

RFID Technology as a Life Cycle Management Tool in the Liquefied Petroleum Gas Industry

F. B. Brandão, J. C. E. Ferreira, *Member, IEEE*, D. Schwanke, G. P. Breier, C. N. Bove, M. C. Bove and A. B. Raposo

Abstract— New technologies for identifying and sharing information have influenced industries to investigate forms of self-management and information interconnection, allowing the linking of data between production and distribution logistics. The main approach to advanced manufacturing relates to equipping the products and production systems with embedded systems based on intelligent sensors and actuators, enabling the communication and control of the plant in a more efficient way. In this regard, RFID (Radio Frequency Identification) technology is currently considered as one of the leading enabling technologies of the Internet of Things (IoT). RFID uses radio frequency to transmit data from a mobile device to a reader. This mobile device is powered by the reader's own power, without the use of batteries, being able to communicate wirelessly or without a specific line, in addition to having processing capacity and internal memory, which enables recording movements and changes to a product linked to it, throughout its life cycle. Several challenges, not only technological ones, are still present for the full operation and interconnection of this technology with the current production systems. The objective of this work is to study the application of this technology in the bottled LPG (Liquefied Petroleum Gas) market, the well-known gas cylinder, in order to create a unique identity for each cylinder sold in Brazil. This unique, automated, wireless reading identification enables process automation in the cylinder filling line, as well as providing insight into the production process and the product distribution logistics chain.

Keywords— RFID (Radio Frequency Identification), LPG (Liquefied Petroleum Gas), Advanced Manufacturing, Management of Logistics Chain.

I. INTRODUÇÃO

Visibilidade, mensurabilidade e melhor retorno financeiro ao negócio são conceitos interligados em sua essência. Boa parte dos grandes negócios advém de melhorias de processos, mas, como disse Lord Kelvin, “é difícil melhorar o que não se pode medir” [1], e é difícil medir o que não se pode ver [2].

F. B. Brandão, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, fabriciobrandao@floripa@hotmail.com.

J. C. E. Ferreira, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, j.c.ferreira@ufsc.br.

D. Schwanke, CEITEC Semiconductors, Porto Alegre, Brasil, dieter.schwanke@ceitec-sa.com

G. P. Breier, CEITEC Semiconductors, Porto Alegre, Brasil, guilherme.breier@ceitec-sa.com.

C. N. Bove, Abbas Indústria e Comércio, São Paulo, Brasil, abbasqualidade@terra.com.br.

M. C. Bove, Abbas Indústria e Comércio, São Paulo, Brasil, abbasaros@yahoo.com.br.

A. B. Raposo, PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil, abraposo@tegraf.puc-rio.br.

Corresponding author: João Carlos Espindola Ferreira.

Estes dois importantes conceitos são pré-requisitos para todas as economias de negócio. Além disso, o nível de visibilidade em uma organização determina o nível máximo de economia. Desta forma, muitas empresas têm buscado novos modelos de produção que propiciem ganhos de eficiência e que atendam suas expectativas de crescimento e lucratividade [3].

Nesta vertente, a tecnologia de RFID (*Radio Frequency Identification*) tem mostrado grande potencial, possibilitando melhor visibilidade e, conseqüentemente, mensurabilidade dos processos produtivos, permitindo ações que sejam mais efetivas na melhoria dos processos e do negócio. Esta tecnologia permite a comparação do desempenho real da produção com a meta traçada, possibilitando identificar rapidamente os pontos ineficientes, e que precisam de ações corretivas, permitindo um processo de melhoria contínua [4].

Uma quantidade significativa de empresas tem testado e adotado a tecnologia de RFID no gerenciamento de sua cadeia de suprimentos. Os benefícios são bastante convincentes, proporcionando uma melhor visibilidade de inventário e a possibilidade de executar automatizações na linha de produção, resultando em racionalização das operações [5].

Este artigo propõe a adoção da tecnologia RFID visando a criação de uma identidade única a cada cilindro de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) existente no mercado brasileiro, o qual viabilizará em seu primeiro estágio a rastreabilidade nesta indústria, buscando contribuir para a redução no número de acidentes envolvendo este derivado. Ainda neste estágio, a tecnologia deverá proporcionar visibilidade à gestão da cadeia de suprimentos, possibilitando uma série de vantagens relacionadas à logística de distribuição.

Espera-se em um segundo estágio de adoção da tecnologia a possibilidade de automatização dos processos produtivos de enchimento e de requalificação dos cilindros, possibilitando um controle mais efetivo da comercialização deste produto pelas autoridades governamentais [6].

Atualmente este processo é realizado por meio de leitura visual de marcações em baixo relevo no corpo do recipiente (número de série), mediante a pintura do recipiente (marca), e por meio de afixação de plaquetas de informações (data de requalificação e peso do cilindro). No entanto, como é um processo que depende bastante da interação visual humana, está suscetível a erros [7].

