



## SISTEMA EMBARCADO PARA MENSURAÇÃO DE IMPACTOS NO TRANSPORTE DE FRUTAS E HORTALIÇAS

*T.C. Oliveira<sup>1</sup>, F.E.B. Poletto<sup>1</sup>, W.P. Beneducci<sup>1</sup>, M.D. Ferreira<sup>2</sup>*

(1) Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luís, Km 235, 13565-905, São Carlos, SP,  
thataceballos@gmail.com, febpoletto@yahoo.com.br, willianpolite@gmail.com

(2) Embrapa Instrumentação, Rua Quinze de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP,  
marcos.david@embrapa.br

**Resumo:** As perdas pós-colheita de frutas e hortaliças são altas, tanto em países desenvolvidos, como em desenvolvimento. Vibrações constantes causadas pelo transporte podem ocasionar danos físicos ao produto, intensificando as perdas e redução da qualidade dos produtos. Desta forma, equipamentos para mensuração de impactos no transporte são importantes ferramentas para diagnóstico do transporte e indicação de possíveis alterações e intervenções. O sistema de medição embarcado destinado à mensuração de impactos foi inicialmente desenvolvido para transporte urbano (FEEC/Unicamp), porém em parceria com a Embrapa está sendo testado para transporte de frutas e hortaliças. Este equipamento possui um hardware dotado de acelerômetro triaxial e sistema de posicionamento global (GPS). O sistema possui um algoritmo baseado na detecção de picos de aceleração que ultrapassam um limiar definido, estes eventos podem ser produzidos pela forma de dirigir do motorista e/ou por estruturas ou defeitos no pavimento que possam gerar danos nas frutas e hortaliças. Além de gerar um relatório, estes eventos são mostrados em um mapa por meio de um instrumento virtual desenvolvido na plataforma LabVIEW™. A análise das informações geradas permite identificar espacialmente a distribuição dos eventos, facilitando a tomada de ações preventivas ou corretivas para conservar a qualidade do hortifrúti até o destino final. Ao realizar experimentos com o equipamento titulado como nó sensor no transporte de alface, observou-se que dos 1294 dados reportados pelo equipamento 99,8% apresentou o rompimento do limiar do eixo Z, ou seja uma repetição de movimentos ortogonais a estrada, indicando uma variação considerável nesse eixo em relação aos outros eixos (X e Y). O equipamento identificou diferenças no caminho transportado, desta forma com potencial de aplicação para transporte de hortifrúti, sendo que outros ensaios serão realizados para aprofundar os estudos de aplicação do nó sensor.

**Palavras-chave:** sistema de transporte, GPS, aceleração, qualidade.

### **EMBEDDED SYSTEM FOR MEASURING IMPACTS ON TRANSPORTATION OF FRUITS AND VEGETABLES**

**Abstract:** Post-harvest losses of fruits and vegetables are large in both developed countries and developing. Constant vibrations caused by transport can cause physical damage to the product and decreasing its quality. Thus, an equipment for measuring impacts on transportation in an important tool for transport diagnosis and possible indication of changes and interventions in the transport process. The embedded system for measuring impacts was initially developed for urban transport applications (FEEC / Unicamp), but in partnership with Embrapa is being tested for transport of fruit and vegetables from rural to urban areas. This equipment hardware comprises a triaxial accelerometer and a global positioning system (GPS). This system has a detection algorithm based on acceleration peaks that exceed a defined threshold. These events may be produced by vehicle operation, deck structures and pavement defects, which may cause damage to the fruits and vegetables. In addition to generating a report these events are shown on a map using a virtual instrument developed in LabVIEW™ platform. The analysis of the information generated spatially identify the distribution of events, making it easier to take preventive or corrective actions to conserve the quality of Hortifruti to final destination. When carrying experiments with this named title sensor node in the transport of lettuce, it was observed that the data reported in 1294 points acquired by the equipment showed 99.8% of the rupture threshold of the Z axis, that is a repetition of orthogonal movements in relation to the roads, indicating considerable variation on that axis in relation to the other axes (X and Y). The equipment has identified differences along the route showing great potential for application in the transport of goods. Other more detailed evaluation, will be performed for testing the sensor node.

