



RECURSOS DIRECIONADOS PARA A INSPEÇÃO FUNCIONAL AUTOMATIZADA DE FONES DE CABEÇA ESPECÍFICOS COM RASTREABILIDADE INDUSTRIAL POR RFID

José Walter Parquet Bizarria
jwpbiz@gmail.com
UNITAU

Francisco Carlos Parquet Bizarria
fcpbiz@gmail.com
UNITAU

Rogério Ferezin Raposo
rogerio.ferezin@outlook.com
UNITAU

Resumo: Atualmente, observa-se no setor de serviços um destaque para as empresas do segmento de Call Center, cujas centrais de atendimento empregam mais de um milhão de profissionais designados por teleoperadores, sendo indicado para esses o uso de um equipamento chamado de Headset, que em português é Fone de Cabeça. A demanda desses fones de cabeça vai além desse uso profissional, abrangendo dentre outras aplicações, as relacionadas aos jogos eletrônicos cujo mercado potencial no Brasil está no contexto do universo da ordem de dezenas de milhões de jogadores. De forma pertinente ao atendimento da demanda em questão, estão os processos produtivos implementados pelas indústrias fabricantes, que instituem a realização de inspeção funcional dos espécimes na fase final da linha de montagem, para verificação de conformidades às especificações indicadoras de transmissão e recepção de som, visando mitigar as possibilidades de envio de produtos não conformes para os clientes. Relativamente ao exposto e no sentido de contribuir para as atividades de pesquisa e desenvolvimento pertinentes a automatização do citado tipo de inspeção funcional, aplicada à fones de cabeça específicos, desenvolveu-se este trabalho, que trata de abordagem sobre recursos direcionados para essa automatização, com rastreabilidade industrial por meio de identificação por radiofrequência, RFID

(Radio Frequency IDentification). A abordagem realizada e os resultados nos testes práticos permitiram atingir o objetivo proposto, sendo de forma voltada para a conjuntura desse objetivo, oferecida contribuição que favorece o legado das pesquisas e desenvolvimentos afins à automação industrial, cujos segmentos aplicam-se ao tipo de inspeção envolvida no trabalho realizado.

Palavras Chave: Fone de Cabeça - Headset - Inspeção - Rastreabilidade - RFID

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, observa-se no setor de serviços um destaque para as empresas do segmento de *Call Center*, cujas centrais de atendimento atuam nas relações cliente-empresa (SIGNIFICADOS1, 2014), em atividades que incluem vendas, pesquisas e suporte técnico (BELLUNO, 2019). Essas centrais demandam a utilização de sistemas computacionais e equipamentos de telecomunicações, que devem permitir um grande número de chamadas por voz (SIGNIFICADOS1, 2014), sendo essas realizadas por profissionais designados por teleoperadores (ou operadores), cujo número de empregos aumentou expressivamente nos anos mais recentes, ultrapassando a ordem de grandeza de um milhão de profissionais (CAVALLINI, 2012; DINO, 2018). Para o exercício das atividades dos teleoperadores é indicado o uso de um tipo de equipamento conhecido no mercado por *Headset* (DINO, 2018), cujo significado em português é “Fone de Cabeça”, sendo esse basicamente dotado de fone de ouvido e microfone (SIGNIFICADOS2, 2014). A demanda pelos fones de cabeça vai além do uso profissional em *Call Center*, abrangendo dentre outras aplicações, as relacionadas aos jogos eletrônicos cujo mercado potencial no Brasil está no contexto de um universo da ordem de dezenas de milhões de jogadores (PACHECO, 2018).