Espera-se que a inclusão de um dispositivo eletrônico capaz de automatizar a identificação de cada cilindro de GLP individualmente possa proporcionar grandes benefícios no gerenciamento desta indústria, possibilitando: (a) desenvolver um histórico de cada um dos seus cilindros, capturando desempenho e tempo de rotação dos ativos individualmente;

(b) monitorar o desempenho de vendedores/distribuidores; (c) realizar análise detalhada do ciclo de vida de seus cilindros, válvulas e plugues de segurança; (d) visibilidade em tempo real da cadeia de suprimentos, permitindo à distribuidora alcançar eficiência máxima em suas operações logísticas, se beneficiando de economias potenciais; (e) automatização de algumas etapas do processo produtivo de enchimento dos cilindros, permitindo redução de pessoal; (f) às autoridades governamentais, como a ANP (Agência Nacional do Petróleo), uma melhor inteligência fiscalizatória, e aos fiscos estaduais, uma nova forma de controle sobre a comercialização deste derivado.

Mercado de GLP

Define-se como gás liquefeito do petróleo (GLP) a mistura formada, em sua quase totalidade, por moléculas de hidrocarbonetos de três a quatro átomos de carbono que, embora gasosos nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (Cntp), podem ser liquefeitos por resfriamento e/ou pequeno nível de compressão (12 kg/cm^2) [8].

Da refinaria ou terminal até o consumidor final, o GLP percorre um longo caminho, envolvendo processos relativamente simples de transferências e armazenamentos. O GLP produzido ou importado fica armazenado em vasos de pressão que podem ser esferas, cilindros ou até mesmo navios-tanque. Antes de ser transferido para as distribuidoras, mediante bombeio via dutos ou por carregamentos de caminhões ou vagões-tanque, o produto é amostrado e certificado, comprovando-se a sua adequação à especificação [9]. Na distribuidora o produto poderá ser encaminhado para venda direta ao consumidor, via granel ou encaminhado para uma base de enchimento de cilindros.

Em termos de volume, em 2015 foram movimentados cerca de 7,38 milhões de toneladas de GLP, sendo aproximadamente 70% no mercado de envasados, gerando um faturamento bruto de mais de R\$ 19,8 bilhões.

A distribuição de GLP, acondicionada em botijões de aço, atinge 100% dos municípios brasileiros, com cobertura mais extensa que a água tratada, correios e outros bens e serviços de consumo. Sua cobertura só é inferior à da energia elétrica. Mensalmente são distribuídos mais de 33 milhões de botijões, sendo cerca de 80% deles entregues em domicílio [10].

Tendo em vista a inflamabilidade e a capilaridade de uso do GLP, é muito importante que toda a cadeia de comercialização e circulação desse produto garanta o cumprimento das normas técnicas e administrativas que busquem proporcionar segurança aos recipientes que levam o produto aos milhões de residências e comércios brasileiros. Deve-se ressaltar, pois, que um recipiente de GLP utilizado de forma indevida, que não atenda aos requisitos mínimos de segurança, em mau estado de conservação ou, ainda, com alguma falha de fabricação, tem elevado potencial de resultar em acidentes, envolvendo, inclusive, perdas humanas.

Desta forma todos os recipientes transportáveis para GLP, incluindo aqueles aparentemente sem danos, devem ser submetidos ao procedimento de requalificação, que é o processo periódico de avaliação, recuperação e validação, determinando sua continuidade em serviço.

II. A TECNOLOGIA RFID

A tecnologia de RFID utiliza a radiofrequência para transmitir dados de um dispositivo móvel para um leitor. Este dispositivo móvel se comunica sem fio ou necessidade de linha de visada, além de possuir capacidade de processamento e memória interna, o que possibilita a gravação de informações pertinentes a uma movimentação, tais como: origem, destino, número de lote, número de NF, data e hora de cada movimento, e agentes envolvidos, permitindo ainda que estas informações sejam atualizadas ao longo de seu ciclo de vida. Outra vantagem está na confecção de dispositivos passivos, que não requerem baterias, de forma que sua alimentação é proveniente da energia emitida pelo leitor.

Na literatura são encontradas referências que relacionam à tecnologia do RFID como a evolução do atual código de barras. No entanto, as suas características ampliam o espectro de aplicações potenciais, sendo listados casos práticos de seu uso nos campos da manufatura digital (Indústria 4.0), logística avançada, além do controle informatizado de pessoal ou inventário [11].

O princípio de funcionamento de uma etiqueta RFID está na indução de campos eletromagnéticos em circuitos ressonantes, que por sua vez são aptos a alimentar um circuito constituído de microprocessador e memória, capaz de responder parâmetros de interesse por meio de alterações no campo eletromagnético inicialmente emitido. A maioria dos sistemas RFID é composta basicamente pelos seguintes dispositivos [12]: etiqueta eletrônica, ou *tag* (*transponder*), conjunto leitor/antena (ou *transceiver*), servidor de gerenciamento do conteúdo (*middleware*), sistema de integração.

