



EQUIPAMENTO MÓVEL DE AUXÍLIO A COLHEITA DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.)

G. J. Freitas¹, J. P. Souza¹, J. C. Roque¹, P. S. Marchiori¹,
T. N. Franco¹, V. C. Marques¹, I. A. Nääs^{2*}, M. C. Silva¹

¹Universidade Paulista, Eng. de Produção Mecânica, Campinas, SP, Brasil

²Universidade Paulista, Programa de Pós-Graduação em Eng. de Produção, São Paulo, SP, Brasil

Article history: Received 30 October 2018; Received in revised form 05 January 2019; Accepted 17 January 2019; Available online 30 March 2019.

RESUMO

A produção de batatas foi introduzida no Brasil primeiramente pelo Sul do país onde as condições climáticas eram mais favoráveis para sua produção. A partir do início do século 21, a produção se expandiu para São Paulo e Minas Gerais. A batata é um tubérculo comestível, rico em amido e carboidratos, sendo relevante para a economia brasileira e sua produtividade no país está crescendo. Este trabalho teve como objetivo apresentar uma solução para os pequenos produtores que desejam investir em melhorar as condições de recolhimento de batata, tendo como principal foco o aumento de eficiência de 13,3% do que o produtor gasta hoje com mão de obra e aumento de produtividade do trabalho na lavoura de 33% em relação ao tempo atual, além da melhoria da saúde e redução da penosidade do trabalhador de campo. Para o desenvolvimento do protótipo foram levantados dados de campo de cultura do tubérculo. A carga no protótipo foi testada usando simulação de tensões aplicadas nos componentes. Esta máquina tem mecanismos que facilitam o processo de recolhimento de batatas no campo. A implementação do equipamento visou diminuir o risco ergométrico postural dos trabalhadores desta atividade.

Palavras-chave: Produção familiar, implemento agrícola, colheita de hortaliças.

MOBILE EQUIPMENT FOR HELPING POTATO (*Solanum tuberosum* L.) HARVESTING

ABSTRACT

The production of potatoes was introduced in Brazil primarily in the South of the country where the climatic conditions were more favorable for its production. From the beginning of the 21st century, production expanded to São Paulo and Minas Gerais. The potato is an edible tuber, rich in starch and carbohydrates, being relevant to the Brazilian economy and its productivity in the country is growing. The objective of this work was to present a solution for small producers who wish to invest in improving potato picking conditions, with the main focus of increasing the today's efficiency of the worker of 13.3% of the amount the farmer spends today in labor cost and the increase of 33% in relation to the working time in the field, reducing the painfulness and improving the health of the workers. For the development and structuring of the prototype, data were collected from the field of tuber cultivation. The load on the prototype was tested using stress simulation applied to the components. A mobile equipment has been developed that aims to increase crop productivity by facilitating the

* irenilza@gmail.com

harvesting of the tuber. This machine has mechanisms that facilitate the picking process of potatoes in the field. The implementation of the equipment was aimed at reducing the postural stress risk of workers in this activity.

Keywords: Family production, agricultural implement, horticulture harvester.

INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um tubérculo, sendo a terceira cultura alimentar mais importante do mundo (FERREIRA et al., 2008; EMBRAPA, 2016). Estima-se que mais de um bilhão de pessoas consomem batata diariamente e sua produção mundial anual supera 330 milhões de toneladas. No Brasil, a batata é a hortaliça mais importante, com uma produção anual de aproximadamente 3,5 milhões de toneladas em uma área de cerca de 130 mil hectares. O agronegócio da batata envolve em torno de cinco mil produtores em 30 regiões de sete estados brasileiros (Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Goiás e Bahia), segundo EMBRAPA (2016).

