



SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA ATRAVÉS DE RFID DURANTE O TRANSPORTE E A ESTOCAGEM DE PERA ROCHA

Giset Natalia Montoya Moreno

Orlando F. Lima Junior

Antonio G. Novaes

Ester Divieso R. Rodrigues

Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Antonio Batocchio

Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Engenharia Mecânica

RESUMO

As tecnologias de informação e de comunicação facilitam o uso de sistemas de monitoramento de operações logísticas. Soluções de RFID fornecem informações eficazes sobre o estado dos produtos. Além de simplificar e automatizar os processos de obtenção de informação, aumentam a segurança e a autenticidade em tempo real. Este trabalho objetiva analisar o uso de RFID no transporte e estocagem de peras portuguesas do tipo Rocha, ao longo da cadeia do frio. Um estudo de caso apresenta o controle da temperatura desde a chegada ao CEASA (Campinas, SP), até o cliente final, utilizando tecnologia RFID. São abordadas quatro fases: caracterização do problema, definição dos requisitos, levantamento de dados e validação dos registros contínuos do produto. A aplicação é instrumentalizada com termo-higrômetro HOBO, termômetro FLUKE, com Tag ativo CC2650STK. Pode-se concluir que o uso dos sensores RFID possibilita prever, em tempo real, a vida útil do produto durante transporte e armazenamento.

ABSTRACT

Information and communication technologies facilitate the use of monitoring systems in logistics operations. RFID solutions provide effective information about the product status. In addition to simplifying and automating information retrieval processes, they increase real time security and authenticity. This work aims to analyze the use of RFID in transport and storage of Portuguese Rocha pears along the cold chain. A case study depicts product temperature control from its arrival to Campinas' (SP) CEASA to the final client, using RFID technology. Four phases are contemplated: problem characterization, definition of requirements, data collection and continuous recording validation. The application is performed with HOBO thermometer, FLUKE thermometer, and an active *Tag* CC2650STK. It can be concluded that the use of RFID sensors leads to better real-time predictions of product life-time during transportation and storage.

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais as pessoas utilizam a internet ou redes sem fio no seu dia-a-dia e, aos poucos, essas tecnologias estão se tornando uma necessidade básica. Assim, ao passar dos anos, cada um dos aparelhos usados vão sendo conectados direta ou indiretamente a uma plataforma, que transforma dados em informações. Segundo Carvalho *et al.* (2013), fatores como facilidade e agilidade no preparo, preservação das propriedades sensoriais, físicas e organolépticas, bem como o aumento da validade de consumo de produtos alimentícios de qualidade, geram mudanças no setor industrial, com aumento da fiscalização e da regulamentação na cadeia de suprimentos e no controle da temperatura de produtos perecíveis (Bogataj et al., 2005; Coulomb, 2008). Na cadeia do frio, é exigido grande controle para garantir a integridade dos produtos manipulados, desde a geração do produto, até o consumidor final (Heap, 2006; IIR, 2004; Likar e Jevsnik, 2006).

O Brasil registra um crescimento, no setor de produtos refrigerados e congelados, de mais de 10% ao ano. Atualmente, cerca de 2% do PIB - Produto Interno Bruto - circulante no Brasil corresponde a mercadorias refrigeradas. Segundo Weiss e Santos (2014), o Brasil se enquadra



hoje como um dos maiores exportadores mundiais de alimentos, entretanto cerca de 35% de sua produção, equivalente a 10 milhões de toneladas, é desperdiçada nos diversos processos ao longo da rede de distribuição. Segundo a FAO (2012), o País está entre os 10 países que mais desperdiçam comida no mundo.

Esses aspectos têm levado ao desenvolvimento de sistemas específicos de tecnologia da informação e de comunicação. Isso inclui uma abordagem crescente no sentido de integrar fluxos maciços de dados, com novas máquinas e sensores, além de fontes emergentes de sistemas de dados, incluindo planejamento de recursos empresariais, bases de dados governamentais abertos e fontes de mídia social, de forma a produzir novos conhecimentos sobre o assunto (Lucero, 2016). Uma opção para incrementar e melhorar o desempenho de sistemas de informação e comunicação desse tipo é a utilização de etiquetas ou *Tags*, capazes de conter amplas informações sobre os elementos onde são colocados, transmitindo esses dados mediante tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID).

Este trabalho estuda uma parte da cadeia de frio para a indústria de alimentos perecíveis (frutas), especificamente no monitoramento de seu transporte e armazenamento a partir da aplicação da tecnologia RFID no controle das variáveis relacionadas aos produtos. O objetivo é avaliar o uso da tecnologia RFID a partir do monitoramento da temperatura na gestão da cadeia do frio alimentar, visando a manutenção da qualidade desses produtos perecíveis. Esse artigo inicialmente é composto de um contexto teórico com assuntos pertinentes ao tema, seguido da metodologia até sua aplicação, os resultados obtidos foram condizentes com o objetivo proposto. O recurso RFID oferece a identificação e obtenção de informações dos produtos instantaneamente, através de bancos de dados específicos. Esse tipo de aplicação torna possível a expansão dos horizontes nas operações da cadeia de abastecimento, através de sistemas de suporte à decisão (Safari *et al*, 2013).