Deve-se ressaltar que dispositivos RFID sofrem com uma grande quantidade de tipos de interferência no sinal de RF, tais como aquelas causadas pelos materiais nos quais as etiquetas podem estar fixadas (metais e líquidos especialmente), barreiras físicas entre os dispositivos, ruídos e poeira no ambiente, e reflexões [13, 14].

Um segundo fator relevante está na colisão de sinais provenientes das etiquetas eletrônicas, situação esta que ocorre quando mais de uma etiqueta está sob o raio de ação de um equipamento leitor, exigindo a aplicação de protocolos anti-colisão para a correta identificação de cada etiqueta [15].

Por fim, ainda existem questões como a possível mobilidade das etiquetas durante o processo de leitura que, somado ao problema do tempo consumido para resolver a colisão dos sinais emitidos pelas etiquetas, pode tornar insuficiente o tempo de exposição das etiquetas com o raio de ação dos leitores [16, 17].

No caso considerado neste trabalho, foi necessário um estudo cuidadoso das etapas que os cilindros percorrem durante o seu ciclo de vida, e quais as informações relevantes que devem ser armazenadas na memória da etiqueta em cada etapa do processo.

III. APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA RFID NOS BOTIJÕES DE GLP

Tendo em vista a possibilidade de reconhecimento de múltiplos cilindros em um ambiente de armazenamento, com a consequente necessidade de maior distância de leitura, foi escolhida a frequência operacional UHF para esta aplicação.

Esta faixa de frequência opera na região de interface entre campos próximos e campos distantes, possibilitando maiores distâncias de leitura, porém é bastante influenciada por interferências no meio (por exemplo, líquidos e metais). Desta forma, foi necessário o uso de técnicas que possibilitam a utilização da etiqueta RFID UHF no cilindro de GLP, o qual é fabricado em aço.

Tendo em vista o requisito de robustez e segurança, foi necessário um minucioso projeto de fixação da etiqueta no cilindro, com vistas a impossibilitar a remoção intencional da etiqueta, e permitir a identidade única a cada cilindro, ao longo de todo o seu ciclo de vida.

A elevada quantidade de cilindros a serem etiquetados, atualmente cerca de 112 milhões, conduz ao estabelecimento de requisitos relacionados à forma e à fase na qual será realizado este procedimento, buscando garantir uma mínima alteração dos processos produtivos nas etapas de envasamento e de requalificação dos cilindros.

O desempenho de uma etiqueta RFID quando na proximidade de uma superfície metálica é alterado, principalmente no que se refere aos fatores coeficiente de transmissão e eficiência de radiação, que apresentam acentuada degradação da energia recebida, indicando que a presença da superfície metálica afeta o casamento de impedâncias (antena - microchip) de forma significativa. Já no que se refere ao fator diretividade, definido como a razão entre a máxima densidade de potência do feixe principal e a potência média radiada, observa-se um elevado incremento quando na proximidade de metais, em virtude da concentração da radiação da antena em um único hemisfério [18].

Em termos de distância máxima de leitura, observa-se que o aumento observado na diretividade tende a compensar as diminuições dos fatores de coeficiente de transmissão e de eficiência de radiação, sendo que a partir de uma dada distância do plano condutor metálico ocorre um aumento significativo da distância máxima de leitura. Testes práticos mostram que o espaçamento entre a etiqueta e o plano metálico em que este fenômeno inicia é de aproximadamente $0,072 \cdot \lambda$ comprimento de onda.

Desta forma, o projeto de etiquetas RFID UHF para a fixação em metais visa posicionar o plano condutor da antena da etiqueta em um ponto de afastamento do plano metálico, estrategicamente posicionado visando a maximização da distância máxima de leitura.

Considerando os requisitos de robustez e de segurança, agregado ao desejo de não alteração do atual processo produtivo, buscou-se utilizar a atual ferradura de identificação dos cilindros como antena ao dispositivo idealizado. Esta plaqueta contém marcações de alto relevo com as seguintes informações: ano de validade, nome da empresa requalificadora, símbolo do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), e símbolo da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), conforme ilustra a Fig. 1.

A proposta da nova ferradura equipada por RFID prevê a utilização de uma plaqueta de dupla face, na qual a parte inferior (ou base), que é soldada ou crimpada ao cilindro, possui um orifício em que é encaixada uma cápsula de material isolante (nylon), a qual possui a função de berço do microchip CEITEC CTC13002.

A plaqueta superior, que possui a função de antena e foi projetada e otimizada para esta função, é equipada na sua parte inferior com um isolante elétrico, garantindo rigidez e isolamento elétrico entre ambas as plaquetas. Esta também possui espaçamento para o encaixe e fixação da cápsula do microchip, tendo a função de travamento. A Fig. 2 ilustra o desenho final do protótipo.



Figura 1. (a) plaqueta de identificação da requalificação - "ferradura", (b) acabamento final, após pintura.