A migração do homem para a cidade nas últimas décadas e a consequente escassez de mão-de-obra no campo induziu a busca de novas alternativas para o processo de colheita. A aplicação da mecanização e substituição completa do ser humano pela máquina é uma tarefa complicada. A mão-de-obra, em muitos casos, é de difícil substituição, já que um colhedor bem treinado utiliza bem seus sentidos, aplicando ainda no campo os critérios de caracterização e seleção. Embora em outros países já aconteça há algumas décadas (BITTNER et al., 1967;

HAMMERLE, 1970; McRAE, 1985), recentemente no Brasil, emergiram algumas alternativas, que são os chamados “equipamentos de auxílio à colheita”, com configurações e formatos distintos. Podem ser constituídos desde simples lâminas, ou lâminas acopladas a esteiras para retirada de raízes e tubérculos do solo; ou também de esteiras de rolagem acopladas a unidades de embalagem rebocadas por um trator; ou ainda de máquinas mais elaboradas e de maior uso de tecnologia, como plataformas móveis auto propelidas (FERREIRA et al., 2008).

A colheita de batata, na grande maioria de pequenos e médios produtores, emprega trabalhadores rurais que recolhem as batatas deixadas no solo, após o arrancamento dos tubérculos por meio de colheitadeiras de arranque do produto. Tal função, além de expor os trabalhadores a posições posturais indesejáveis, imprimem uma repetitividade de movimentos que podem comprometer a saúde no longo prazo (GUÉRIN et al., 2001; HUGHES, & NELSON, 2009).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver um equipamento móvel que visa aumentar a produtividade dos trabalhadores e facilitar o processo de colheita de batata.

MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do equipamento móvel visou auxiliar a função do trabalhador coletor de batatas (Figura 1), na região do Noroeste do estado de São Paulo. Foram feitas várias visitas à região produtora e observadas as condições dos trabalhadores, durante a colheita. A partir da identificação dos problemas relatados pelos trabalhadores, foi elaborado um

esquema de protótipo. Foram observados e estudados equipamentos semelhantes de colheita de outros produtos a partir da literatura (BITTNER, 1967; HUGHES & NELSON, 2009). Considerando o esquema inicial, foi idealizado um protótipo com as características identificadas nas Figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7.



Figura 1. Imagem do trabalhador coletando batatas no campo.