2. CONTEXTO TEÓRICO

No contexto mundial, as perdas de alimentos que ocorrem em toda a cadeia alimentar prejudicam sua eficiência, e são devidas a diferentes causas, exigindo diversas formas de prevenção. Segundo a FAO (2012), os resultados de alguns estudos mostram que cerca de um terço da produção de alimentos para consumo humano se perde ou se desperdiça em todo o mundo, equivalendo a aproximadamente a 1300 milhões de toneladas a cada ano (Figura 1).

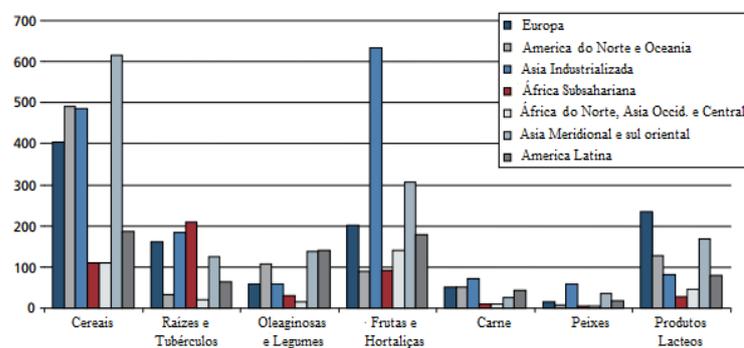


Figura 1: Volumes de produção de cada grupo de produtos básicos por regiões (em milhões de toneladas) **Fonte:** FAO (2012)

2.1. Evolução Tecnológica do RFID

A tecnologia RFID surgiu na década de 80, funcionando como uma rede de identificação por



rádio frequência, com o alcance de diversas variáveis dependendo da etiqueta utilizada (Nassar e Vieira, 2014). Essa tecnologia levou cerca de 60 anos para se desenvolver de forma a ser aplicada em larga escala (Guedes, 2009). A Figura 2 apresenta a evolução do processo de desenvolvimento do RFID em cinco gerações.

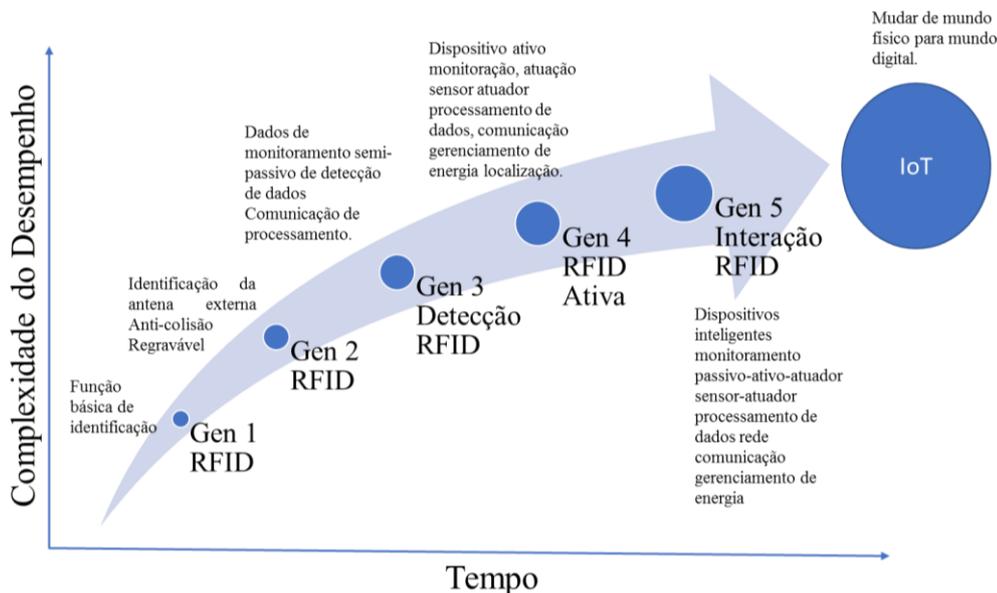


Figura 2: Evolução do RFID, **Fonte:** Ma (2014)

O monitoramento de sensores com tecnologia RFID apresenta benefícios tangíveis e rápida capacidade de observar os possíveis gargalos nos processos de envio, transporte, armazenagem e recebimento de mercadorias. Isso permite que os usuários tenham conhecimento contínuo sobre as condições de risco e deterioração dos produtos ao longo da cadeia do frio, para então, aplicar ações corretivas e preventivas, evitando assim a perda do produto (Myers e Newman, 2007).

2.2 Sistema RFID no setor alimentício

Bosona e Gebresenbet (2013) concluíram que a rastreabilidade dos alimentos deve ser considerada como uma parte importante e integrante da gestão logística, de modo que a informação é armazenada em qualquer lugar e pode ser recuperada a qualquer momento.