De forma relacionada ao atendimento dessa demanda estão os processos produtivos implementados pelas indústrias fabricantes de fones de cabeça, que instituem a realização de inspeção funcional dos espécimes na fase final da linha de montagem, para verificação de conformidades às especificações indicadoras de transmissão e recepção de som, visando mitigar as possibilidades de envio de produtos não-conformes para os clientes. No tocante a essa inspeção funcional, realizada de forma manual, destaca-se o emprego de mão de obra dedicada, cuja preservação da integridade do aparelho auditivo do inspetor implica em restrições de tempo de exposição às ondas sonoras geradas pelos fones de cabeça, decorrendo na necessidade de atender normativas aplicáveis, como as relacionadas ao exposto na norma regulamentadora NR-15 (GUIATRABALISTA, 2020), estabelecendo limitantes à produção desse tipo de produto em grande escala. Por outro lado, busca-se para o tipo de inspeção em questão, seguir a atual tendência de automatização visando os correspondentes benefícios como o aumento da produtividade, a redução de custos, a segurança e a melhoria da qualidade (SILVEIRA1, 2020), além de possibilitar a disponibilização dos respectivos dados em meios eletrônicos para aplicações que incluem a rastreabilidade dos espécimes. Porém, de forma correlata à essa automatização, busca-se também o provimento de recursos para aplicações em tecnologias no nível da Indústria 4.0 (BRAZILLAB, 2018).

Relativamente ao exposto e no sentido de contribuir para as atividades de pesquisa e desenvolvimento pertinentes a automatização do citado tipo de inspeção funcional aplicada a fones de cabeça específicos, desenvolveu-se este trabalho, que trata de recursos direcionados para essa automatização, com rastreabilidade industrial (SILVEIRA2, 2020) por meio de identificação por radiofrequência, RFID - *Radio Frequency IDentification* (PUHLMANN, 2015).

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é realizar abordagem sobre recursos direcionados para a inspeção funcional automatizada de fones de cabeça específicos, com rastreabilidade industrial por meio de tecnologia RFID, tendo escopo na abrangência de: (i) fones de cabeça do tipo que pode ser ligado diretamente a telefones empregados em telefonia fixa (cuja linha é conectada à Rede Pública de Telefonia Comutada - RPTC) ou equipamentos compatíveis, possuindo um auscultador supra aural com cápsula receptora, um microfone ligado a circuito eletrônico amplificador, estrutura em forma de arco que suporta o equipamento e pode ser

encaixada na cabeça do usuário para as aplicações afins (deixando as mãos livres para atividades complementares) e, conector para ligação elétrica a telefone ou outros dispositivos compatíveis, no padrão RJ9 (*Registered Jack 9*), macho, com 4 (quatro) vias, sendo duas para transmissão e duas para recepção de sinais relacionados a som; (ii) *transponders* de RFID do tipo passivo, para leitura/escrita e, operação à curta distância. De forma voltada para a conjuntura desse objetivo, busca-se o oferecimento de contribuição que favoreça o legado das pesquisas e desenvolvimentos afins à automação industrial, cujos segmentos aplicam-se ao tipo de inspeção em questão.

3. FONE DE CABEÇA PADRÃO

Para as finalidades de representar o tipo de fone de cabeça cujos modelos são pertinentes a este trabalho, desenvolveu-se um modelo representativo designado por “Fone de Cabeça Padrão” (FDCP), cuja arquitetura é apresentada na Figura 1, sendo seus elementos descritos em parágrafos a seguir. Destaca-se que esse tipo de fone de cabeça poderá ser conectado a equipamentos compatíveis, dentre os quais estão os telefones empregados em telefonia fixa (substituindo o monofone) e, adaptadores que permitem o uso como dispositivo de áudio em computadores pessoais, abrindo as possibilidades de aplicações como jogos eletrônicos e chamadas de voz por VoIP-*Voice over Internet Protocol* (FELITRON, 2020).

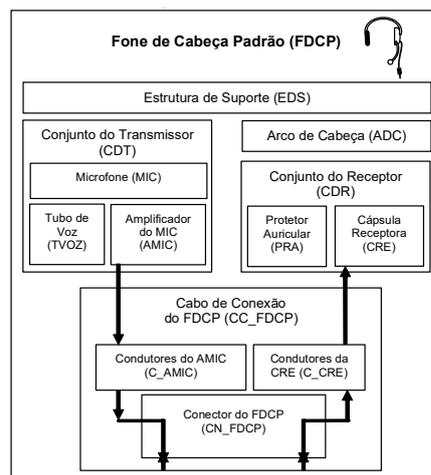


Figura 1: Arquitetura do fone de cabeça padrão.

