento do projeto que segundo Budynas e Nisbett (2011) estas fases constituem num plano para satisfazer uma necessidade específica ou para resolver um problema do agricultor. No projeto conceitual, que concentra atividades voltadas para o planejamento tático do projeto, o grupo de pesquisa se mobilizou para definição da primeira versão do conceito físico do sistema, na busca de detalhamento técnico dos requisitos para a proposta técnica. Após definiu-se a forma e corpo conceitual com o auxílio do *software* SolidWorks. Para a construção do protótipo está sendo utilizada a infraestrutura do Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) da UNIJUÍ Campus Panambi.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresentam-se os resultados da análise das necessidades e do projeto de um robô Gantry para estufa com sementeira. Discute-se inicialmente os aspectos da atividades agrícola em estufas de sementeiras de hortaliças e então os parâmetros para o projeto da estrutura robótica adaptada para estufas.

Em ambiente protegido (estufa agrícola) o processo da fotossíntese e a produção de oxigênio são acelerados em condições favoráveis (quente e úmido), proporcionando maior rapidez no crescimento, melhor floração e frutificação. A necessidade dos produtores protegerem as suas culturas principalmente durante os períodos climáticos mais adversos é fator para o aumento na produtividade, proporcionando maior número de colheitas ao ano e nas entre safras, melhorando assim a quantidade e qualidade dos produtos, independentemente das variações climáticas existentes contribuindo para a segurança alimentar e a geração de renda das famílias. (SILVA *et al.*, 2014).

Também as plantas cultivadas em ambientes protegidos são mais vigorosas e resistentes às doenças, pois são protegidas a maior parte do tempo dos ataques de insetos, observado especialmente na produção de mudas. A impermeabilidade do plástico da estufa evita que a chuva se precipite diretamente sobre os cultivos, impedindo assim a lixiviação dos insumos,

proporcionando maior economia ao agricultor e melhor aproveitamento alimentar das plantas. No ambiente da estufa, a transpiração é mínima, e o solo não se desidrata pela ação do vento e insolação direta tendo assim economia de água, além da terra permanecer bem estruturada, fofa, e dessa forma diminuindo a mão de obra no preparo para o próximo cultivo (SILVA *et al.*, 2014).

Ainda conforme Silva *et al.* (2014), o produtor deve também considerar aspectos econômicos e técnicos que farão a diferença nos resultados, nem todo hortifrúti é viável economicamente em cultivo protegido, é importante escolher culturas com alto valor agregado e que sejam mais suscetíveis a adversidades climáticas. Não há dados oficiais sobre a área de cultivo protegido destinada a hortaliças, mas em 2007 o Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT) publicou um dossiê técnico elaborado pelo Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília (CDT/UnB) onde era estimada em 2 mil hectares. Nessa área de plantio protegido predominavam pimentão, tomate, pepino e alface, sendo esta última principalmente por meio da hidroponia – cultivo em estufas sem o contato com o solo, esta estimativa se baseou em informações coletadas com universidades e instituições ligadas à atividade. Na TABELA 1, têm-se as especificações para estas culturas. E a FIGURA 2 ilustra a forma e tamanho das sementes por meio da fotografia das culturas de alface, tomate, pepino e pimentão.

TABELA 1. Especificações técnicas do cultivo das principais hortaliças em sementeiras.

Nome popular	Nome científico	Nº de sementes por célula	Profundidade (mm)	Formação da muda (dias)	Bandeja nº células/ profundidade
Alface	<i>Lactuca Sativa</i>	02	5-10 mm	20-25	288 / 47 mm
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	01-02	5-10 mm	20-25	128 / 60 mm
Pepino	<i>Cucumis Sativus</i>	02-03	10-15 mm	20-30	128 / 60 mm
Pimentão	<i>Capsicum annum</i>	02-03	5-10 mm	30	128 / 60 mm



FIGURA 3. Fotografia das sementes de alface, tomate, pepino e pimentão.