As etiquetas RFID consistem em um sistema de armazenamento e recuperação de dados que usa dispositivos, ou Tags, RFID, que podem ser colocados em qualquer objeto ou coisa para fornecer informações acerca do mesmo. A sua alimentação pode ser classificada em diferentes grupos, tais como: ativos, semi-passivos ou passivos.

O uso da tecnologia RFID na cadeia de suprimentos levou a uma grande evolução no monitoramento do processo de distribuição de alimentos congelados e refrigerados. Na literatura técnica, têm-se observado estudos elaborando diferentes modelos matemáticos para representar e analisar a variação da temperatura no processo de distribuição, bem como análises laboratoriais sobre o comportamento térmico nos veículos (Badurina et al, 2011; Carvalho, 2013; Estrada e Eddy, 2006; Estrada et al, 2006; Kourti, 2006; Pereira et al., 2010). Como resultado, tem-se conseguido resultados integrados dos diversos de processos envolvidos na cadeia de suprimentos. Mas na prática, principalmente em países em



desenvolvimento como o Brasil, a solução usual utilizada por muitas empresas de logística é a utilização de etiquetas convencionais de papel, ou data loggers, para monitorar a rastreabilidade das informações e a gravação de gráficos para monitoramento da temperatura.

Recentemente, várias soluções foram descritas para implementar sistemas de rastreabilidade que utilizam etiquetas RFID com sensores (Ogasawara e Yamasaki, 2006; Jedermann e Lang, 2007). Para Abad (2009), a tecnologia RFID na banda de frequência alta (HF) 13,56 MHz, foi considerada a melhor opção para a integração de etiquetas flexíveis, especialmente para alimentos que contenham significativa quantidade de água. Além disso, para atender os mais recentes desenvolvimentos em RFID, o padrão de comunicação ISO 15693 foi selecionado para a transmissão de dados.

2.3 Cadeia de frio no setor de alimentos

O objetivo da indústria alimentícia é transformar as matérias primas agrícolas em alimentos seguros, convenientes, de boa degustação e nutritivos para os consumidores, e realizar isso de forma rentável e sustentável. De todas as cadeias de suprimento de produtos, a cadeia do frio é a que apresenta maior desafio. De fato, manter a temperatura controlada durante todas as atividades e de acordo com os requisitos especificados, é uma atividade bastante complexa. Para garantir uma logística de ponta na cadeia do frio, envolvendo produtos sensíveis à temperatura, é importante considerar os efeitos nocivos gerados pelos agentes patógenos no ambiente operacional, durante cada um dos processos e etapas da cadeia do frio. Diferentes aspectos devem ser analisados, através de diferentes modelos de pesquisa, incluindo modelos de controle e monitoramento, de gestão, métodos e infraestrutura, além da integração, sintonização e visibilidade ao longo de toda a cadeia (Montoya, 2016).

3. METODOLOGIA E MATERIAIS

3.1 Metodologia

O método do Estudo de Caso é uma estratégia de pesquisa (Yin, 2005). Este artigo se baseia em um estudo único a partir do processo na coleta de dados e mantendo o encadeamento em cada um dos processos desenvolvidos durante a pesquisa. O objetivo é reduzir as dificuldades de análise baseadas em proposições teóricas.

A tecnologia RFID tem grande potencial para inúmeras aplicações práticas em várias áreas, como na logística e na gestão da cadeia de suprimentos, manufatura e sistemas de automação industrial. Entretanto, a escolha correta das características do sistema RFID (para definir os tipos de etiquetas - ativa ou passiva -, frequência de operação, quantidade e localização dos leitores RFID) para as diferentes aplicações, não é trivial devido à grande variedade de possibilidades (Marques *et al*, 2014). Diferentes autores como Chao *et al*. (2007) e Ngai *et al*. (2008), mencionam que existe escassez de publicações relacionadas às metodologias de aplicação envolvendo tecnologia RFID, além de estudos com base empírica.

A metodologia indicada para a seleção e aplicação de um sistema RFID contém quatro fases. A primeira delas é a Caracterização do Problema (Figura 3), que é de total importância porque leva a um correto entendimento para se atingir a fase 2. Deve-se conhecer com clareza o problema e as diferentes soluções, estas últimas devendo estar ligadas aos componentes tecnológicos e normas técnicas.