Fonte: Os Autores (2020)

“**Conjunto do Transmissor**” (CDT). Esse conjunto capta os sons no local onde está localizado o fone de cabeça FDCP e os converte nos respectivos sinais elétricos a serem utilizados em transmissão simultânea oriunda desse local. É composto pelos seguintes elementos:

- a.1) “**Microfone**” (MIC). É o transdutor que converte o som captado pelo fone de cabeça FDCP, em sinal elétrico correspondente, que será enviado para o amplificador AMIC, originando a respectiva transmissão simultânea do local onde ocorre a captação do som. Incorpora em seu invólucro um cilindro para conexão mecânica com o tubo de voz TVOZ (FELITRON, 2020).
- a.2) “**Tubo de Voz**” (TVOZ). É utilizado para a captação de ondas sonoras que atingirão o microfone MIC, permitindo posicionamento da entrada próximo à boca do usuário. Pode ser conectado ou desconectado do cilindro existente no invólucro do microfone MIC, permitindo substituição para finalidades que incluem

higienização e proteção individual de cada usuário. Tem funções de acústica e atenuação de ruídos ambiente (FELITRON, 2020).

- a.3) **“Amplificador do MIC” (AMIC)**. É utilizado para amplificar o sinal elétrico emitido pelo microfone MIC e, também, permitir o acoplamento com os equipamentos compatíveis, no que tange a recepção dos respectivos sinais de transmissões oriundas do microfone MIC (FELITRON, 2020).

“Conjunto do Receptor” (CDR). É o auscultador supra auricular do fone de cabeça FDCP. Esse conjunto realiza a recepção de sinais elétricos e a respectiva conversão em ondas sonoras, servindo para as finalidades de reprodução do som que pode ser oriundo de transmissão simultânea do local onde é captado ou, de gravações. É composto pelos seguintes elementos:

- b.1) **“Cápsula Receptora” (CRE)**. É o transdutor que converte os sinais elétricos recebidos pelo fone de cabeça FDCP, em som correspondente, permitindo a respectiva recepção proporcionada pelo fone de cabeça FDCP (FELITRON, 2020).
- b.2) **“Protetor Auricular” (PRA)**. É utilizado no acoplamento entre o conjunto receptor CDR e a orelha do usuário do fone de cabeça FDCP, tendo funções de conforto, acústicas e firmeza no posicionamento junto ao ouvido externo (FELITRON, 2020).

“Cabo de Conexão do FDCP” (CC_FDCP). Esse cabo tem uma extremidade ligada a estrutura do fone de cabeça FDCP e outra ao conector CN_FDCP. Possui os condutores elétricos pelos quais serão: (i) transmitidos os sinais elétricos do amplificador AMIC, que é excitado pelo microfone MIC; (ii) recebidos os sinais elétricos destinados à cápsula receptora CRE. É composto pelos seguintes elementos:

- c.1) **“Condutores do AMIC” (C_AMIC)**. É o par de condutores elétricos que liga a saída do amplificador AMIC ao conector CN_FDCP.
- c.2) **“Condutores da CRE” (C_CRE)**. É o par de condutores elétricos que liga a cápsula receptora CRE ao conector CN_FDCP.
- c.3) **“Conector do FDCP” (CN_FDCP)**. É o conector existente em uma extremidade do cabo CC_FDCP, cujos terminais têm contato elétrico com os condutores C_AMIC e C_CRE, permitindo a ligação do fone de cabeça FDCP a um telefone empregado em telefonia fixa ou, a um adaptador de conexão com outros dispositivos de áudio, conforme citado anteriormente. Esse conector é do padrão RJ9 (TMGELETRÔNICA, 2020), macho, com 4 (quatro) vias, para ligações dos condutores mencionados neste item, utilizados para a transmissão e recepção de sinais elétricos relativos aos sons emitidos e recebidos pelo fone de cabeça FDCP.

“Estrutura de Suporte” (EDS). Essa estrutura é utilizada para as fixações dos conjuntos do transmissor CDT e do receptor CDR, bem como, do aro de cabeça ADC e do cabo de conexão CC_FDCP, compondo a peça que compreende o fone de cabeça FDCP.

“Aro de Cabeça” (ADC). Esse aro tem efeito mola (FELITRON, 2020) e permite encaixar o fone de cabeça FDCP na cabeça do usuário, para a uso do equipamento, deixando as mãos livres para atividades complementares, incluindo as relativas as Interfaces Homem-Computador (IHC).