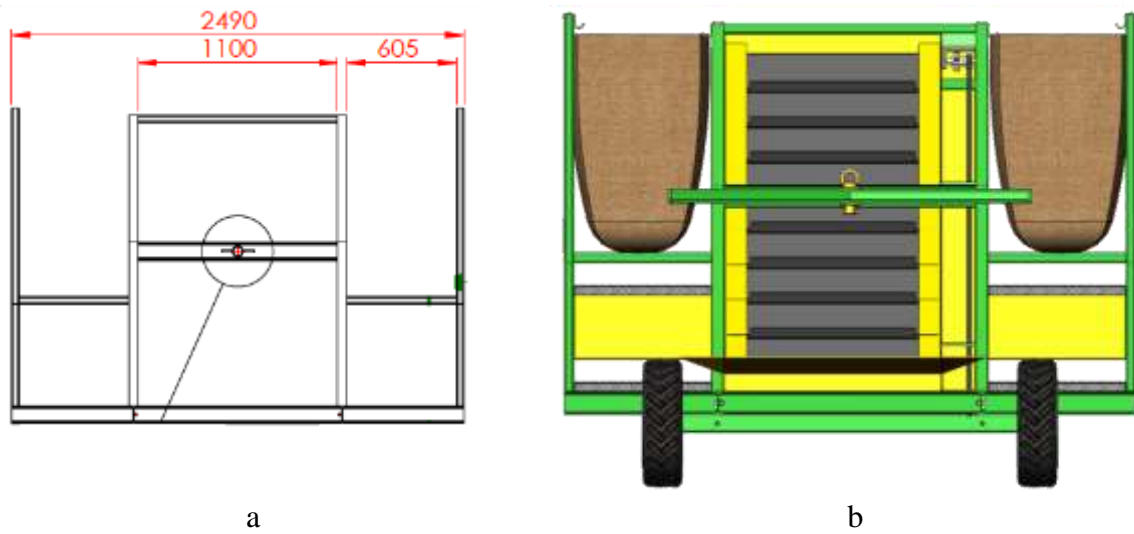
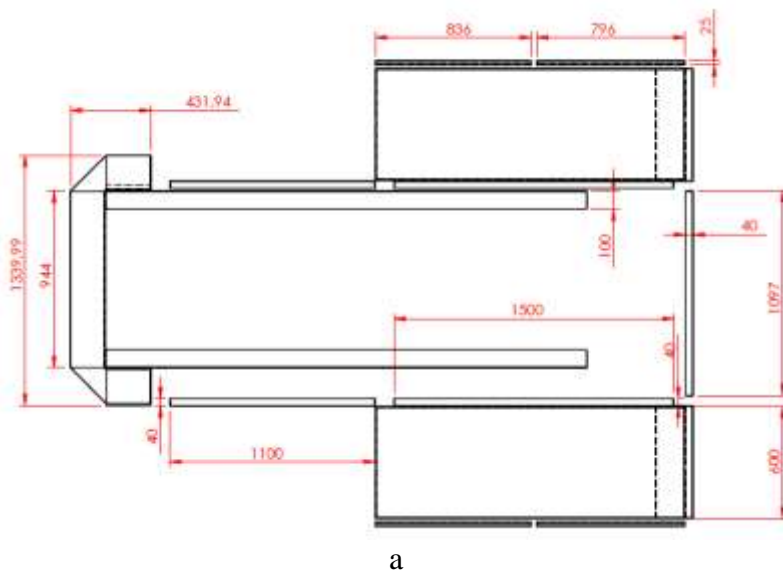
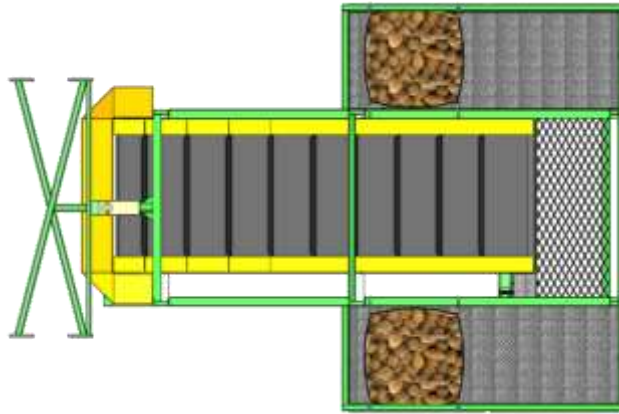


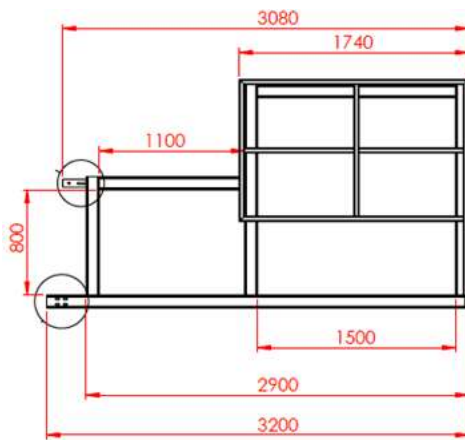
Figura 2. Planta lateral (a) e vista lateral do equipamento móvel auxiliar na colheita de batatas (b).





b

Figura 3. Planta baixa e dimensões (a) e vista superior do protótipo do equipamento móvel auxiliar na colheita de batatas (b).



a



b

Figura 4. Dimensões (a) e detalhe lateral do equipamento móvel auxiliar na colheita de batatas (b).