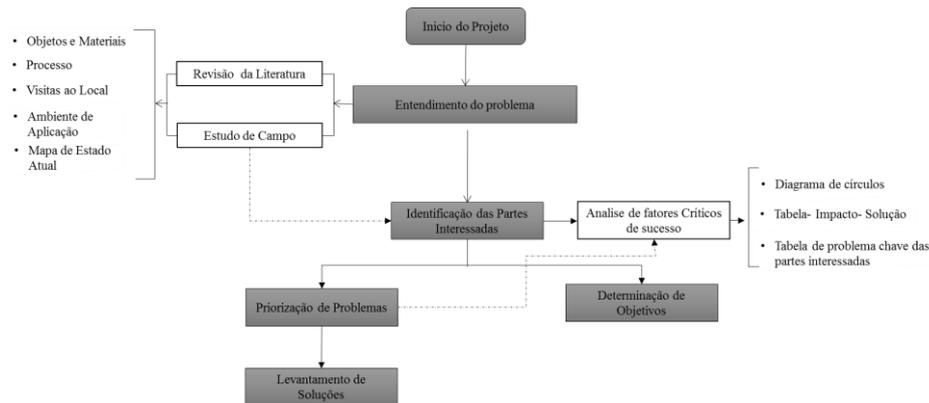


Figura 3: Esquema da Fase 1 da metodologia proposta

A segunda fase consiste na Determinação dos Requisitos, tendo como foco a seleção e a adaptação de um método para a análise da cadeia do frio visando a manutenção da qualidade das frutas, através do emprego de um sistema RFID, partindo das questões propostas. A terceira fase envolve o Levantamento de Dados, no qual o analista transforma os requisitos do projeto em características próprias de um sistema RFID. Cada um dos requisitos mencionados na fase 2 vão então se relacionar diretamente com as características tecnológicas do sistema.

A quarta fase foi obtida a partir de uma análise gráfica aplicando os limites superior e inferior determinados pela ABIAF, além da análise de histogramas usados na representação gráfica de uma variável, que fornece a frequência dos valores representados (temperatura do ambiente e do produto) (Sanchez, 2015). Cria-se a partir da fase anterior, uma análise gráfica de frequência acumulada e representação de uma variável, possibilitando a análise do comportamento dos dados de forma mais rápida e, assim, identificar algum padrão ou tendência dentro dos parâmetros estabelecidos (Crespo, 2012). Este teste observa a máxima diferença absoluta entre a função de distribuição acumulada assumida para os dados, no caso adotando-se a Normal como função de distribuição empírica dos dados. Como critério, esta diferença é comparada com um valor crítico estatístico, para um dado nível de significância. A partir do programa RStudio foram verificadas as hipóteses em que as observações seriam exponencialmente distribuídas.

3.2 Materiais

Para a descrição do cenário (Figura 4) é preciso conhecer os seguintes fatores: região e clima; veículo de transporte; carga transportada (frutas, no caso), e componentes tecnológicos de identificação por rádio frequência (banco de dados, software computacionais, etc).



Figura 4: Descrição do cenário



4. RESULTADOS

A metodologia foi aplicada a partir de visitas a duas empresas. Inicialmente na empresa especializada em RFID (Taggen) e posteriormente, na empresa importadora e exportadora de produtos hortifrutícolas (Frutas Consul), onde foi feito o monitoramento durante o armazenamento da fruta e da distribuição, até os diferentes supermercados. Para identificar e enumerar as diferentes questões observadas na logística, referentes a frutas e hortaliças, tomou-se como base o *diagrama de identificação de problemas*, incluindo as partes interessadas e os possíveis impactos (Figura 5), com a finalidade de defini-los.



Figura 5: Identificação de problemas, identificação das partes interessadas e de seus possíveis impactos

Na análise devem ser utilizados equipamentos e procedimentos adequados para verificar o ambiente em que os produtos foram armazenados e transportados, e as condições de controle da temperatura. Nesse contexto, assume-se que cada caminhão e cada câmara de armazenamento tem sistema de refrigeração, e os fatores ambientais a considerar são a temperatura do ambiente e a do produto. Uma vez caracterizado o problema, a Fase 2 da metodologia é aplicada na determinação dos requisitos. A quantidade de *Tags* a ser usada, por sua vez, é definida com base nos trabalhos de Carvalho (2013) e Montoya (2016).

Na determinação dos requisitos, o foco é a seleção e a adaptação de um método para análise da cadeia do frio visando a manutenção da qualidade das frutas através do emprego de um sistema RFID. São determinadas as características para encontrar a melhor tecnologia em uma determinada aplicação. Assim se verificou a necessidade de utilização de *Tags* do tipo *Tag Ativo Texas Instrument CC2650STK*, identificados a partir de BO B4 48 C 9 e 68 C9 0B 17 .

Muitas vezes, a calibração ou verificação dos instrumentos é um problema crítico em indústrias como a de fármacos, mas em indústrias de alimentos essa questão é mais relevante, sendo que ajustes ou reparos são estritamente necessários para o monitoramento do produto.



Por esse motivo o levantamento de dados foi realizado em dois testes. O primeiro teste envolveu a comparação de leituras do termômetro e do *Tag* ativo, para verificação da calibração dos equipamentos de leitura de dados, tanto no caso da temperatura ambiente, como na do produto, a fim de testar a etiqueta Ativa Texas Instrumento CC2650STK. O segundo teste piloto foi o acompanhamento do produto minuto a minuto, em tempo real.

Teste 1. Simulação em uma câmara de armazenamento a 4°C no Centro de Embalagens (CETEA) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). Foram utilizados: *Tag* Ativo Texas, HOBO Termo-higrômetro Testo 145H, Termômetro FLUKE modelo 62 mini e 10kg de Pêra Portuguesa. Os resultados referentes ao registro da temperatura ambiental são apresentados na Figura 6, e os referentes à temperatura do produto, na Figura 7.