4. SISTEMA DE INSPEÇÃO FUNCIONAL AUTOMATIZADA DE FONES DE CABEÇA PADRÃO

Para expor os recursos direcionados à inspeção funcional automatizada de fones de cabeça específicos, com rastreabilidade industrial por RFID, será utilizado o “Sistema de

Inspeção Funcional Automatizada de Fones de Cabeça Padrão” (SIFAF), cuja arquitetura de aplicação é exposta na Figura 2, sendo seus elementos descritos em subseções a seguir. A arquitetura em questão é designada por “Arquitetura de aplicação do SIFAF” (AP_SIFAF).

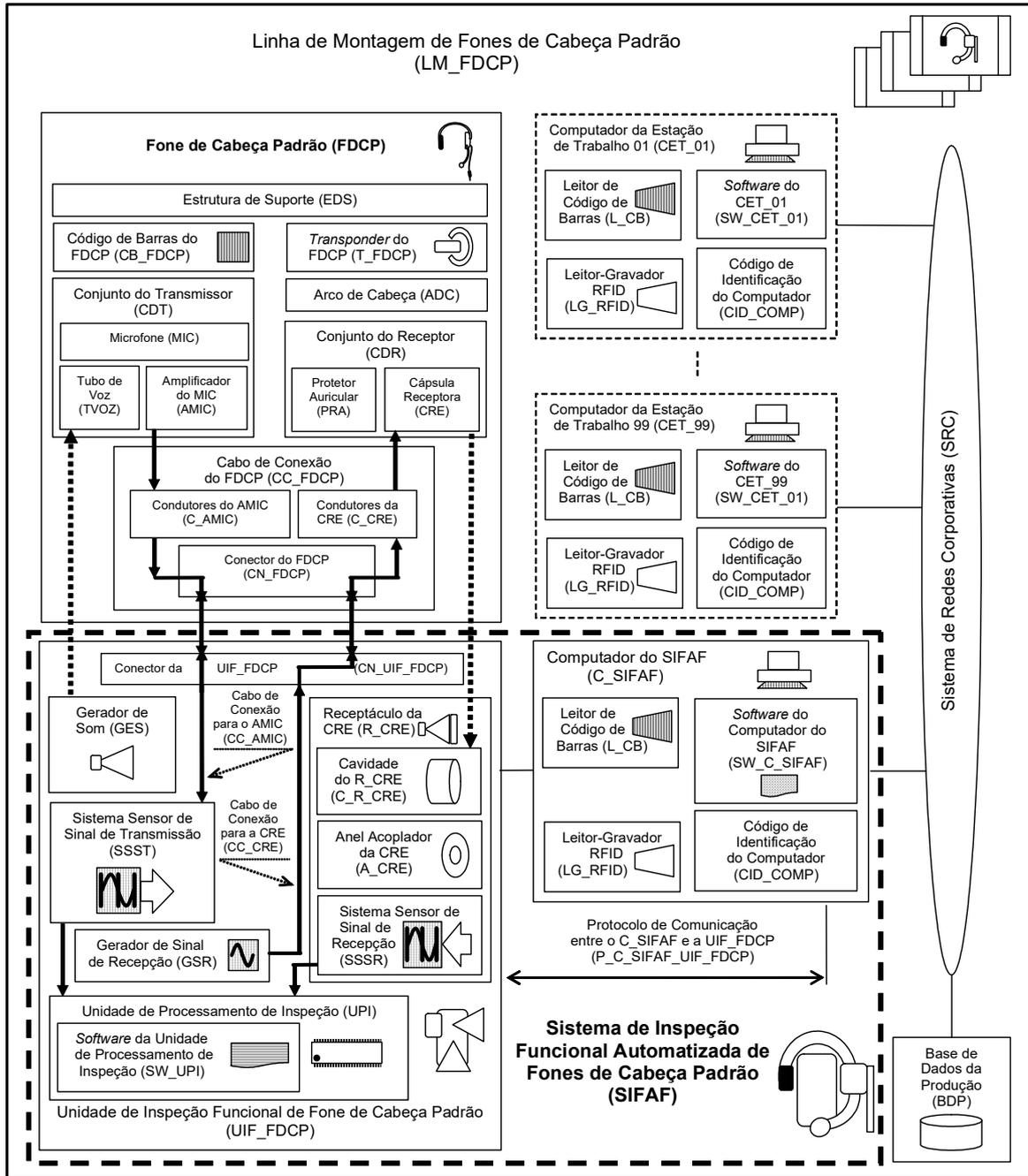


Figura 2: Arquitetura de aplicação do SIFAF.