A formação das mudas em cultivo protegido reduz o ciclo da cultura no campo,

permitindo maior número de cultivos no mesmo local, as sementeiras podem ser em caixotes, copinhos ou bandejas de isopor ou plástico. As sementeiras do tipo bandejas têm diferentes tamanhos, de acordo com as espécies que serão plantadas. Para o enchimento das células, pode-se usar um substrato composto por vermiculita expandida, casca de *pinus*, casca de arroz carbonizada e fertilizantes ou substrato organo-mineral comercial. Nas bandejas de 200 células, cada célula recebe de 10 a 15 g de substrato, o que equivale a cerca de 4,2 litros de substrato por bandeja. Após o enchimento das células, faz-se a compactação do substrato e a abertura dos furos com 1 cm de profundidade (um furo por célula). As bandejas devem ser colocadas sobre bancadas, construídas com arrame esticado, nunca em contato com o solo, em cada célula devem ser colocadas duas sementes. (AMARO *et al.*, 2007).

Para a elaboração do projeto do robô para estufas, levou-se em consideração alguns parâmetros que Horikama *et al.* (2002) e Siciliano *et al.* (2009) destacam:

- espaço de trabalho que representa a parte do ambiente atingível pelo atuador do manipulador, a forma e o volume desse espaço depende da estrutura do manipulador e das suas limitações, para tanto adotou-se a estrutura robótica do tipo Grantry que é facilmente adaptada no pórtico da estufa;
- repetibilidade que é capacidade de realizar a repetição das mesmas operações com o atuador, retornando sempre ao ponto desejado dentro de uma faixa de tolerância;
- grau de liberdade (gdl) deve ser adequadamente distribuído ao longo da estrutura mecânica, a fim de ter um número suficiente para executar uma dada tarefa, que no caso do robô Grantry são 3 graus de liberdade obtidos por 3 juntas robóticas prismáticas perpendiculares entre si;
- atuador é o responsável pela aplicação das forças nos mecanismos, a escolha do atuador deve estar de acordo com a tarefa a ser executada e no caso os atuadores pneumáticos possuem as vantagens de serem limpos, baratos e de fácil montagem;
- sensores permitem melhorar o desempenho e robustez do controle de posição do robô, a qualidade de um sistema depende muito dos sensores utilizados, sendo adotados os sensores do tipo encoder incremental de custo viável e boa durabilidade;
- velocidade de trabalho deve ser planejada considerando a taxa de produção requerida.
- precisão, especificações da resolução de posicionamento, trajetória e força que no caso possuem ampla tolerância;
- carga, especificação da carga máxima suportada pela estrutura;
- programação, especificação dos métodos de programação necessários;
- interface, especificação dos requisitos de interface com outras máquinas;
- custo, especificação de custo máximo aceitável;
- fatores ambientais, especificação dos requisitos do ambiente;
- segurança e confiabilidade, especificação dos requisitos necessários para garantir determinados níveis de segurança e confiabilidade;
- infraestrutura, tipos de linhas de energia elétrica, rede pneumática, base de montagem, no caso prevê-se um módulo adicional de armazenagem de energia pneumática em reservatório de ar comprimido a partir de compressores elétricos alimentados por painel de energia fotovoltaica.

A partir da Análise das Necessidades concebeu-se o robô cartesiano do tipo Gantry com acionamento pneumático mostrado na FIGURA 2. Ele é montado na estrutura fixa de uma estufa, tem três graus de liberdade a partir de juntas prismáticas. Cada junta é acionada por um atuador pneumático composto de uma servoválvula de controle e um cilindro pneumático, conforme mostrado no circuito da FIGURA 3. Os dois primeiros atuadores são formados de cilindros simétricos e sem haste, e o terceiro atuador pneumático é de dupla ação e com haste simples, possuindo em sua extremidade o efetuator final onde pode-se montar uma

ferramenta de trabalho ou garra robótica.