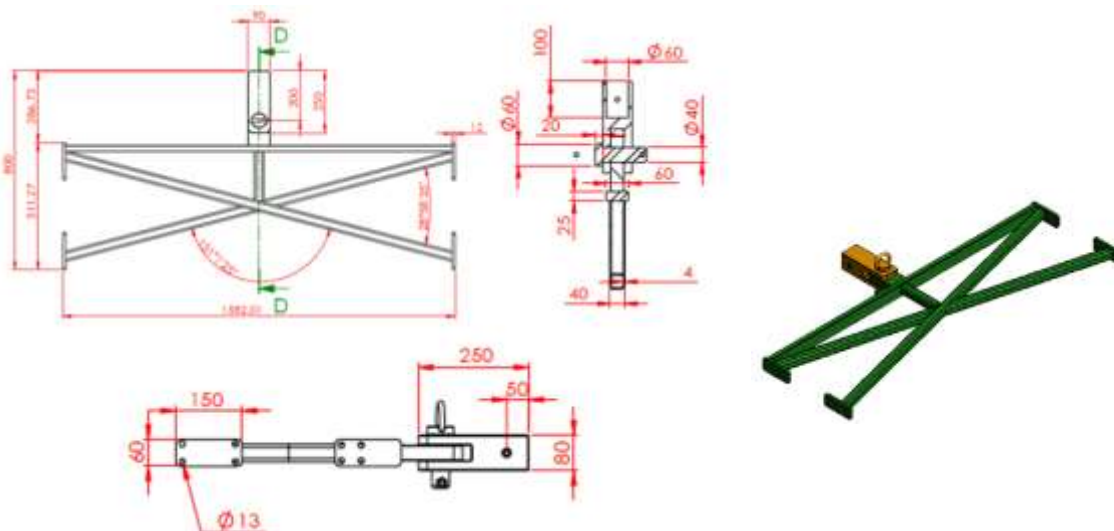


Figura 5. Detalhes da interface do engate do equipamento móvel para auxiliar na colheita de batatas.

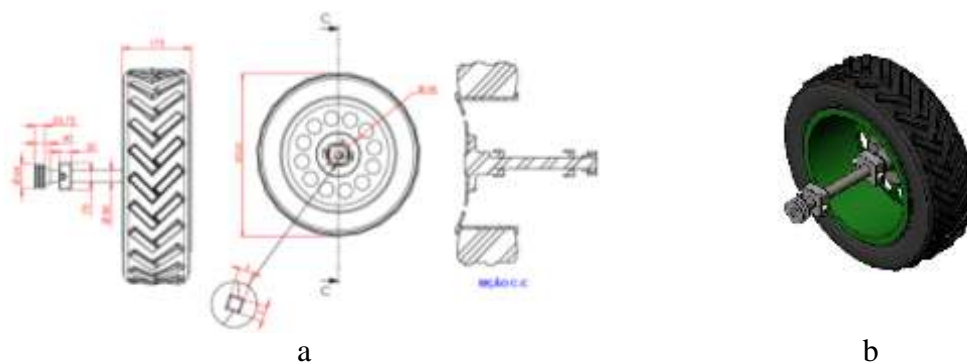


Figura 6. Dimensões (a) e vista do pneu (b).

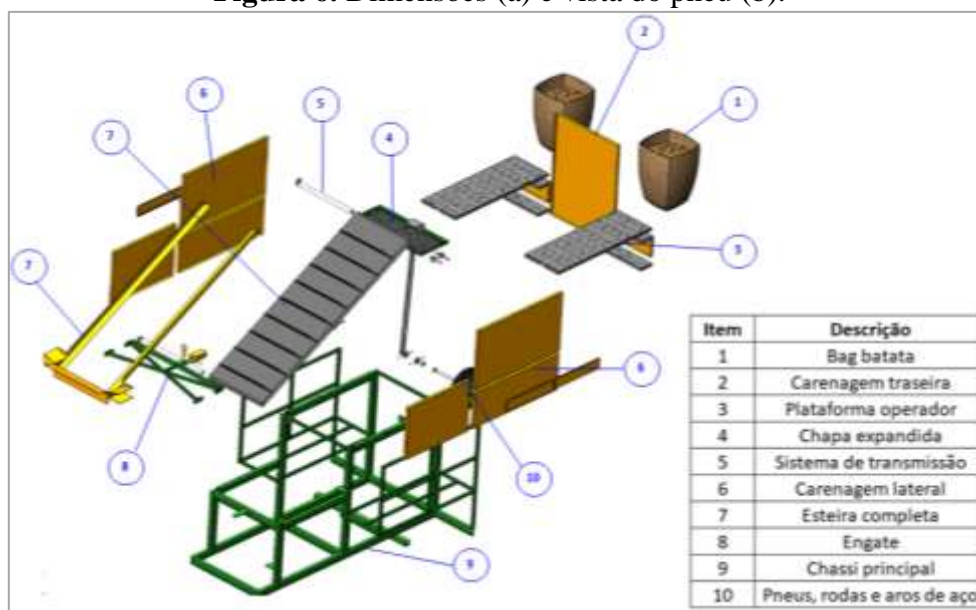


Figura 7. Vista geral com detalhes do equipamento móvel para auxílio na colheita de batatas

