

# Estudo de viabilidade do uso do RFID para rastrear EPIs no setor de Transmissão de Energia Elétrica

E. C. Moreira, Jandeildo A. da Silva, David A. Santos e A. S. B. Sombra

**Resumo**—Este artigo foca na análise de viabilidade do uso de identificação por radiofrequência (RFID) no rastreamento dos equipamentos de proteção individual (EPIs) de um operador de manutenção do setor de transmissão de energia elétrica. Para alcançar esse propósito, várias atividades de pesquisa e desenvolvimento foram realizadas, buscando compor um cenário de aplicação da tecnologia RFID que viabilize a identificação automática desses EPIs. As atividades mencionadas consideraram diferentes posicionamentos de antenas e etiquetas inteligentes (*tags*). As tabelas, imagens e gráficos comparativos resumem os resultados de identificação dos itens, levando este trabalho à conclusão sobre a viabilidade da identificação dos EPIs utilizando RFID.

**Palavras-Chave**— Sistemas de Telecomunicações, Redes sem Fio, RFID, Rastreamento, Gerência.

**Abstract**— This paper focuses on the feasibility analysis of radio frequency identification (RFID) to be used in the management of assets of personal protection equipment (EPIs) applied to a power line maintenance operator. In order to improve the management and tracking of EPIs used by this operator during the execution of his duties, several tests were carried out to investigate the possibility of tracking these items using RFID technology. To demonstrate the benefits of using RFID, several tests were performed with different antenna positions and smart tags. The comparative tables, images and graphs summarize the results of the identification of the items, taking this work to the conclusion about the capacity of the tracking of the EPIs using RFID.

**Keywords**—Telecommunications Systems, Wireless Networks, RFID, Tracking, Management.

## I. INTRODUÇÃO

Em [1], a ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, apresenta seus Indicadores de Segurança do Trabalho que mostram a preocupação da distribuidora elétrica com a qualidade do trabalho desenvolvido pelos seus colaboradores. Desses indicadores, vale a pena destacar o número de mortes decorrentes de acidentes de trabalho (funcionários próprios), NMOFUPR, e o número de mortes decorrentes de acidentes de trabalho (funcionários terceirizados), NMOFUTE. Em 2010, respectivamente, os números de cada um desses indicadores eram de 8 e 71. Já em 2015, esses indicadores mostraram uma diminuição ficando com 11 e 55, respectivamente. De qualquer forma, são 66 mortes no total somente em 1 ano. Essas lamentáveis perdas podem ser evitadas se os Equipamentos de Proteção Individual, EPIs, forem corretamente usados em campo, como visto em [2].

RFID é um sistema de identificação automática e captura de dados do inglês *Auto Identification and Data Capture*, ou simplesmente AIDC, que intercambia suas informações usando ondas de radiofrequência, conforme [3], está surgindo como uma ferramenta poderosa para aprimorar a eficácia da gestão de EPIs. Estima-se que até 2020 a tecnologia RFID movimentará cerca de US\$ 13.2 bilhões de dólares, segundo [4].



Fig.1. Configuração básica de um sistema de Identificação por Radiofrequência.

A tecnologia RFID, pode ser usada para automatizar o processo de identificação dos EPIs, por exemplo, possibilitando a obtenção de informações de melhor qualidade sobre esses equipamentos que atualmente são obtidas de forma manual na imensa maioria das situações. Com informações mais qualificadas, os processos de gestão, rastreabilidade e fiscalização se tornam mais eficientes, permitindo que os EPIs estejam de fato protegendo a vida de técnicos do setor elétrico, como visto em [5].

Este trabalho tem como objetivo a condução de um estudo de viabilidade do uso da tecnologia de Identificação por Radiofrequência, RFID, para o rastreamento de EPIs utilizados pelos operadores de manutenção do setor elétrico durante a realização de manutenção de linhas elétricas, com intuito de monitorar e rastrear cada EPI e fazer que esses protejam os referidos trabalhadores de acidentes durante a execução de suas atividades. Os EPIs utilizados nas pesquisas foram fornecidos pela Eletronorte.