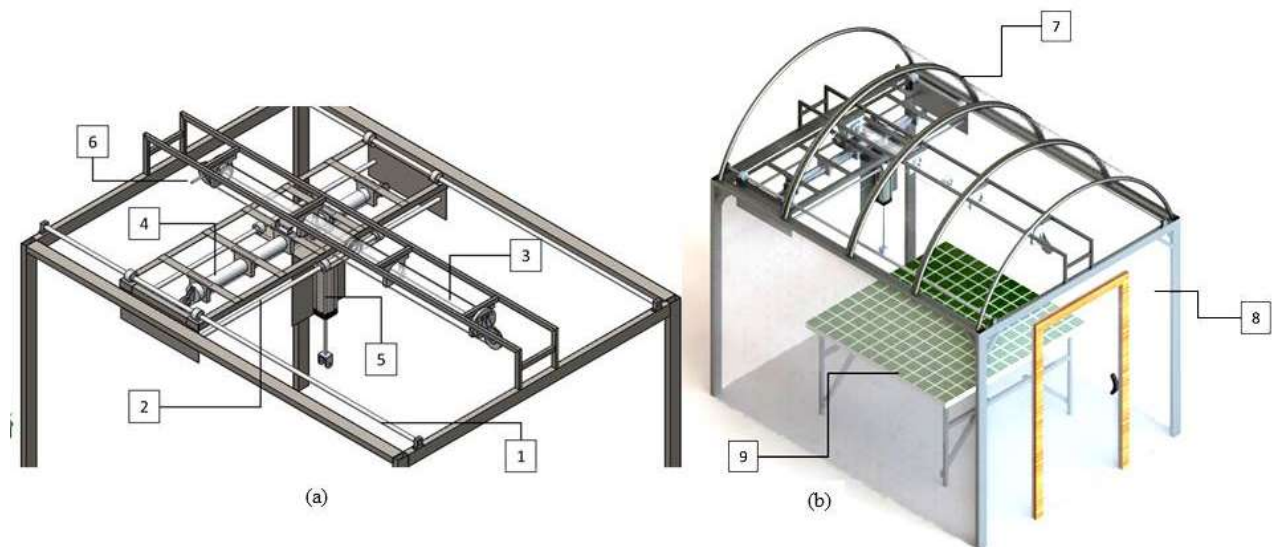


FIGURA 2. Projeto do Robô Gantry com três graus de liberdade e acionamento pneumático: (a) destaque para a estrutura do robô; (b) robô montado na estrutura da estufa.