Para o dimensionamento das peças que compõem o equipamento, foram considerados o peso de cada batata sendo em média 0,12 kg, para o cálculo das cargas. Cada saco de batata, que fica em cada lado do equipamento tem capacidade para 50 kg. O equipamento foi dimensionado para suportar a carga aplicada de duas pessoas e os sacos de 50 kg totalizando uma carga de cerca de 210 kgf.

O limite de escoamento referente aos tubos e chapas (material Aço SAE 1020) é de 351,60 Mpa. O limite de escoamento na chapa da colheitadeira foi de 57,85 Mpa de acordo com o software Solidworks® 2016 utilizado pelo projetista, com valor mínimo de 1,134 Mpa. Através dos dados, foi possível verificar que o deslocamento máximo nas chapas da máquina foi de 3,47 mm e não ocorreu deformação, porque não ultrapassou o limite de escoamento.

Quando foi retirada a carga de 210 kgf, a chapa e estrutura voltaram à posição original e suporta toda a carga simulada.

O fator de segurança serve para evitar as falhas no projeto, e seu valor deve ser acima de 1 para suportar a carga com segurança. O fator de segurança adotado para o equipamento foi aproximadamente três, com isso, cada uma das plataformas suporta três vezes mais a carga que foi aplicada (630 kg) inicialmente.

Foram realizados testes de tensão e deformação nas vigas através do software Solidworks® 2016. Todos os cálculos foram elaborados utilizando o software disponibilizado por COSTA (2018) e usando as informações coletadas durante o desenvolvimento do protótipo. O SolidWorks® software de design, versão 2016 foi utilizado para simular a montagem da plataforma do equipamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A principal atividade do implemento agrícola é auxiliar na colheita das batatas, logo após serem expostas ao solo. O protótipo do equipamento possui peso de 946 kg com dimensões de 3,2 x 2,5 m. O protótipo do equipamento é acoplado a uma colheitadeira dos tubérculos através de sistema de engate, as batatas são direcionadas a esteira o presente equipamento, e são elevadas até a chapa expandida e a terra é escoada de volta para o solo por uma tela, as batatas ficam

depositadas na superfície dessa tela impossibilitando que as mesmas caiam sobre o solo. Os trabalhadores que ficam em cima de uma plataforma antiderrapante realizam essa coleta, sendo dois trabalhadores de um lado e outros dois do lado oposto.

Os resultados de simulação das tensões na plataforma se encontram na Figura 8. Esses dados foram obtidos através de simulações realizadas pelo projetista no software Solidworks® 2016.