Inicialmente, a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho é definida juntamente com os requisitos de projeto. Em seguida, são discutidos desafios relevantes desses esforços investigativos para, em seguida, realizar as pesquisas preliminares que visam nortear qual a melhor posição das antenas e *tags*. Por fim, os testes de validação objetivam consolidar o que foi proposto e, então, são apresentadas considerações finais sobre o uso do RFID na gestão de EPIs utilizados por operadores do setor elétrico.

Edmilson Carneiro Moreira, Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado, IFCE Campus Tauá, Tauá-CE, Brasil, Laboratório de Telecomunicações e Ciência e Engenharia dos Materiais, UFC, Fortaleza-CE, Brasil, E-mail: edmilson.moreira@ifce.edu.br.

Jandeildo Alves da Silva e David Alves Santos, Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado, IFCE campus Tauá, Tauá - CE, Brasil, E-mails: jandeildo.alves@gmail.com, davidtaua12@gmail.com.

Antônio Sérgio Bezerra Sombra Laboratório de Telecomunicações e Ciência e Engenharia dos Materiais, UFC, Fortaleza-CE, E-mail: sombra@ufc.br. Este trabalho

## II. METODOLOGIA DO TRABALHO

O estudo aqui proposto inicia com o estabelecimento de uma série de especificações iniciais, sendo essas necessárias para que um parecer claro sobre a viabilidade possa ser emitido *a posteriori*.

A seguir, são feitas considerações técnicas sobre os itens a serem rastreados e o contexto espacial em que é estabelecida uma zona de leitura para identificação desses através do RFID.

Então, Pesquisas Preliminares são realizadas para compreender melhor a sinergia entre a problemática e a ferramenta tecnológica que compõe a solução e para coletar dados com o intuito de definir um cenário que potencialmente seja viável para identificar automaticamente os EPIs.

Por fim, a etapa de Testes de Validação acolhe o cenário proposto pelas pesquisas preliminares e o posicionam como ponto de partida para que esse seja aperfeiçoado, visando conseguir de fato atestar a viabilidade.

Todas as pesquisas foram realizadas no mesmo ambiente: o LEMA, Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado do IFCE Campus Tauá. Neste recinto, haviam vários outros dispositivos elétricos e eletrônicos funcionando durante a condução das pesquisas, tais como: computadores, telefones celulares, aparelhos de ar condicionado, entre outros.

Antes das pesquisas serem iniciadas, profissionais da Eletronorte proveram as instruções necessárias para operar e manipular os EPIs. A Fig. 4 ilustra um potencial operador equipado com todos os EPIs.



Fig. 2. Operador do setor elétrico equipado com os EPIs e usando uma antena monopolo.

## III. ESPECIFICAÇÕES INICIAIS

O escopo desse trabalho trata do estudo da viabilidade da identificação dos EPIs usados pelo operador do setor elétrico através de um sistema de RFID baseado no padrão ISO 18000-6C, conforme [6]. Dessa forma, será possível gerenciar esses equipamentos de maneira mais eficiente, diminuindo acidentes e óbitos durante o processo de manutenção da rede elétrica.

A fim de estabelecer um ponto de partida para o desenvolvimento desse estudo de viabilidade, alguns requisitos foram estabelecidos. O primeiro deles é identificar automaticamente os EPIs que estão sendo utilizados pelo profissional eletricitista trabalhando em campo através da tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID). Esse cenário pode ser visto na Fig. 2.

O segundo requisito estabelece que o padrão de interface aérea ISO 18000-6C, também conhecido como *EPC Gen2*, que opera no intervalo de frequências entre 902MHz e 928MHz, tendo 915 MHz como sua frequência “central” de funcionamento e a reflexão difusa eletromagnética como seu mecanismo de acoplamento, conforme [3], deve ser utilizado.

O terceiro estabelece que no máximo serão usadas duas antenas para a leitura dos EPIs.

Por fim, fica também estabelecido que pelo menos 50% das tentativas de leitura devem ocorrer para considerar uma etiqueta presente na zona de leitura, sendo este critério baseado na figura *TurnOn Value* estabelecida pela *EPCglobal* para determinar o alcance satisfatório de resposta de uma etiqueta ou grupo de etiquetas [7].