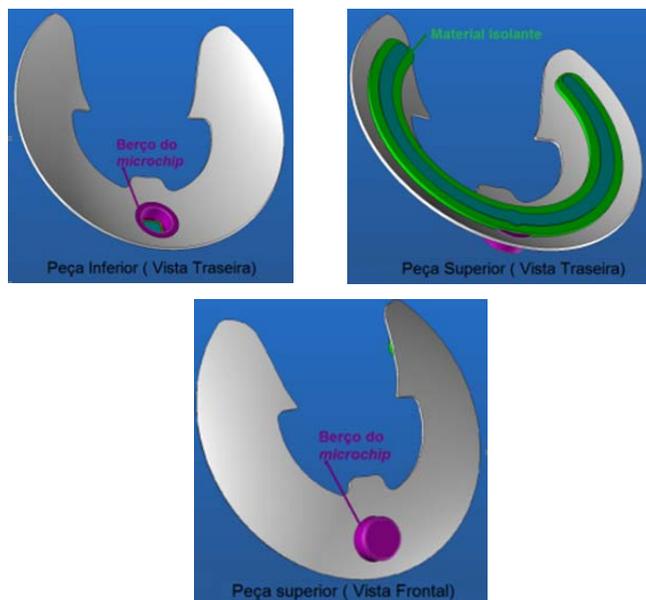


Figura 2. Esquemático proposto para a ferradura de requalificação equipada com RFID

Os pontos principais da cadeia de fornecimento de GLP em cilindros incluem a Planta de Enchimento, a Planta de Fabricação dos cilindros, a Planta de Requalificação de cilindros, as Revendas de GLP envasado, e os Clientes. As variáveis de controle são:

- Fabricantes de cilindros: número de série, marca detentora, fabricante do cilindro, data de fabricação, peso do cilindro vazio e data de saída da planta.
- Revendas GLP: data recebimento, data de venda, nº nota fiscal eletrônica vinculada a venda, CPF do comprador.
- Plantas de Enchimento: condição da inspeção, data de envase, peso do cilindro cheio
- Requalificadores: data da realização, oficina responsável pelo serviço, condição de recebimento.

Tendo em vista a grande quantidade de informações geradas ao longo do ciclo de vida de cada cilindro e a limitada

capacidade de memória integrante da etiqueta RFID escolhida (208 bits), faz-se necessário definir quais informações serão armazenadas na memória da etiqueta, e quais estarão disponíveis somente no repositório das informações (nuvem).

Desta forma, visando restringir as necessidades de gravação na memória da etiqueta ao estritamente necessário, considera-se a fabricação de etiquetas de menor valor e, conseqüentemente, um maior ROI (retorno sobre investimento). Selecionou-se as seguintes variáveis aptas a gravação na memória: (a) Número de série (SN): 4 Bytes; (b) Data de fabricação do cilindro: 4 Bytes; (c) Data de última requalificação: 4 Bytes; (d) Agente (código SIMP) do último agente responsável pelo enchimento: 2 Bytes; (e) Data do último enchimento: 4 Bytes; (f) Agente (código SIMP) do último agente responsável pela comercialização: 4 Bytes; (g) Número da nota fiscal eletrônica associada à última venda: 4 Bytes.

Em especial, dentre os atores da cadeia de fornecimento do GLP envasado, a planta de enchimento deverá se beneficiar de possíveis automatizações de processo. Neste sentido, foram feitas diversas visitas técnicas a diferentes plantas de enchimento de GLP, com o objetivo de avaliar os principais passos do processo, a situação do ambiente com relação à disposição dos objetos (equipamentos/planta), a análise e verificação dos materiais condutivos envolvidos, além da temperatura do ambiente de operação.

A Fig. 3 mostra os principais processos envolvidos em uma planta de enchimento de GLP (cilindros de 13kg) e sua seqüência de operações. Os cilindros trafegam em velocidade constante por uma esteira mecânica, percorrendo os processos de: (a) inspeção visual, (b) esvaziamento e teste de válvula, (c) tara, (d) lavagem, (e) envase, (f) conferência, (g) pintura do cilindro, (h) selagem e propaganda, e (i) finalização de despacho.

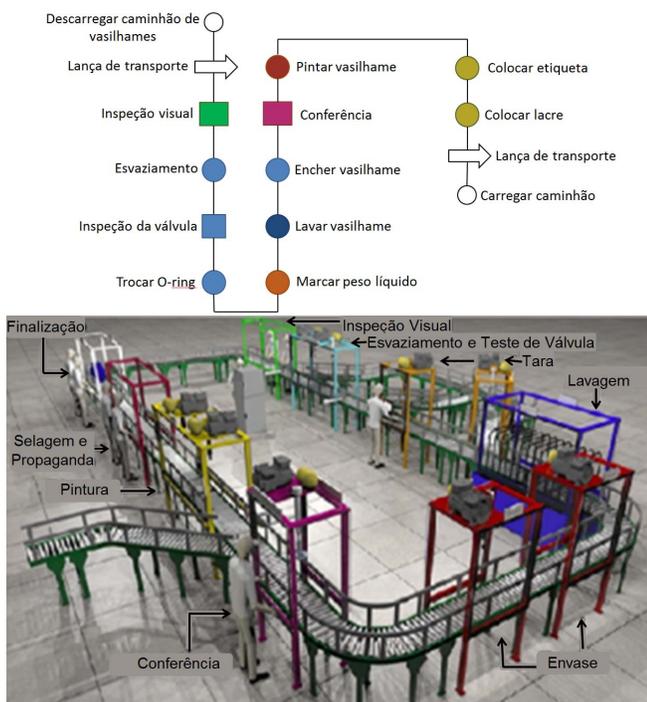


Figura 3. Miniatura de uma planta de enchimento de cilindros de GLP e as etapas envolvidas.