**Keywords:** transport system, GPS, acceleration, quality.

## 1. Introdução

A questão alimentar é um assunto bastante discutido e pesquisado no mundo todo. Órgãos internacionais como a *Food and Agricultural Organization of the United Nations* (FAO) estão constantemente monitorando a disponibilidade de alimentos, principalmente em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento (FRANCE PRESSE, 2008).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de frutas, com um total de 44 milhões de toneladas por ano. No entanto, com um mercado internacional que movimenta mais de US\$ 16 bilhões, as exportações brasileiras representam apenas US\$ 724 milhões (888 mil toneladas) (Ibraf, 2009), que é aproximadamente 2 % da sua produção total. Assim, mesmo o Brasil sendo um dos maiores produtores mundiais de frutas ele não se posiciona no *ranking* dos maiores exportadores. Como se não bastasse esse desempenho negativo nas vendas externas, o desperdício na fruticultura é um dos mais altos entre as várias atividades do país. Estimativas indicam que as perdas na cadeia de frutas e hortaliças, tanto em países desenvolvidos, como não desenvolvidos, podem chegar, em muitos casos em até 40% (GUSTAVSSON, et al., 2011). São recursos extremamente altos, considerando que as perdas não restringem-se apenas ao produto, mas também gastos com energia, mão de obra, recursos naturais, etc, os quais estão presentes em toda a cadeia produtiva, desde o plantio até chegar ao consumidor e/ou mesmo na indústria.

O transporte de hortifrúteis pode causar danos e ate mesmo a perda de parte da mercadoria, fatores como temperatura, acelerações variadas, trepidações, embalagens inadequadas, podem favorecer essa perda (FAO, 1993; SARGENT et al., 1989a; SARGENT et al., 1989b).

O mapeamento e monitoramento do nível de impacto é muito importante para o desenvolvimento de metodologias e classificações de qualidade no transporte de tais produtos. O objetivo desse trabalho é de testar um dispositivo eletrônico embarcado (nó sensor), que armazena os dados de amplitude, posição geográfica e temporal dos eventos de aceleração, esses dados por sua vez são coletados através de conexão sem fio ou leitura do cartão de memória do equipamento. Ao obter os dados é possível visualiza-los em um mapa por meio de um instrumento virtual desenvolvido na plataforma LabVIEW. A análise das informações geradas permite identificar espacialmente a distribuição dos eventos, facilitando a tomada de ações preventivas ou corretivas, por parte das empresas de transporte para a melhoria da qualidade ou por exigência dos compradores (CASTELLANOS et al., 2011).

O estudo mais aprofundado desse processo na pós colheita contribuem para a diminuição da qualidade dos produtos que chegam ao consumidor final.

## 2. Materiais e Métodos

O equipamento utilizado foi desenvolvido pela Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, na Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, destinado à avaliação de conforto do usuário do transporte público, mas nesse projeto foi implantado no rastreamento e monitoramento de impactos no transporte de alface. Esse instrumento é capaz de reportar a amplitude, a posição geográfica e temporal dos eventos de aceleração, o Jerk (arrancada ou freada abrupta), por meio de uma conexão sem fio ou pela leitura de um cartão de memória SD, (CASTELLANOS, 2011), (CASTELLANOS, 2013).

O equipamento denominado nó sensor possui um hardware dotado de acelerômetro triaxial e sistema de posicionamento global (GPS). O sistema permite registrar a amplitude, a posição geográfica e temporal dos eventos de aceleração. Além de gerar relatório de eventos, os mesmos podem ser mostrados em um mapa por meio de um instrumento virtual desenvolvido na plataforma LabVIEW, (CASTELLANOS, 2013).

Na Figura 1 pode-se observar a relação dos eixos X,Y e Z com a carroceria do caminhão para melhor entendimento dos resultados. O nó sensor foi utilizado no transporte de alface e a análise das informações geradas permite identificar espacialmente a distribuição dos eventos. O trajeto que foi escolhido para a mensuração de impactos possui trechos de estrada de terra, rodovia e área urbana, desta forma pode-se observar se o equipamento conseguiu diferenciar essas variações de pavimentos em relação aos impactos sofridos pela alface, desde a saída da fazenda até o varejão.