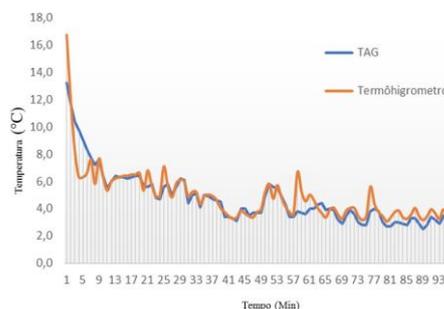


Figura 6: Variação da temperatura a partir dos dados tomados com os dois equipamentos (Tag e Termohigrômetro HOBÔ)

A partir do gráfico anterior se observa pouca diferença a partir dos dados registrados pelos dois equipamentos, ou seja, o padrão de comportamento é muito similar entre as duas curvas. Foi aplicado um teste estatístico aos valores, sendo avaliadas duas hipóteses, H_0 e H_1 :

$$H_0 : \sigma_1^2 / \sigma_2^2 = 1 \quad (1)$$

$$H_1 : \sigma_1^2 / \sigma_2^2 \neq 1. \quad (2)$$

Esses testes de hipóteses foram repetidos para outros tratamentos, para análise de variação da temperatura do produto. Conclui-se que existe evidência estatística para aceitar a hipótese nula, ou seja, que há igualdade entre as variâncias (Montoya, 2016) e, portanto, não há diferença significativa entre as leituras da etiqueta ativa e do Termohigrômetro HOBÔ.

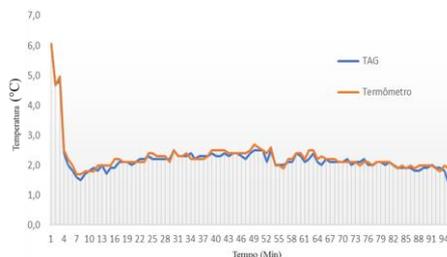


Figura 7: Variação da temperatura a partir dos dados tomados entre os dois equipamentos (Tag e Termômetro FLUKE)

Observa-se pouca diferença a partir dos dados registrados pelos dois equipamentos, isto é, o



padrão de comportamento é muito similar entre as duas opções. O autor aplicou um tratamento estatístico, onde foram avaliadas as duas hipóteses. Existe evidência estatística para aceitar a hipótese nula, que há igualdade entre as médias neste caso e, portanto, não há diferença entre as leituras da etiqueta ativa e do termômetro FLUKE.

Teste 2. As etiquetas foram colocadas em duas caixas na parte superior (CC2650STK), a primeira etiqueta contendo ID bo: b4:48: 00 e o ID 68: C9:0b, com intervalos de medição de 2 minutos. Para um período de avaliação de aproximadamente 6 horas, com um total de 186 dados de temperatura do ambiente e do produto, tem-se o resumo apresentado na tabela 1.

Tabela 1: Resumo Histórico do ID. BO B4 48 C 9 de Temperatura do Ambiente, Temperatura e Umidade Relativa de Perá

Equipe Usada CC2650STK		Tag BO B4 48 C 9		Tag 68 C9 0B 17	
N. dados	Horário	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura do Produto (°C)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura do Produto (°C)
1	6:12	14,1	7,9	14	7,6
10	6:30	8,1	0,8	8,1	1,4
40	7:30	2,8	0,4	2,8	0,1
55	8:00	2,6	0,1	2,6	0,2
70	8:30	3,6	0,9	3,6	0,5
85	9:00	3,8	0,3	3,8	0,2
100	9:30	3,9	0,3	3,9	0,4
130	10:30	3,1	0,1	3,1	0,2
145	11:00	13,8	6,6	13,8	6,9
160	11:30	16	8,9	16	8,8

Os resultados da temperatura podem ser vistos minuto a minuto a partir do aplicativo Simplelink Sensor *Tag* (Figura 8 e 9).

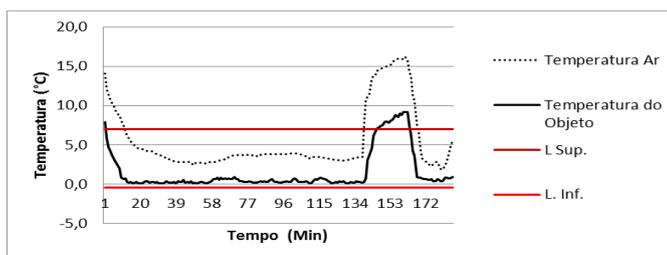


Figura 8: Controle Sistema RFID para Temperatura com Tag ID BO B4 48 C 9

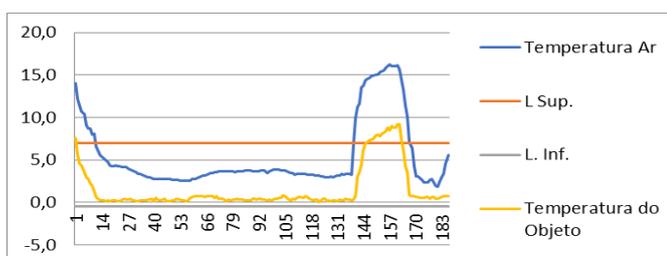


Figura 9: Controle Sistema RFID para Temperatura com Tag ID 68 C9 0B 17

A partir das duas tabelas pode-se afirmar que, durante a maior parte do tempo transcorrido, a