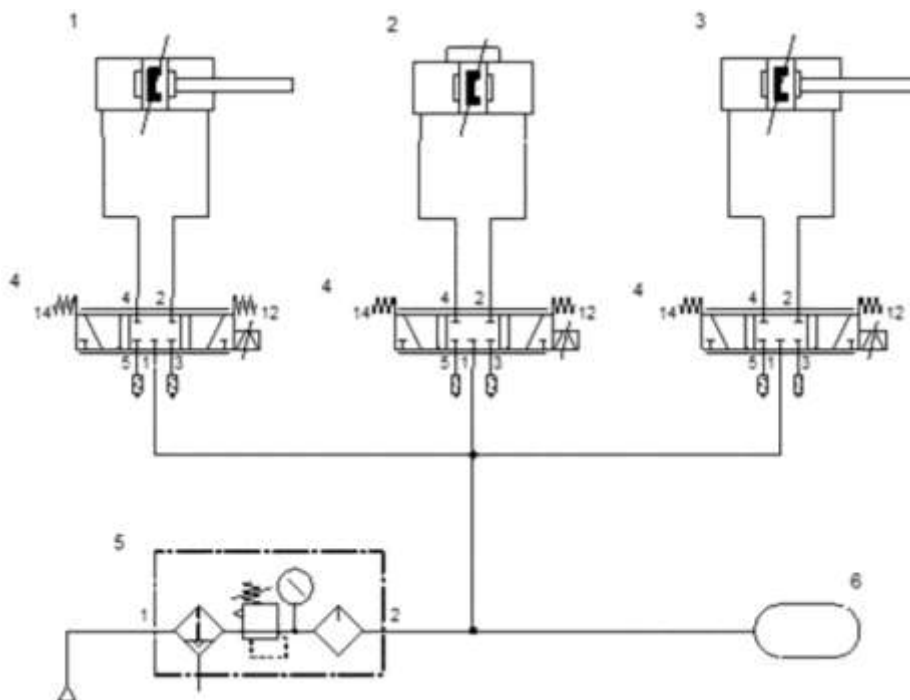


FIGURA 3. Circuito pneumático do acionamento do robô Gantry com três graus de liberdade de acordo com a norma ISO 1219.

Os principais componentes do robô Gantry para estufa sementeira estão com indicações numéricas na FIGURA 2 e são descritos na TABELA 2.

TABELA 2. Especificações dos componentes do protótipo.

Item	Componente	Especificações
1	Guia	Diâmetro: 25 mm Comprimento: 2880 mm
2	Guia	Diâmetro: 25 mm Comprimento: 1894 mm
3	Cilindro pneumático sem haste	Diâmetro: 110 mm Curso: 2038 mm
4	Cilindro pneumático sem haste	Diâmetro: 78 mm Curso: 1380 mm
5	Cilindro pneumático com haste	Diâmetro da haste: 15 mm Diâmetro do cilindro: 100 mm Curso: 400 mm
6	Encoder	Passo: 1000 linhas
7	Arco de tubos de aço	Diâmetro: 38 mm
8	Filme plástico para proteção das plantas	Área: 5760000 mm <sup>2</sup>
9	Mesa de suporte para as sementeiras	Altura: 800 mm

Os deslocamentos das juntas prismáticas do robô são capturados por uma placa eletrônica de aquisição de sinais e controle, que pode ser montada em um microcomputador. O robô Gantry tem a finalidade de ser utilizado nas tarefas de produção de mudas em sementeira tipo bandeja seguindo as exigências de distanciamento espacial, ou seja em cada célula da bandeja, e na profundidade adequada a cada cultura, a estufa terá um pé direito de 2200 mm e 3200 mm, largura de 2000 mm por 3000 mm de comprimento.

O protótipo está sendo desenvolvido em escala reduzida numa bancada disponível no Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) da UNIJUÍ Campus Panambi com apoio financeiro do FINEP na Chamada Pública MCTI/FINEP/CT-INFRA - PROINFRA - 02/2014 - Equipamentos Multiusuários, Ref.: 0141/16, no subprojeto de título “Desenvolvimento de Soluções Mecatrônicas para Agricultura de Precisão”.



FIGURA 4. Fotografia do elo 2 do protótipo do robô Gantry em construção no NIMASS/UNIJUÍ.



## CONCLUSÕES

Apresentou-se o projeto de um robô Gantry com acionamento pneumático para plantio em sementeiras do tipo bandeja para estufa o projeto e a construção de um modelo em escala reduzida adaptável para a realidade da agricultura familiar e de precisão. Como conclusões, tem-se que a automação de baixo custo pode contribuir para o aumento do potencial de aplicações de tecnologias voltadas para a agricultura de precisão por meio de uma metodologia integrada no projeto de pesquisa e desenvolvimento de máquinas agrícolas por meio da robótica.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. Os autores também são agradecidos à FINEP, SEBRAE, FAPERGS e à UNIJUÍ pelo apoio e incentivo na realização da pesquisa. Atualmente o projeto conta com recursos de complementação do NIMASS – Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas, subprojeto 1 (DESMAP – Desenvolvimento de Soluções Mecatrônicas para Agricultura de Precisão), Chamada Pública MCTI/FINEP/CT-INFRA - PROINFRA - 02/2014 - Equipamentos Multiusuários, Ref.: 0141/16, Protocolo Eletrônico: 124.