Fonte: Os Autores (2020)

O sistema de inspeção SIFAF é compreendido pelos elementos contidos no retângulo em tracejado, entretanto, para permitir a realização da respectiva inspeção funcional automatizada, com rastreabilidade industrial por meio de tecnologia RFID, impõem-se para os fones de cabeça FDCP a inclusão do transponder T_FDCP e do código de barras CB_FDCP, cujas especificações são determinadas pelo sistema de inspeção em questão, conforme descrito em subseções a seguir.

4.1. TRANSPONDER DO FDCP

O “*Transponder* do FDCP” (T_FDCP), deverá ser do tipo passivo, para leitura/escrita e, operação à curta distância, possibilitando o armazenamento da “Estrutura de Dados de Rastreabilidade” (EDR) exposta na Tabela 1, cuja codificação dos caracteres deverá ser por criptografia definida pelo controlador do sistema SIFAF, entretanto, para as finalidades de apresentação desse recurso será utilizado, neste trabalho, o código ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). Na tabela em questão há regiões específicas para: (i) identificação do espécime (ID_ESP), permitindo discriminá-los pelo modelo e número de série; (ii) código de identificação comercial (ID_CM), para a qual podem ser utilizados os padrões GTIN (*Global Trade Item Number*), GTIN-8, GTIN-12, GTIN-13 e GTIN-14 (GS1BRASIL, 2020); (iii) para registros de rastreabilidade (REG_01 até REG_29) de operações concluídas, haja vista que somente essas serão armazenadas no *transponder* T_FDCP; (iv) verificação de consistência de dados (VER_CON), por meio de *Checksum*.

Tabela 1: Estrutura de dados de rastreabilidade contida no Transponder do FDCP.

Estrutura de Dados de Rastreabilidade (EDR)						
Região	Sub-região	Organização dos Dados e Descrição das Informações Associadas				
		Ordem dos caracteres			Designação do Campo	Quantidade de Octetos
Identificação do Espécime (ID_ESP)	Modelo	1	...	5	Código do Modelo (COD_MOD)	5
	Número de Série	6	..	15	Representação do Número de Série (REP_NRO_SERIE)	10
Identificação Comercial (ID_CM)	Identificador Comercial	16	..	29	Código de Identificação Comercial (COD_IC)	14
Registro 01 (REG_01)	Estação de Trabalho	30	..	32	Código da Estação de Trabalho (COD_EST)	3
	Operação	33	..	36	Código da Operação (COD_OPE)	4
	Data	37	..	44	Data da Operação (DATA_OPE)	8
	Horário	45	..	48	Horário da Operação (HOR_OPE)	4
	Operador	49	..	54	Código do Operador (COD_OPR)	6
⋮						
Registro 30 (REG_29)	Estação de Trabalho	730	..	732	Código da Estação de Trabalho (COD_EST)	3
	Operação	733	..	736	Código da Operação (COD_OPE)	4
	Data	737	..	744	Data da Operação (DATA_OPE)	8
	Horário	745	..	748	Horário da Operação (HOR_OPE)	4
	Operador	749	..	754	Código do Operador (COD_OPR)	6
Verificação de Consistência (VER_CON)	<i>Checksum Nibble</i> Alto	755			Caractere do <i>Checksum Nibble</i> Alto (CAC_ALTO)	1
	<i>Checksum Nibble</i> Baixo	756			Caractere do <i>Checksum Nibble</i> Baixo (CAC_BAIXO)	1

Fonte: Os Autores (2020)

Conforme se observa na Tabela 1, é permitido o rastreamento de até 29 operações da “Linha de Montagem de Fones de Cabeça Padrão” (LM_FDCP), sendo os dados armazenados nos respectivos registros de sufixos que vão do 01 até o 29 (REG_01 até REG_29). Dentre

essas operações, deve estar aquela relacionada com a inspeção funcional automatizada de fones de cabeça, que é implementada pelo sistema de inspeção funcional SIFAF. Para tanto, o computador do SIFAF, C_SIFAF, e a unidade de inspeção funcional de fone de cabeça padrão, UIF_FDCP, devem ser associadas a uma das estações de trabalho da linha de montagem LM_FDCP. Ressalta-se, que poderão existir mais de um desses pares formados pelo computador C_SIFAF e a unidade de inspeção funcional UIF_FDCP, para as realizações de inspeções em paralelo, de forma a aumentar a produção dos fones de cabeça FDCP.