temperatura está dentro dos limites determinados pela ABIAF (2008). Pode-se dizer que em muitos casos a temperatura está acima dos limites, segundo Correa, Novaes, Lima (2013), devido às esperas excessivas nas plataformas de embarque, pois no processo de carga e descarga a abertura das portas se mantem por longo tempo, o que eleva a temperatura do produto a valores acima do permitido.

A rota do veículo foi mapeada localmente como mostrado na Figura 10. Mas a rota se inicia, de fato, em Portugal (sem monitoramento RFID), chegando no CEASA e posteriormente saindo para o varejo de frutas (18,3 km, aproximadamente 23 min), dentro da cidade de Campinas.

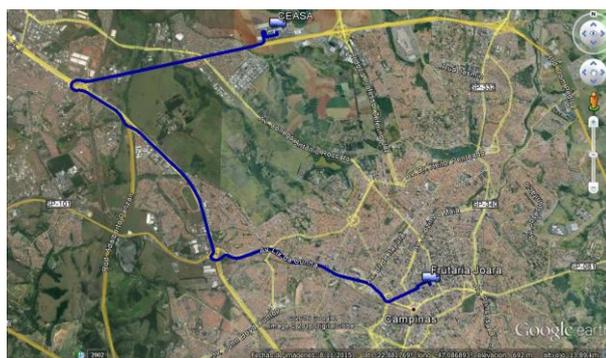


Figura 10: Mapa da Rota CEASA até a Frutaria

A temperatura média do ambiente, calculada para os dados fornecidos, foi de $\mu = 5,5$ °C. A Figura 11 apresenta o histograma de temperatura desde o armazenamento da fruta até o supermercado, mostrando uma concentração das temperaturas do ambiente de 1°C, 2°C e 3°C. Observa-se também alguns pontos fora dos limites permitidos pela ABIAF, como na faixa entre 9° e 16,2°C. Esclarecemos que esse fato ocorreu porque a temperatura da fruta excede a faixa de controlada quando espera fora da câmara ou do veículo de transporte refrigerado.

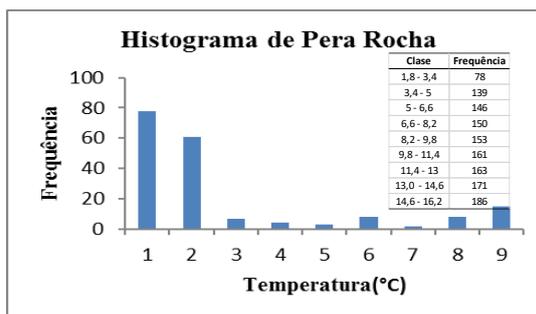


Figura 11: Histograma Temperatura do Ambiente Pêra Rocha ID BO B4 48 C 9

Por outro lado, o *Tag* com ID 68 C9 0B 17 foi analisado de modo a se avaliar a possível variação da temperatura dos produtos nas proximidades da porta da câmara de armazenamento, e os possíveis efeitos no registro de dados.

A Figura 12 apresenta o histograma de temperatura desde o armazenamento da fruta até o supermercado, com uma concentração máxima de temperatura ambiente entre os valores 1°C e 3°C. Observam-se também pontos fora dos limites permitidos, como na faixa entre 9° e



16,2°C, esclarecendo que esse fato ocorreu porque a fruta ficou sem controle de temperatura, esperando por manuseio fora da câmara, ou do veículo de transporte refrigerado.

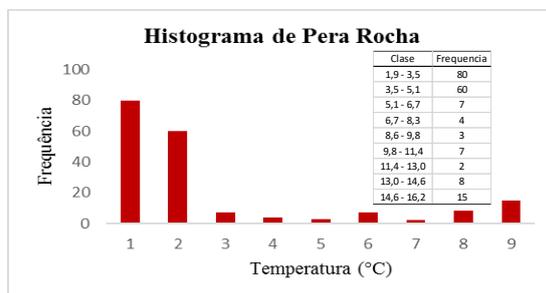


Figura 12: Histograma Temperatura do Ambiente Pêra Rocha ID 68 C9 0B 17

Diante disso, os resultados analisados mostraram uma diferença de $\pm 0,1$ na temperatura registrada e quase não é notória a diferença entre um *Tag* e outro. A Figura 13 apresenta a frequência acumulada dos dados observados. A temperatura média do ambiente, calculada para os dados fornecidos, foi de $\mu = 5,4$ °C.