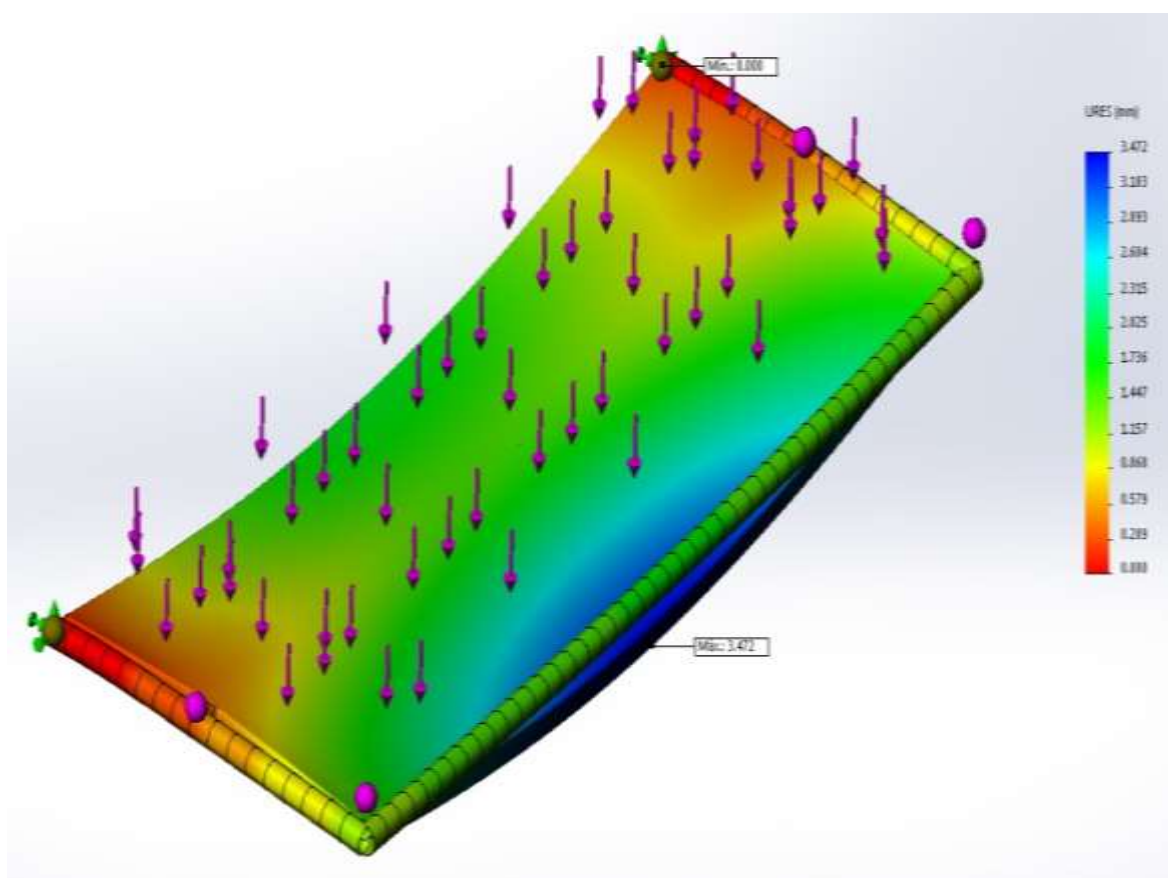


Figura 8. Distribuição das tensões na plataforma com o máximo de carga durante o processo de colheita de batata.

A velocidade da máquina foi calculada, considerando-se 552 mm Ø roda. Portanto, a velocidade angular = velocidade linear / p velocidade linear = 3 km/h = ((3,0 x 1000)) / 60 = 50 m/min,
552 mm Ø roda

Veloc. angular = velocidade linear / p
velocidade linear = $3 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 50 \text{ m/min}$
 $p = 0,552 \times \pi = 1,73 \text{ m/rpm}$

$$\text{velocidade angular (n1)} = \frac{50}{1,73} = 29 \text{ rpm}$$

SHAHIR e THIRUPATHI (2009) indicam que o ângulo de movimentação para a parte superior de equipamentos, em máquinas de seleção de tubérculos e frutas deve facilitar a movimentação do produto, sem danificá-lo. Tal circunstância foi

considerada no desenvolvimento do presente protótipo.

A máquina, desenvolvida neste trabalho, deve reduzir o custo da colheita em aproximadamente 80%, uma vez que, sem o equipamento o produtor precisa designar esta atividade a muitos trabalhadores, o que eleva o custo da produção. Iniciativas semelhantes (BITTNER et al., 1967; HAMMERLE, 1970; MISENER et al., 1984; McRAE, 1985; SIMS e KIENZLE, 2016) indicam que o uso deste tipo de equipamento auxiliar a colheita de tubérculos e frutas favorecem pequenos produtores que empregam grande mão de obra rural, principalmente em cinturões verdes de grandes metrópoles.

A eficiência operacional de equipamento similar foi testada por CUNHA et al. (2011). Os autores

CONCLUSÃO

Com a mecanização do processo estudado, o equipamento desenvolvido permite que o agricultor obtenha as batatas colhidas com eficiência, utilizando menos trabalhadores durante o processo de colheita de batatas. A proposta é utilizar até oito colhedores, ao invés de quarenta (cenário atual) durante o processo de oito horas de trabalho.