As estações de trabalho cujas as operações serão rastreadas, devem possuir um computador que permita a gravação das respectivas informações no *transponder* T_FDCP. Assim sendo, de forma pertinente à essas possibilidades, as representações dos computadores das estações de trabalho, cujos sufixos podem ir de 01 até 99 (CET_01 até CET_99), aparecem em tracejado na arquitetura de aplicação AP_SIFAF (Figura 2), indicando que poderão ou não, existir em cada estação de trabalho. Entretanto, cada estação de trabalho poderá possuir mais de um computador associado, sendo esses discriminados pelo “Código de Identificação do Computador” (CID_COMP), que distingue todos os computadores utilizados na linha de montagem LM_FDCP, incluindo os dedicados ao sistema SIFAF (C_SIFAF). Também é possível aos computadores das estações de trabalho, realizar a função do computador C_SIFAF, desde que possuam os recursos de *hardware* adequados e, permitam a instalação e execução do *software* SW_C_SIFAF.

Os dados da Tabela 1, permitem obter informações de rastreabilidade industrial do fone de cabeça FDCP, incluindo as da respectiva inspeção funcional automatizada, mesmo nos casos de perda ou danos ao código de barras CB_FDCP. De forma estendida, esses dados podem ser utilizados por diversos sistemas afins, para finalidades de informações históricas, de localização e de estado, de cada espécime na cadeia de suprimentos (OPTTEL, 2020).

4.2. CÓDIGO DE BARRAS DO FDCP

Para o “Código de barras do FDCP” (CB_FDCP), poderá ser utilizado o padrão do “Código 39” (DA SILVA, 1989) ou do QR Code - *Quick Response Code* (XAVIER, 2014), de forma a permitir a representação dos dados da região de identificação do espécime, ID_ESP, descritos na Tabela 1. Uma das funções desse código de barras é verificar se os dados em questão são os mesmos existentes, respectivamente, no *transponder* T_FDCP, determinando se a identificação externa relativa ao código de barras, está correta com relação a interna, indicada pelo *transponder*. Entretanto, o código de barras CB_FDCP poderá ser utilizado nos casos em que não for exigida a leitura do *transponder*, como, por exemplo, em movimentação de material com a utilização de leitores de código de barras.

4.3. COMPUTADOR DO SIFAF

O “Computador do SIFAF” (C_SIFAF) é utilizado pelo usuário para comandar as realizações das inspeções funcionais automatizadas dos fones de cabeça FDCP, efetuadas pela unidade de inspeção UIF_FDCP, sendo executado o “Procedimento Operacional de Inspeção de Funcional de Fone de Cabeça Padrão” (POI_FDCP), representado pelo fluxograma analítico exposto na Figura 3. Esse procedimento envolve comunicação de dados regida pelo “Protocolo de Comunicação entre o C_SIFAF e a UIF_FDCP” (P_C_SIFAF_UIF_FDCP), que é proprietário e aplicado ao sistema SIFAF.