## IV. ZONA DE LEITURA E ITENS RASTREADOS

A leitura dos EPIs que estão sendo usados por um profissional de manutenção do setor elétrico possui uma profunda dependência do ambiente em que a zona de leitura será inserida e da composição dos itens a serem rastreados, pois as ondas eletromagnéticas usadas na comunicação sem fio de um sistema RFID são submetidas a perturbações como absorção, difração e reflexão, dificultando assim o processo de comunicação sem fio em questão.

A zona de leitura estabelecida para o rastreamento dos EPIs tem como centro espacial o corpo humano, massa com aproximadamente 65% de água, substância responsável pela significativa atenuação de energia de ondas eletromagnéticas com frequências próximas a 915MHz e pelo processo de *detuning* das antenas fixadas próximas a massas significativas dessa substância de acordo com [6].



Fig. 3. Leitor de RFID fixo ALR-9900.

Os EPIs a serem rastreados são compostos de múltiplos tipos de materiais, como borracha, plástico, tecido sintético e couro curtido, sendo sua grande maioria “permeáveis” a ondas

de radiofrequência usadas pelo sistema de RFID especificado pelo padrão *EPC Global Gen 2*. Somente os cintos de segurança, que são 2, possuem pequenas partes metálicas que dificultam de maneira mais incisiva o transito dessas ondas eletromagnéticas. Em cada EPI é fixada uma etiqueta inteligente que permite o rastreamento individual de cada um desses equipamentos.

V. PESQUISAS PRELIMINARES

Nas pesquisas preliminares, foram realizados vários testes com a intenção de selecionar o melhor cenário de implementação da tecnologia RFID para identificação dos EPIs, incluindo posicionamento e orientação das antenas do leitor e das etiquetas nos EPIs no corpo de um operador.



Fig.4. Antena Monopolo.

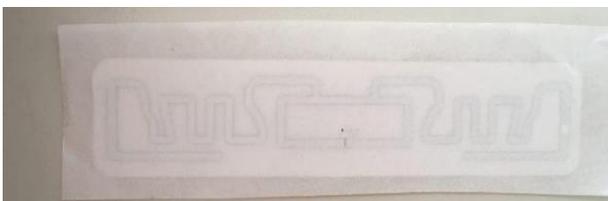
Esses testes usaram 12 EPIs, listados na Tabela I, um leitor de RFID Alien ALR-9900, ilustrado na Fig. 3, juntamente com seu *software* embarcado, dois monopolos comerciais com ganho de 5dBi, sendo um exemplar mostrado na Fig. 4, e três modelos de *tags* diferentes: *Belt*, *DogBone* e *NXP*, apresentados na Fig. 5.



(a) Etiqueta inteligente *Belt* da Smartrac



(b) Etiqueta inteligente *DogBone* da Smartrac



(c) Etiqueta inteligente da NXP.

Fig.5. Etiquetas inteligentes testadas.

Os testes foram realizados com uma antena monopolo fixada no peito, posteriormente na cintura e por fim na perna. Primeiro, essa sequência foi realizada com referida antena orientada

verticalmente, depois, horizontalmente. Esse processo foi repetido para cada um dos três tipos de *tag* individualmente.

Ao todo foram realizados 18 ciclos de testes nas pesquisas preliminares com 30 leituras por ciclo. Caso não seja possível vislumbrar um cenário de viabilidade usando somente um monopolo, o uso de até dois é permitido. A Fig. 6 apresenta o resultado de um desses ciclos de teste. Esse foi feito usando a antena monopolo fixada na perna com orientação vertical usando etiquetas *Belt*.