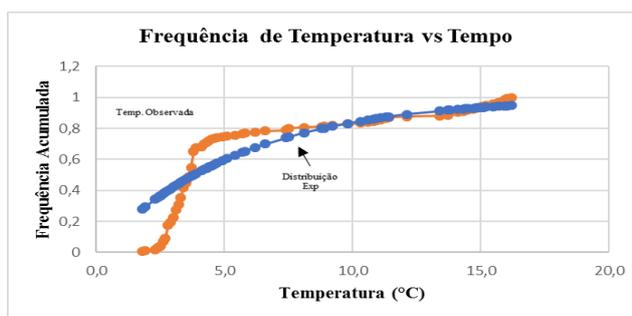


Figura 13: Frequência acumulada da temperatura do Ambiente - Pêra Rocha ID BO B4 48 C9

A análise da distribuição da temperatura foi feita com base na formulação exponencial, uma vez que se adapta melhor aos dados obtidos, a partir de $\lambda = 1/\mu$ o resultado obtido foi de $P = 0,107$, o qual foi maior do comumente utilizado que é de $0,05$, após disto se conclui que não se rejeita a hipótese na qual os dados têm distribuição exponencial.

A Figura 14 apresenta a frequência acumulada da temperatura ambiente com o *Tag* Ativo ID 68 C9 0B 17 dos dados observados. A temperatura média do ambiente, calculada para os dados fornecidos foi de $\mu = 5,4$ °C.

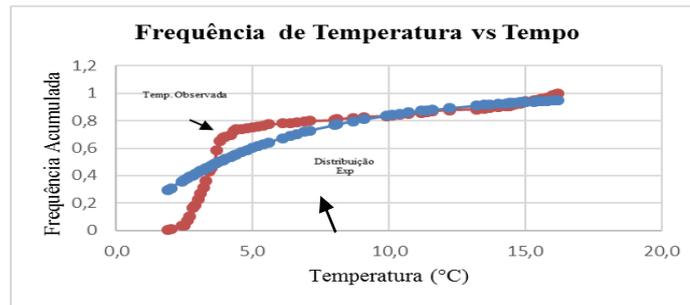


Figura 14: Frequência acumulada Temperatura do Ambiente Pêra Rocha ID 68 C9 0B 17

A análise foi feita a partir da distribuição exponencial, que se adaptou melhor aos dados fornecidos, a partir de $\lambda = 1/\mu$ o resultado obtido foi de $P = 0,219$, o qual foi maior do comumente utilizado que é de $0,05$, após disto se conclui que não se rejeita a hipótese na qual os dados têm distribuição exponencial. Além disso, concluiu-se pela similaridade entre os dados apresentados pelos os *Tags* ativos ID BO B4 48 C9 e ID 68 C9 0B 17, com médias de $5,4^{\circ}\text{C}$ e $5,5^{\circ}\text{C}$.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo foi realizado com base na aplicação de um sistema RFID na gestão da Cadeia do Frio, na indústria de alimentos, especificamente ligada a frutas. Como resultado dessa aplicação, pode-se concluir que há uma melhor previsão sobre a vida útil do produto durante o seu transporte e armazenamento, o que pode melhorar o gerenciamento e auxiliar o operador logístico na tomada de decisões quando ocorrerem incidentes operacionais ao longo da rota. Quanto ao teste de calibração, foi encontrada uma estreita relação entre os dados de temperaturas (ambiente e do produto) registrados a partir da comparação da variância e médias, para cada série coletada, em cada um dos aparelhos. Comprova-se ainda que o comportamento da temperatura ambiente, registrada no segundo teste pelas duas etiquetas ativas, são similares em decorrência da ocorrência de distribuições exponenciais semelhantes nos dois casos. Assim o monitoramento da temperatura do produto foi realizado com a finalidade de demonstrar que a tecnologia RFID permite o monitoramento de indicadores, como a temperatura. Comunicações via Wi-Fi, NFC, e Bluetooth não excluem a possibilidade de que um objeto pode ser parte de um sistema IoT, mas pode ser limitada quanto à mobilidade e facilidade do uso e segurança da informação. Assim, para estudos futuros, esta tecnologia será avaliada visando o desenvolvimento da inovação da técnica dinâmica em vários domínios importantes. A partir de sensores sem fio, a nanotecnologia evoca, assim, uma visão de um mundo totalmente conectado.

AGRADECIMENTO

Agradecimento ao Departamento de Engenharia de Manufatura e Materiais da Faculdade de Engenharia Mecânica e Engenharia Civil Departamento de Geotecnia e Transporte da UNICAMP, a Capes, a empresa TAGGEN, CEASA Campinas, pelo fornecimento dos recursos para o desenvolvimento do estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, E.; S. Zampolli e S. Marco (2007) Flexible Tag Microlab Development: Gas Sensors Integration in RFID Flexible Tags For Food Logistic. *Sensors and Actuators B*, Chemical v. 127, p. 2-7.
- Badurina, G.; Z. Majic e S. Pavlin (2011) Evaluation of Air Transportation Under Controlled Room Temperature Pharmaceuticals. *Traffic & transportation*, v. 23, p. 121-130.
- Bogataj, M.; L. Bogataj e R. Vodopivec (2005) Stability of Perishable Goods in Cold Logistic Chain. *International Journal of Production Economics*, v. 93, p. 345-356.
- Bosona, T. e G. Gebresenbet (2013) Food traceability as an integral part of logistics management in food and