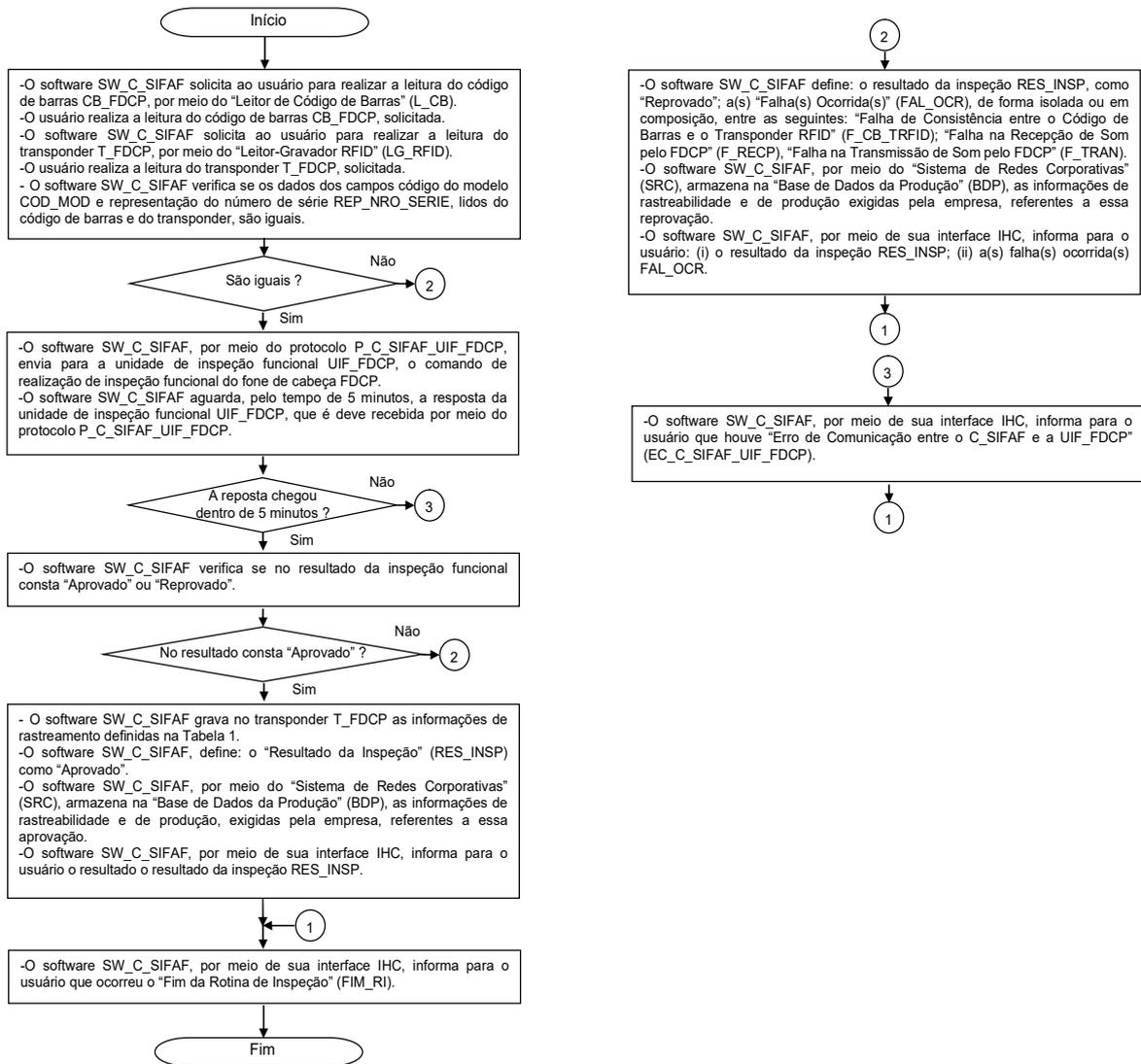


Figura 3: Fluxograma analítico representativo do procedimento POI_FDCP.
Fonte: Os Autores (2020)

4.4. UNIDADE DE INSPEÇÃO FUNCIONAL DE FONE DE CABEÇA PADRÃO

A “Unidade de Inspeção Funcional de Fone de Cabeça Padrão” (UIF_FDCP), realiza os procedimentos para as verificações de conformidades de medidas de amplitude e frequência, de sinais elétricos oriundos de excitações sonoras do microfone MIC e da cápsula receptora CRE, sendo essas verificações, respectivamente, utilizadas como indicadores de transmissão e recepção de som, visando mitigar as possibilidades de envio de produtos não-conformes para os clientes.