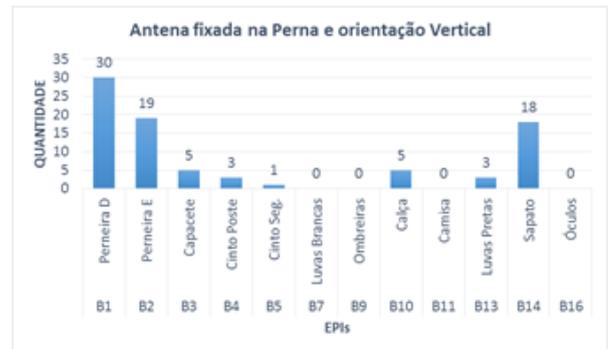


Fig. 6. Testes com *tags Belt* e antena monopolo fixada na Perna.

Os resultados obtidos nas pesquisas preliminares permitiram a percepção de padrões relativamente previsíveis no que diz respeito ao posicionamento da antena monopolo no corpo, sendo esse observável nos três tipos de etiquetas.

Em regra, o padrão mostra que as etiquetas inteligentes identificadas mais eficientemente estavam mais próximas da antena como exemplificado nos resultados apresentados na Fig. 6. O esclarecido, entretanto, foi o alcance de identificação das *tags* presentes nos EPIs. Dessa forma, foi possível constatar que não seria possível cobrir toda a área do corpo do operador usando somente uma antena monopolo, mas duas seriam aparentemente suficientes.

Foi também possível observar a partir dos resultados das pesquisas preliminares que a mudança da orientação da antena monopolo no corpo do operador tem pouco impacto no número de etiquetas identificadas. Dessa forma, deve ser empregada a orientação mais ergonômica para o operador.

Por fim, é visto o desempenho das etiquetas. Se forem analisados tanto os critérios de identificação de *tags* usando o critério da figura *TornOn Value*, como o da leitura efetiva realizada, a melhor etiqueta inteligente é a *DogBone* da *Smartrac*.

Destarte, as pesquisas preliminares entregam aos testes de validação um cenário de implementação de um sistema de RFID baseado no protocolo de interface aérea ISO 18000-6C que é composto de duas antenas monopolos, posicionadas no peito e na perna usando a orientação vertical. Os EPIs são identificados usando a etiqueta inteligente *DogBone* da *Smartrac*.

VI. TESTES DE VALIDAÇÃO

Com a realização das pesquisas preliminares, tornou-se possível identificar o melhor cenário para que de fato possa validar o projeto. A partir dessas pesquisas, puderam ser identificadas quais seriam a melhor orientação e posição de fixação da antena monopolo e das etiquetas, a fim de conseguir, de maneira eficiente e precisa, a rastreabilidade e monitoramento de todos os EPIs que estão sendo utilizados por um operador do setor elétrico.

Como anteriormente explicitado, o cenário proposto a validação utiliza duas antenas monopolo, sendo uma alocada na perna esquerda e outra no centro do peito, ambas com orientação vertical. As tags utilizadas para a validação foram as DogBone. A Fig. 7 ilustra o cenário proposto.



Fig. 7. Operador do setor elétrico equipado com os EPIs e usando duas antenas monopolo.

A Tabela I traz informações referentes a localização das tags nos EPIs utilizados nos testes de validação.

TABELA I. Tabela com EPIs e localização em que a tag está fixada.

EPIs	Localização
Calça	Tag fixada próximo ao joelho esquerdo, ao lado da antena.
Camisa	Tag fixada quase ao centro do peito, ao lado da antena.
Cinto de Segurança Poste	Tag fixada próxima ao encaixe, na parte frontal.
Cinto de Segurança	Tag fixada em uma das alças, na alça direita, próxima da antena.
Perneira Esquerda	Tag fixada na parte superior da perneira, próxima a ponta da antena.
Perneira Direita	Tag fixada internamente no topo da perneira.
Sapatos	Tag fixada próximo aos cadarços.
Óculos	Tag fixada na parte lateral esquerda do óculos.
Luas de Tecido (Brancas)	Tag fixada na parte de cima da mão, próximo ao punho direito.
Luas de Borracha (Pretas)	Tag fixada na parte de cima da mão, próximo ao punho direito

Capacete	Tag fixada na parte inferior da aba frontal do capacete
Ombreiras	Tag fixada na ombreira direita, colada na parte interna do braço.