Com o intuito de determinar quais etapas do processo trariam maiores benefícios com a inserção da tecnologia, utilizou-se FMEA – *Failure Modes and Effect Analysis* de maneira a identificar as potenciais causas de falha no atual processo produtivo, além de estabelecer critérios de prioridade no tratamento destas pela nova tecnologia.

Com esta técnica os fatores severidade, frequência de ocorrência e facilidade de detecção são estimados para uma determinada falha, utilizando-se para cada um desses fatores uma escala de valores baseada em critérios de avaliação, geralmente de comum acordo entre os especialistas da equipe de análise [19]. A multiplicação desses três fatores gera o NPR (Número de Prioridade de Risco), que é uma medida do risco relativo de fracasso de uma determinada função do processo.

Com a compilação dos resultados, elencando os processos através do índice NPR, optou-se por inicialmente implementar a tecnologia de RFID nos processos de: (a) inspeção visual, (c) tara, (e) envase, e (f) conferência. Desta forma, retira-se a subjetividade da inspeção visual, separando automaticamente os cilindros que já possuem data de requalificação vencida (gravado na etiqueta). O processo de tara permite a pesagem de cada cilindro e a gravação desta informação na memória de cada etiqueta, permitindo que no processo de envase a quantidade de GLP a ser abastecido em cada cilindro seja automatizada. O processo de conferência grava as informações do procedimento de envase na memória da etiqueta.

Tendo em vista o requisito de mínima alteração nos atuais processos produtivos, optou-se pelo desenvolvimento de um suporte móvel, do tipo portal, que pode ser posicionado em qualquer parte da linha de enchimento, bastando possuir comunicação *wi-fi*. Em sua parte superior, há espaço para a instalação de uma antena fixa e um leitor, conforme mostra a Fig. 4. O sistema ainda possui duas chaves de presença, calibradas de maneira que quando ambas estão pressionadas, dispara-se a leitura pelo sistema.

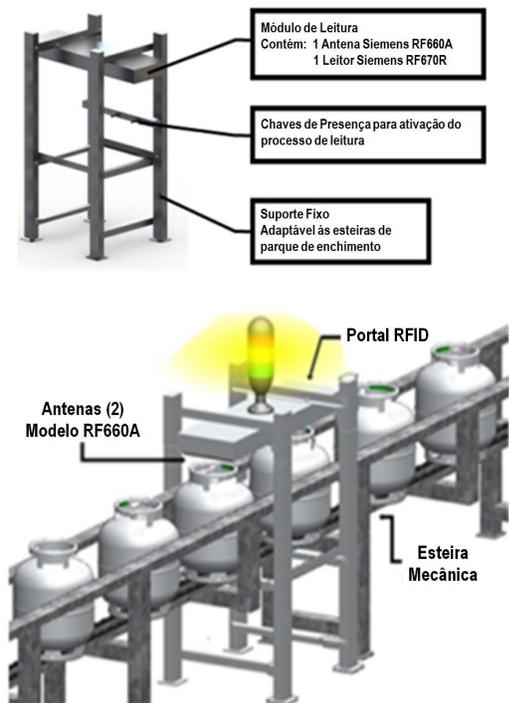


Figura 4. Protótipo de portal móvel RFID para plantas de enchimento de GLP

Para a implantação do sistema foram desenvolvidos dois softwares. O primeiro, destinado ao consumidor final ou ao pequeno revendedor de GLP, foi idealizado para *smartphones* que executam em sistema operacional Android. Uma vez instalado no *smartphone* do usuário, opta-se por uma das funções: cliente ou lojista.

Na função cliente, o usuário fica habilitado à leitura das informações gravadas na memória da etiqueta. Estas informações são trazidas em formato de texto e em formato de áudio ao usuário, conforme ilustra a Fig. 5.

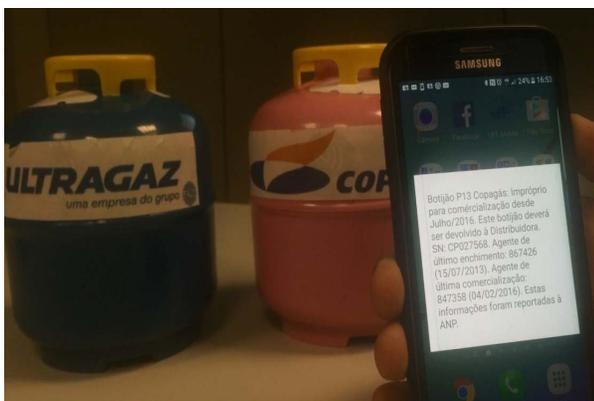


Figura 5. Software desenvolvido para smartphone para a leitura das informações.