Com este equipamento semiautomático, não há a necessidade de

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UNIP por disponibilizar o laboratório para a construção do protótipo, aos membros da equipe Colhe Batata, aos professores

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITTNER, D. R.; MANBECK, H. B.; MOHSEIN, N. N. A method for evaluating cushioning materials used in mechanical harvesting and handling of fruits and vegetables. *Transactions of the ASABE*, v. 10, n. 6, p. 711-715, 1967.

encontraram que a capacidade operacional efetiva foi, em média, 0,650 ha/h, ou seja, levando em consideração o tempo de parada no campo, seja para reabastecer ou descarregar batata colhida, a máquina auxiliar colhedora foi considerada capaz de auxiliar na colheita de 6.500 m²/h. Isso resulta em uma eficiência de campo de 77%, o que significa que, durante a colheita, 77% do tempo é gasto exclusivamente com a colheita e 33% do tempo é gasto em outras atividades. Um resultado semelhante foi encontrado por MISENER et al. (1984) para avaliar o desempenho operacional de equipamentos auxiliares de colheita de batata.

Equipamentos de auxílio à colheita são uma alternativa para colheita de frutas, hortaliças e tubérculos, destacando-se, as plataformas de colheita para cultivos extensivos (FERREIRA et al., 2008).

tantos trabalhadores no campo, pois a máquina seria capaz de realizar o processo, sendo apenas necessário realizar a verificação das batatas colhidas pelo equipamento e à troca dos bags. Além disso, devido ao fato de a colheita da batata ser um processo de trabalho árduo, a utilização deste equipamento pode reduzir consideravelmente o risco ergonômico envolvido atualmente.

orientadores e aos familiares da equipe, por auxiliarem na construção e avaliação do protótipo.

COSTA T. F. Federal University of Paraíba, Brazil. Disponível em: <http://no site http://viga.online/>. Acesso em 27-09-2018.

CUNHA, J. P. A. R. da; MARTINS, D. H.; CUNHA, W. G. da. Operational

performance of the mechanized and semi-mechanized potato harvest. *Engenharia Agrícola*, v..31, n.4 p.826-834, 2011.

FERREIRA, M. D.; SANCHEZ, A. C.; BRAUNBECK, O. A. Colheita de Frutas e Hortaliças – A utilização de plataformas de auxílio à colheita. Comunicado Técnico 97. ISSN 1517-4786. Novembro, 2008. São Carlos, SP.

GUÉRIN, F.; KERGUELEN, A.; LAVILLE, A. Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia. São Paulo: Edgar Blucher, 2001.

HAMMERLE, J. R. The design of sweet potato machinery. *Transactions of the ASABE*, v. 13, n. 2, p. 281-285, 1970.

ITO, M.; SAKAI, K.; HATA, S.; TAKAI, M. Damage to the surface of potatoes from collision. *Transactions of the ASABE*, v..37, n.5, p. 1431-1433, 1994.

McRAE, D.C. A review of developments in potato handling and grading. *Journal of Agricultural Engineering Research* (atual

Biosystems Engineering), v.31, p. 115-138, 1985.

MISENER, G. C.; McLEOD, C. D.; MCMILLAN, L. P. Evaluation of a prototype potato harvester. *Transaction of the ASABE*, v.18, n.4, p. 24-28, 1984.

SHAHIR, S.; THIRUPATHI, V. Performance evaluation of a divergent roller grader for selected vegetables. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America*, v.40, n..4, p. 60-61, 2009.

SIMS, B.; KIENZLE, J. Making mechanization accessible to smallholder farmers in Sub-Saharan Africa. *Environments*, v. 3, n.11; p.1-18, 2016.

HUGHES, R. E.; NELSON, N. A. Estimating investment worthiness of an ergonomic intervention for preventing low back pain from a firm's perspective. *Applied Ergonomics*, v. 40, n. 3, p. 457–463, 2009.