Esses testes de validação foram realizados com um número arbitrário de 260 leituras, sendo os resultados desses testes apresentados na Fig. 8. É possível perceber que os valores obtidos suplantam significativamente o critério estabelecido na seção III, permitindo assim afirmar que o cenário aqui proposto indica sim que é viável usar RFID para identificar EPIs em um operador do setor elétrico.

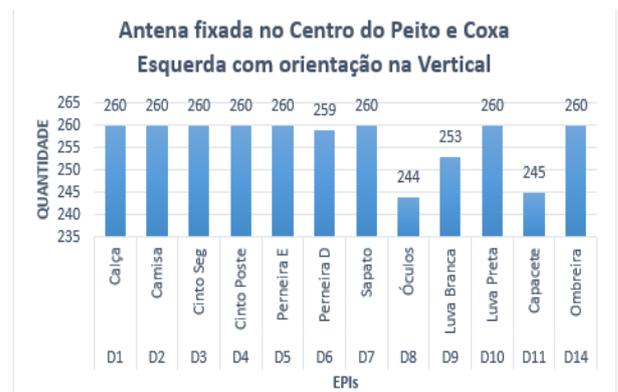


Fig. 8. Teste com tags DogBone com antena fixada no peito e na coxa esquerda.

VII. CONCLUSÕES

De acordo com as pesquisas realizadas, pode-se concluir que, as pesquisas preliminares foram de suma importância para que chegasse em uma melhor orientação tanto da antena como das tags com a finalidade de se ter bons resultados na identificação das tags fixadas nos EPIs. Considerando todas as etiquetas inteligentes, foi obtida uma taxa de detecção/identificação de 98,78%. Já se forem considerados individualmente cada uma das tags fixadas nos EPIs, todas suplantaram os 50% estabelecidos na seção III, tendo como pior resultado os óculos com 93,84% de taxa de detecção/identificação.

Fica evidente que, por meio de pesquisas realizadas neste trabalho, é viável o uso da tecnologia RFID ao ser empregado para o monitoramento de equipamentos de proteção individual utilizados por profissionais eletricitas, o que acarreta em menor custo, maior precisão, maior segurança e melhor gestão desses equipamentos, garantindo que os mesmos de fato sejam utilizados pelos profissionais, permitindo uma redução no número de mortes e acidentes.

Como trabalhos futuros fica clara a necessidade de realizar esse experimento em campo, usando um leitor de RFID móvel, com um operador do setor elétrico desempenhando suas funções. Outra necessidade clara é o desenvolvimento de uma antena de fato “wearable” que consiga pelo menos manter os resultados já conseguidos, e que melhore significativamente a ergonomia de uso do referido artefato de irradiação de ondas eletromagnéticas.

## REFERÊNCIAS

- [1] ANEEL, Indicadores de Segurança do Trabalho. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/IndicadoresSegurancaTrabalho/pe\\_squisaGeral.cfm](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/IndicadoresSegurancaTrabalho/pe_squisaGeral.cfm)>. Acesso em 12 maio de 2017.
- [2] Aguinaldo Bizzo de Almeida, “NORMA REGULAMENTADORA Nº 10”. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/norma-regulamentadora-no-10/>>. Acesso em 21 de março de 2018.
- [3] FINKENZELLER, K., RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Jhon Wiley and Sons, Inc., Third Edition, 2010.
- [4] CISION PR Newswire, RFID Forecasts, Players and Opportunities 2016-2026. Disponível em: <<http://www.prnewswire.com/news-releases/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2016-2026-300220272.html>>. Acesso em 21 de julho de 2017.
- [5] CM CENTER, Gestão e controle de EPIs - Tutorial passo a passo. Disponível em: <<https://cmcenter.com.br/artigos/gestao-e-controle-de-epi-tutorial-passo-a-passo/>>. Acesso em 20 maio de 2017.
- [6] BROWN, M.; PATADIA, S.; DUA, S. Mike Meyers Comptia RFID+ Certification Passport. McGraw-Hill Companies, Inc., 2007.
- [7] Dennis E. Brown, RFID Implementation, McGraw-Hill, First edition,