Espera-se que a potencialidade de difusão das informações mediante uma forma acessível à maioria dos consumidores possa auxiliar no compartilhamento de informações, auxiliando as frentes de logística e de marketing das distribuidoras, além de ser um potencial instrumento fiscalizatório, a exemplo do que vem ocorrendo em outras aplicações em andamento desta tecnologia [20, 21].

Como exemplo, no aplicativo desenvolvido, quando o *smartphone* identifica um cilindro fora da validade permitida, o sistema captura as coordenadas (latitude e longitude) do *smartphone* do usuário e as envia ao repositório das informações (gerido pela ANP), em conjunto com as demais informações lidas na memória da etiqueta do cilindro (Fig. 6).



Figura 6. Etiquetas HF NFC (Near Field Communication) usadas na demonstração.

Neste caso, o próprio consumidor, elo final da cadeia logística, se torna um ator ainda mais importante no contexto, tendo em vista que dele partirão informações sobre a qualidade do produto, e sobre a sua potencial demanda. Ele ainda terá involuntariamente contribuído para a criação de uma inteligência fiscalizatória, que terá frentes precisas para atuação.

Na função lojista o sistema permite a realização de uma venda, vinculando as informações da nota fiscal eletrônica e armazenando-as na memória da etiqueta do cilindro. Na sequência, o sistema envia um relatório consolidado das transações efetuadas à ANP e ao fisco estadual.

Já o segundo software, orientado à *web*, é destinado aos distribuidores do produto, ou às autoridades governamentais envolvidas no processo logístico de venda deste derivado. Mediante o repositório das informações (nuvem), o sistema permite visualizar geograficamente a localização dos cilindros comercializados (válidos ou inválidos), permitindo a extração de várias informações estratégicas como, por exemplo: (a) extração do *marketshare* de cada distribuidora, em cada região de escolha; (b) verificar se a logística envolvida na distribuição está otimizada para o seu mercado cativo.

Esta visão estratégica permitirá ainda estimar algumas atividades inadequadas, como cilindros desviados propositalmente visando o ganho de mercado, que é uma prática comum nesta indústria.

Já as autoridades governamentais poderão utilizar a ferramenta como um instrumento de fiscalização, identificando as regiões que possuem a maior quantidade de comercialização de cilindros impróprios. A Fig. 7 ilustra a tela do segundo software desenvolvido.

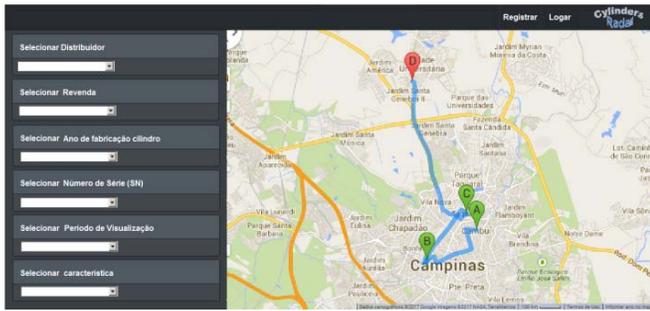


Figura 7. Tela inicial do software para a web visando o rastreamento da cadeia logística do GLP

IV. DISCUSSÃO

A segurança para o consumidor final de GLP em botijões é um assunto que requer atenção especial de todos os agentes envolvidos na atividade, desde as empresas distribuidoras de GLP até o governo. Este tema deve ser tratado tanto no âmbito da comercialização legal quanto na comercialização ilegal do produto. Um sistema de rastreamento dos cilindros será uma ferramenta capaz de gerar grandes benefícios.

A tecnologia RFID apresenta uma série de vantagens potenciais quando comparada ao método de identificação atual. O método de leitura das etiquetas RFID possibilita que as mesmas sejam lidas em grande velocidade, não depende da visualização (nem de operador), pode ser reutilizada, e pode operar em ambientes insalubres ou contaminados por sujeira.

Além da determinação da etiqueta ideal e da melhor forma de sua fixação no cilindro, esta pesquisa contribui na criação de uma metodologia de integração da tecnologia RFID ao sistema de produção atualmente utilizado, melhorando o controle, o gerenciamento de estoque de GLP, e a rastreabilidade do produto (cilindros).

Os benefícios esperados após a implementação e no decorrer da sua utilização incluem a redução no tempo de produção, a redução de falhas no processo e a redução do número de operários necessários, proporcionando visibilidade total do processo à gerência, com o controle de estoque em tempo real, que pode ser compartilhado entre produtor, distribuidor e revendedores.