Figura 1. Relação dos eixos na carroceria do caminhão. Fonte: Bascke, R.Caminhões. Disponível em: <<http://desenhosdebuzu.blogspot.com.br/2009/04/caminhoes.html>>

Os dados reportados pelo equipamento são: identificação do caminhão (ID), número do evento, hora, tipo, amplitude, latitude, longitude. O ID é apenas uma especificação do próprio usuário para identificar em qual veículo foi utilizado o equipamento. O número do evento é sequencial, e refere-se a ordem da ocorrência dos eventos. À hora refere-se ao momento em que o evento ocorreu. O tipo varia de acordo com a causa (Tabela 1), ou seja,

eventos do tipo 1 significam que o valor da aceleração em X foi maior que o valor estipulado para o seu limiar. Os eventos do tipo 2 significam que o valor da aceleração em Y foi maior que o valor estipulado para o seu limiar. Os eventos do tipo 3 significam que o valor da aceleração em Z foi maior que o valor estipulado para o seu limiar. Os eventos do tipo 4 significam que os valores das acelerações em X e Y foram maiores que os valores estipulados para os seus limiares. Os eventos do tipo 5 significam que os valores das acelerações em X e Z foram maiores que os valores estipulados para os seus limiares. Os eventos do tipo 6 significam que os valores das acelerações em Y e Z foram maiores que os valores estipulados para os seus limiares. Os eventos do tipo 7 significam que os valores das acelerações em X, Y e Z foram maiores que os valores estipulados para os seus limiares. Os eventos do tipo 8 significam o valor da temperatura foi maior que o valor estipulado para seu limiar, mas no caso do teste realizado a temperatura não estava ativa no equipamento. Os eventos do tipo 9 significam o valor de JERK foi maior que o valor estipulado para o seu limiar, onde JERK segundo Castellanos, 2011, é a terceira derivada da posição ou a taxa de mudança da aceleração no tempo, também é conhecido como Tranco no Brasil e Jolt no Reino Unido. Na norma internacional ISO 2041 (1990), Vibration and shock - Vocabulary, o Jerk é definido como “O vetor resultante da derivada da aceleração no tempo”(Castellanos, 2011).

Tabela 1. Tipo de evento.

Tipo de evento	Causa
1	Máxima aceleração X é maior que o limiar X
2	Máxima aceleração Y é maior que o limiar Y
3	Máxima aceleração Z é maior que o limiar Z
4	Máxima aceleração X, Y é maior que o limiar X, Y
5	Máxima aceleração X, Z é maior que o limiar X, Z
6	Máxima aceleração Y, Z é maior que o limiar Y, Z
7	Máxima aceleração X, Y, Z é maior que o limiar X, Y, Z
8	Máxima temperatura é maior que o limiar de temperatura
9	Máximo <i>Jerk</i> maior do que o limiar do <i>Jerk</i> ou índice de conforto calculado
0	Não evento

O equipamento foi colocado junto com as alfaces nas caixas de transporte como pode ser observado na Figura 2.



Figura 2. Nó sensor na caixa com alfaces para o transporte.

### 3. Resultados e Discussão

Ao final do experimento pode-se observar que dos 1294 dados reportados pelo equipamento 99,8% apresentou o rompimento do limiar do eixo Z. A Figura 3 mostra os dados obtidos no ensaio com alface. Pode-se notar um grande número de pontos vermelhos que indicam um alto valor de aceleração no trecho amostrado, indicando maior possibilidade de ocorrência de danos físicos.

Ao analisar os dados coletados pelo nó sensor pode-se observar uma grande quantidade de repetições do evento do tipo 3 seguido pelo evento do tipo 6, como já descrito o evento do tipo 3 significa que o valor da aceleração em Y foi maior que o valor estipulado para o seu limiar. O limiar utilizado em cada eixo foi de 0,69g, já o evento do tipo 6 significa que os valores das acelerações em Y e Z foram maiores que os valores estipulados para os seus limiares. Pode-se dizer então que as alfaces sofrem uma grande quantidade de impactos relacionada a uma aceleração perpendicular ao chão, ou seja, elas “pulam” durante seu traslado o que pode causar danos ao vegetal.