- agricultural supply chain. *Food Control*, v. 33, p. 32 – 48.
- Carvalho, C; A. Novaes e O. Lima (2013). *A Logística da Distribuição de Produtos Alimentícios Refrigerados: Problemas e Perspectivas no Contexto Brasileiro*. Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte, XXVI ANPET.
- Carvalho, C. (2013) *Otimização Dinâmica da Logística de Distribuição de Produtos Alimentícios Refrigerados e Congelados*. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, SP.
- Chao, C.; J. M. Yang e W. Jen (2007) *Determining Technology Trends and Forecasts of RFID*. *Historical Review and Bibliometric Analysis From 1991 To 2005*. In *Technovation*, v. 27, p. 268-279 .
- Coulomb, D. (2008) *Refrigeration and the Cold Chain Serving the Global Food Industry and Creating a Better Future: Two Key Iir Challenges for Improving Health and Environment*. *Trends in Food Science & Technology*, v. 19, p. 413-417.
- Crespo, A. (2002) *Estatística fácil*. São Paulo: Saraiva.
- Estrada, S. e Eddy, A. (2006) *Thermal Performance Indication For Refrigerated Road Vehicles*. *International Journal of Refrigeration*, v. 29, p. 889 - 898, .
- Estrada, S.; N. Smale e D. Tanner (2006) *Temperature Regulation During the Transport Of Perishables In Australia*. *Food Science Australia*.
- Guedes, M. e M. Artur (2009) *Auxílio na Orientação de Invisuais usando a Tecnologia RFID*. Dissertação de mestrado (Mestrado). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Heap, R. (2006) *Cold chain performance issues now and in the future* IIR Bulletin, v. 4, p. 1-11.
- IIR. (2004) *International Institute of Refrigeration Paris Temperature Indicator and Time-Temperature Integrators- 3rd Informatory Note on Refrigeration and Food*.
- Jedermann, R.; W. Lang e L. Ruiz-Garcia (2009) *Spatial Temperature Profiling by Semipassive RFID Loggers*. *Perishable Food Transportation*. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 65, p. 145-154, .
- Kourti, T. (2006) *The Process Analytical Technology Initiative and Multivariable Process Analysis, Monitoring and Control*. *Anal Bional Chem*, p. 1043-1048.
- Likar, K. e M. Jevsnik (2006) *Cold Chain Maintaining In Food Trade*. *Food Control*, v. 17, p. 108-117.
- Lucero, S. *IoT platforms: enabling the Internet of Things*. IHS Technology. 2016
- Marques, J.; L. Resende e C. Pereira (2014) *Metodologia Para Projeto de Sistemas De Automação com Tecnologia RFID Anais do XX Congresso Brasileiro de Automática*. Belo Horizonte, MG 2014.
- Ma, J. *Internet of things: Technology Evolution and Challenge*. School of electronic information Engineering. Tianjun University, China.
- Myers, M. e M. Newman (2007) *The Qualitative Interview In Is Research*. *Examining. The Craft*. *Information and Organization*, v. 17, p. 2-26.
- Montoya, G. (2016) *Avaliação e Aplicação da Tecnologia RFID na Gestão da Cadeia do Frio de Frutas*. Faculdade Engenharia Mecânica, Dissertação de Mestrado UNICAMP.
- Nassar, V. e M. Vieira (2014) *A Aplicação de RFID Na Logística: Um Estudo de Caso do Sistema De Infraestrutura e Monitoramento de Cargas do Estado de Santa Catarina*. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 21, p. 520-531.
- Ngai, E.; K. Moon; F. Riggins e C. Yi (2008) *RFID Research: An Academic Literature Review (1995–2005) and Future Research Directions*. *International Journal of Production Economics*, v. 112, p. 510- 520.
- Pereira, V.; E. Doria; B. Carvalho; L. Neves e V. Silveira (2010) *Avaliação De Temperaturas Em Câmara Frigoríficas De Transporte Urbano De Alimentos Refrigerados E Congelados*. *Ciência e Tecnologia De Alimentos*, v. 30, p. 158-165,
- Ogasawara, A. e K. Yamasaki (2006) *A Temperature-Managed Traceability System Using RFID Tags with Embedded Temperature Sensors*. *Nec Technical Journal* v. 2, p. 82-86.
- Sanchez, J. (2015) *Mathematica más allá de las matemáticas 2ª Edición*.
- Safari, A.; H. Hashemi e M. Hashemi (2013) *Examining the Role of RFID Technology on SCM Effectiveness, Case: Food industry of Iran*. 7th International Conference on e- Commerce whit focus on e-Security.
- Yin, R.K. (2005) *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman.
- Weiss, C. e M. Santos (2014) *A logística de distribuição e as perdas ao longo da cadeia produtiva das frutas frescas*. CONVIBRA.