Nas cadeias de suprimento do futuro, a ênfase não estará mais nos fabricantes, mas nos vendedores e clientes, que estabelecerão as quantidades a serem fabricadas com precisão, abrindo uma maior frente à customização. A tecnologia tem o potencial de modificar a forma como o comércio é realizado, pois oferecerá uma visão direta e ágil dos hábitos de consumo, permitindo a produção de itens ajustados a estas demandas.

Dentre os obstáculos presentes na implementação da tecnologia RFID, tem-se: receios relacionados à maturidade da tecnologia, à segurança das informações, ao cálculo mais preciso do retorno sobre o investimento, além de carência regulatória, tendo em vista a necessidade de padronização da aplicação descrita neste trabalho.

A padronização de hardware, software, protocolos de rede e sistemas de leitura para determinada aplicação são muito importantes. As indústrias têm dado atenção a estas questões para evitar que erros cometidos no passado se repitam, possibilitando então a expansão da tecnologia.

O custo de implementação da tecnologia também deve ser estudado. No entanto, a análise deve ser cuidadosa, já que o

GLP utilizado para comercialização em recipientes de 13 kg é subsidiado pelo governo federal, na fonte produtora, com a finalidade de que o GLP utilizado na cocção de alimentos seja mais barato para o consumidor do que o GLP utilizado para outros fins. Ou seja, a implementação de uma tecnologia que permita determinar com maior exatidão a quantidade de GLP comercializada em cilindros é também de grande relevância do ponto de vista fiscal.

Quanto à popularização dos leitores de RFID, boa parte dos *smartphones* atuais (por exemplo, Iphone 6 e Samsung S6) já possui funcionalidade de leitura de etiquetas que operam em HF, com protocolo NFC. No entanto, a utilização em massa da tecnologia RFID, principalmente para fins de controle logístico, necessitará da incorporação de leitores de UHF nos dispositivos móveis, o que deverá ser incorporado nos próximos lançamentos em *smartphones*.

V. CONCLUSÕES

O presente trabalho contribuiu para a concepção e construção de uma etiqueta RFID UHF funcional para operação em cilindros metálicos de GLP, tendo sido utilizado um microchip de fabricação brasileira, cujo custo se mostra atrativo às distribuidoras. Através de testes de bancada (usando-se câmara anecoica) e de um teste piloto na base de uma distribuidora, pode-se comprovar a funcionalidade do dispositivo, onde foram instalados os módulos de leitura e etiquetados um lote de cilindros, realizando-se a plena integração das informações com os demais sistemas fabris. Com o desenvolvimento dos softwares pode-se efetuar a leitura das informações dos cilindros (via *smartphone*) por qualquer pessoa.

Como sugestão de trabalho futuro, pode-se agregar outros sensores ao dispositivo idealizado, como sensores de temperatura, pressão, ou de nível de GLP. Desta forma, a tecnologia RFID poderá ser habilitadora não somente da identificação do cilindro, com seu respectivo histórico, mas, também, gerando outras informações relevantes ao controle de qualidade do produto e, ainda, permitindo seu abastecimento fracionado, tendo em vista que será possível saber exatamente a quantidade de GLP disponível cilindro.

REFERÊNCIAS

- [1] Bowles, J.B. An Assessment of RPN Prioritization in a Failure Modes Effects and Criticality Analysis. In Proc. of the IEEE Annual Reliability and Maintainability Symposium, Tampa, EUA, pp 380-386, 2003.
- [2] Ryan, M. *Supply Chain Asia - Technology*. Available in: <<http://supplychainasia.org/you-can-t-improve-what-you-can-t-see/>> Access date: 01/11/2015. 2015.
- [3] Nizam, C.K. et al. *Radio Frequency Identification (RFID): Airbus Business Radar*. AIRBUS, 2015.
- [4] Roberti, M. Airbus Enters New Phase of RFID Usage, Digitalization. *RFID Journal*, 2015.
- [5] IDTechEx, *The RFID: Knowledgebase Sample Case Studies*. Cambridge, UK. 2015.
- [6] ANP - Agência Nacional do Petróleo. *Relatório de Análise de Impacto Regulatório (AIR) - Requalificação de Recipientes Transportáveis de Aço para Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)*. Rio de Janeiro. fevereiro 2015.
- [7] Moreira, M.F. *Uso de RFID na Gestão de Artigos Retornáveis em Cadeias de Distribuição Tipo Closed-Loop*. Dissertação de Mestrado - PUC Rio. 2013.
- [8] LCA Consultores. *Lógica Econômica e Efeitos Esperados de Distintos Arranjos para a Comercialização de GLP Envasado no Brasil*. dezembro 2014.