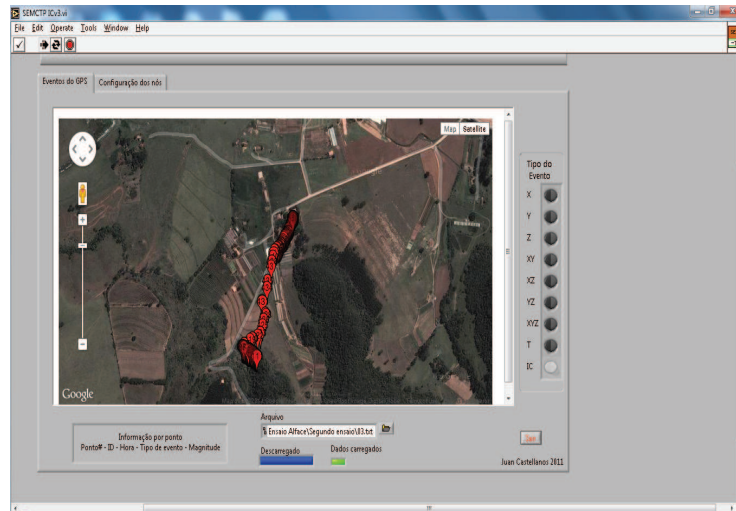


Figura 4. Mapa dos eventos.

#### 4. Conclusões

O equipamento identificou diferenças no caminho transportado, indicando um potencial interessante de aplicação para avaliação do transporte de hortifrutis.

Conclui-se também que é preciso atentar-se para o modo em que é conduzido o veículo com as frutas e hortaliças, pois esse fator pode interferir de forma significativa as amplitudes de impactos sofridos pelos hortifrutis.

#### Referências

- CASTELLANOS, J. C.; FRUETT, F. Embedded System to Evaluate the Passenger Comfort in Public Transportation Based on Dynamical Vehicle Behavior with User-s Feedback. Measurement (London. Print), v. 1, p. S0263-2241(13)0, 2013.
- CASTELLANOS, J. C.; SUSIN, A. A.; FRUETT, F. “Embedded sensor system and techniques to evaluate the comfort in public transportation,” Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2011 14th International IEEE Conference on ,pp.1858-1863, 5-7 Oct. 2011.
- FAO. Prevención de pérdidas de alimentos postcosecha: frutas, hortalizas y tubérculos. Roma: FAO: 1993. 183 p. (Manual de Capacitación, 14).
- FRANCE PRESSE. FAO pede à América Latina que não desperdice comida. Jornal Folha de São Paulo, 01 de ago. 2008. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u428714.shtml>>.
- GUSTAVSSON, J., CEDERBERG, C., SONESSON, U., VAN OTTERDIJK, R. & MEYBECK, A. Global Food Losses and Food Waste Section (Study conducted for the International Congress “Save Food!” at Interpack 2011, Düsseldorf, Germany) (FAO, Rural Infrastructure and Agro-Industries Division, 2011), 29 p. 2011.
- IBRAF - Instituto Brasileiro de Frutas. Página na internet, Jun. 2009. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Exportacao/C3%A7%C3%A3o/ComparativoExportacoesBrasileiras2008-2007.pdf>>.
- RODRIGUEZ, Juan Camilo Castellanos. Sistema embarcado para monitoramento do conforto em transporte público. 2011.
- SARGENT, S.A. et al. Assessment of mechanical damage in tomato packing lines. Transactions of the ASAE, v.30, n.1, p.630-634, 1989a.
- SARGENT, S.A.; BRECHT, J.K.; ZOELLNER, J.J.; CHAU, K.V.; RISSE, L.A. Reducing mechanical damage to tomato during handling and shipment. Transactions of the ASAE, v.30, n.2, p.714-719, 1989b.