## REFERÊNCIAS

AMARO, G. B.; DA SILVA, D. M.; MARINHO, A. G.; NASCIMENTO, W. M. **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Circular Técnica 47, Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, p. 1-16. Janeiro, 2007.

AMER, G.; MUDASSIR, S. M.; MALIK, M. A. M.. Design and operation of Wi-Fi agribot integrated system, In: **2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC)**. Pune, p. 207-212, 2015.

AUAT, C. F. A.; CARELLI, R., Agricultural Robotics: Unmanned Robotic Service Units in Agricultural Tasks, In: **IEEE Industrial Electronics Magazine**, vol. 7, no. 3, pp. 48-58, Sept. 2013. doi: 10.1109/MIE.2013.2252957.

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Shigley's Mechanical Engineering Design**. New York: McGRAW-HILL, 2011.

HORIKAWA, O. et al. Hierarchical design models in the mechatronic product development process of synchronous machines. **Mechatronics**, v.20, n. 8, p. 864-875, 2010.

NAGAOKA, A.K.; DIAS, A.; FARINA, E.; BAUER, F.C. Desenvolvimento de protótipo conceitual de um módulo de potência para agricultura. In: **XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015**, Novas tecnologias e inovações na Engenharia Agrícola: SBEA, 2015, v. 1, p. 1-4.

NAIK N. S., SHETE V. V. DANVE, S. R., Precision agriculture robot for seeding function, **International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)**, Coimbatore,

pages 1-3, 2016.

PANG, C. K. *et al.* A systems design approach to manage mechatronics R&D. **IEEE 5<sup>th</sup> International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS)**, p. 136-141. 2011.

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang. **Engineering design: a systematic approach**. 2. ed. London: Springer-Verlag, 1995.

PORSCH, M. R. M. H.; KLEVESTON, O. L. ; LOPES, C. R. ; RASIA, A. ; VALDIERO, A. C. Projeto de um módulo de comando e gerenciamento para controle automático de inclinação em máquinas agrícolas.. In: David Luciano Rosalen; Carlos Eduardo Angeli Furlani; Rogério Teixeira de Fari. (Org.). **Novas tecnologias e inovações na Engenharia Agrícola**. ed. Jaboticabal: SBEA, 2016, v. 1, p. 10-19.

SANTOS, P. R. A.; CHIODEROLI, C. A.; MONTEIRO, L. A.; NICOLAU, F. E. A.; QUEIROZ, R. F. Demanda energética de uma semeadora-adubadora com dois mecanismos sulcadores de fertilizantes sob três velocidades de deslocamento. In: **XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015**, Novas tecnologias e inovações na Engenharia Agrícola: SBEA, 2015, v. 1, p. 1-4.

SICILIANO, B. *et al.* **Robotics: Modeling, planning and control**. London: Springer, 2009.

SILVA, B. A.; DA SILVA, A. R.; PAGIUCA, L. G. **Cultivo protegido: em busca de mais eficiência produtiva**. Hortifrúti Brasil, p. 10-18, março 2014. Disponível em [http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/132/mat\\_capa.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/132/mat_capa.pdf) . Acesso em 08/05/2017.

SOUSA, R. V.; PEREIRA, P. H. S.; TABILE, R. A.; INAMUSU, R. Y. Desenvolvimento e simulação em ambiente virtual 3D de um controlador robótico para guiagem de robô móvel em pomares. In: **XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015**, Novas tecnologias e inovações na Engenharia Agrícola: SBEA, 2015, v. 1, p. 1-4.

VALDIERO, A. C.; RASIA, L. A. **Gestão de projetos de pesquisa e desenvolvimento de produtos mecatrônicos In: Desafios em engenharia industrial**. 1 ed. Ijuí : UNIJUÍ, 2016, v.1, p. 89-106.