- [9] Moura, A.C.M. *Novas Tendências de Consumo de GLP - Gás Liquefeito de Petróleo no Brasil*. Pós-Graduação em Engenharia e Negócios de Gás e Petróleo, Escola de Engenharia Mauá. 2012.
- [10] Ditta, P. *Embalagens Menores e a Adoção de Novos Produtos – o Caso do GLP na Baixa Renda*. Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, 2012.
- [11] Rüßmann, M. et al. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group. 2015.
- [12] Finkenzeller, K. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*. 3 ed. John Wiley & Sons Ltd, Reino Unido, 478p. ISBN: 978-0470695067. 2010.
- [13] Floerkemeier, C. and Sarma, S. *RFIDSim-A Physical and Logical Layer Simulation Engine for Passive RFID*. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, v. 6 (1), pp 33-43, 2009.
- [14] Jo, M. et al. *Mobile RFID Tag Detection Influence Factors and Prediction of Tag Detectability*. *IEEE Sensors Journal*, v. 9 (2), pp. 112-119, 2009.
- [15] ISO/IEC 18000-6: Information technology – Radio-frequency Identification for Item Management – Part 6: Parameters for Air Interface Communications at 860 MHz to 960 MHz. 2004.
- [16] Kim, D.Y. et al. *Interference Analysis of UHF RFID Systems*. *Progress in Electromagnetics Research B*, v. 4, pp. 115-126, 2008.
- [17] Mallinson, H.F. *Measuring and Predicting the Performance of RFID-Tagged Objects*. Tese de Doutorado, Department of Engineering, University of Cambridge. 2010.
- [18] Garg, R. *Microstrip Antenna Design Handbook*. Artech House, Norwood, EUA, 875p. ISBN: 978-0890065136. 2001.
- [19] Aguiar, D.C. *Avaliação de Sistemas de Prevenção de Falhas em Processos de Manufatura na Indústria Automotiva com Metodologia de Auxílio à Decisão*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá. Brasil. 2007.
- [20] Schmidt, M. *Volkswagen AG Forges Ahead With Transparent Prototype*. *RFID Journal*, 2015.
- [21] Swedberg, C. *Michelin Ramps Up Tagging Program, Launches RFID-based App*. *RFID Journal*, 2015.

identificação eletrônica com base na tecnologia RFID. Tem interesse em temas de IoT, Indústria 4.0 e novas tecnologias.



Camila Nieto Bove é Diretora de Desenvolvimento e Qualidade da Abbas Indústria e Comércio, empresa que atua há 34 anos no mercado de distribuição de GLP, produzindo produtos estampados para diversos tipos de recipientes transportáveis, e desenvolve soluções de produtos inovadores para suprir as demandas de mercado. Ela é responsável pela área de desenvolvimento, qualidade e relação com o mercado.



Miguel Carlos Bove é Sócio-diretor da Abbas Indústria e Comércio, empresa que atua há 34 anos no mercado de distribuição de GLP, produzindo produtos estampados para diversos tipos de recipientes transportáveis, e desenvolve soluções de produtos inovadores para suprir as demandas de mercado. Ele é responsável pela área de criação da empresa.



Alberto Barbosa Raposo é Professor Associado no Departamento de Informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e coordenador de projetos do Instituto Tecgraf de Desenvolvimento de Software Técnico-Científico da PUC-Rio. Possui Graduação, Mestrado e Doutorado em Engenharia Elétrica pela Unicamp. Vem atuando principalmente nos seguintes temas: realidade virtual e aumentada, interação 3D, computação gráfica, visão computacional, interação humano-computador e sistemas colaborativos.



Fabrício Badalotti Brandão possui Graduação em Engenharia Elétrica (2002), Mestrado (2004) e Doutorado (2017) em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Possui Mastère Spécialisé em Engenharia Aeronáutica no ISAE, Toulouse, França (2008). Tem experiência em tecnologias de monitoramento e controle remoto aplicadas à extração e produção de petróleo e gás.



João Carlos Espíndola Ferreira é Professor Titular do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Ele possui Mestrado em Engenharia Mecânica (1986) pela PUC-Rio, e Doutorado em Engenharia Mecânica (1991) pela University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST), Reino Unido. Desenvolveu atividades de Pós-Doutorado em Engenharia Industrial e Manufatura na Pennsylvania State University, EUA (1999/2000). Possui experiência em sistemas integrados de manufatura, manufatura sustentável, manufatura enxuta, controle de sistemas de manufatura, gestão de informações sobre a qualidade de produtos e processos, simulação de sistemas de manufatura, programação da produção.



Dieter Schwanke possui Graduação (1996) e Mestrado (2000) em Ciências da Computação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), além de MBA em Administração de Projetos na University of California, Berkeley. Ele trabalha na empresa CEITEC Semiconductors, a suas áreas de interesse abrangem desenvolvimento de software, novos produtos relacionados a semicondutores (design, produção, teste e encapsulamento), RFID, IoT, Smartcards, telecomunicações.



Guilherme Petry Breier possui Mestrado em Engenharia Elétrica (2009) e Doutorado em Engenharia de Produção (2015) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Ele trabalha na empresa CEITEC Semiconductors, e possui experiência em desenvolvimento de produtos, desenvolvimento de circuitos integrados, e aplicações com