Para realizar essas verificações de conformidades, o fone de cabeça FDCP precisa ser conectado a unidade de inspeção funcional UIF_FDCP, por meio de encaixe do conector CN_FDCP ao “Conector da UIF_FDCP” (CN_UIF_FDCP) que é do padrão RJ9, fêmea, com 4 (quatro) vias, para ligações dos condutores do “Cabo de Conexão para o AMIC” (CC_AMIC) e do “Cabo de Conexão para a CRE” (CC_CRE). O primeiro interliga a saída do amplificador AMIC a entrada do “Sistema Sensor de Sinal de Transmissão” (SSST). O segundo interliga a saída do “Gerador de Sinal de Recepção” (GSR) a cápsula de recepção CRE.

As verificações de conformidades das medidas de amplitude e frequência, relacionadas às excitações sonoras do microfone MIC, envolvem os seguintes parâmetros:

- d.1) V_{MTPS_AMIC} [mV]. Esse termo representa a variável que corresponde a “Medida da Tensão de Pico na Saída do Amplificador AMIC”, em milivolt, referente a uma senoide cuja frequência têm os valores de referência e tolerância descritos no item “d.4”. A medida em questão é realizada pela “Unidade de Processamento de Inspeção” (UPI), que lê a saída do sistema sensor de sinal de transmissão SSST.
- d.2) $V_{VRTPS_AMIC} \pm T_{VRTPS_AMIC}$ [mV]. O termo V_{VRTPS_AMIC} representa o “Valor de Referência da Tensão de Pico para a Saída do Amplificador AMIC”. O termo T_{VRTPS_AMIC} representa a “Tolerância para o Valor de Referência da Tensão de Pico à Saída do Amplificador AMIC”. Ambos os parâmetros são definidos em função das características elétricas do modelo de fone de cabeça FDCP, sendo esses configurados na unidade de processamento de inspeção UPI.
- d.3) F_{MFS_AMIC} [kHz]. Esse termo representa a variável que corresponde a “Medida da Frequência na Saída do Amplificador AMIC”, em quilohertz, referente a uma senoide de cuja tensão de pico têm os valores de referência e tolerância descritos no item “d.2”. A medida em questão é realizada pela unidade de processamento de inspeção UPI, que lê a saída do “Sistema Sensor de Sinal de Transmissão” (SSST).
- d.4) $F_{VRFS_AMIC} \pm T_{VRFS_AMIC}$ [kHz]. O termo F_{VRFS_AMIC} representa o “Valor de Referência da Frequência à Saída do Amplificador AMIC”. O termo T_{VRFS_AMIC} representa a “Tolerância para o Valor de Referência da Frequência à Saída do Amplificador AMIC”. Ambos os parâmetros são definidos em função das características elétricas do modelo de fone de cabeça FDCP, sendo esses configurados na unidade de processamento de inspeção UPI.

As verificações de conformidades das medidas de amplitude e frequência, relacionadas às excitações sonoras cápsula receptora CRE, envolvem os seguintes parâmetros:

- e.1) V_{MTPIS_SSSR} [mV]. Esse termo representa a variável que corresponde a “Medida da Tensão de Pico Indicada na Saída do Sistema Sensor de Sinal de Recepção”, em milivolt, referente a uma senoide cuja frequência têm os valores de referência e tolerância descritos no item “e.4”. A medida em questão é realizada pela unidade de processamento de inspeção UPI, que lê a saída do “Sistema Sensor de Sinal de Recepção” (SSSR).
- e.2) $V_{VRTPIS_SSSR} \pm T_{VRTPIS_SSSR}$ [mV]. O termo V_{VRTPIS_SSSR} representa o “Valor de Referência da Tensão de Pico Indicada na Saída do Sistema Sensor de Sinal de Recepção”. O termo T_{VRTPIS_SSSR} representa a “Tolerância para o Valor de Referência da Tensão de Pico Indicada à Saída do Sistema Sensor de Sinal de Recepção”. Ambos os parâmetros são definidos em função das características elétricas do modelo de fone de cabeça FDCP, sendo esses configurados na unidade de processamento de inspeção UPI.
- e.3) F_{MFIS_SSSR} [kHz]. Esse termo representa a variável que corresponde a “Medida da Frequência Indicada na Saída do Sistema Sensor de Sinal de Recepção”, em quilohertz, referente a uma senoide de cuja tensão de pico têm os valores de referência e tolerância descritos no item “e.2”. A medida em questão é realizada pela unidade de processamento de inspeção UPI, que lê a saída do sistema sensor de sinal de recepção SSSR.

- e.4) $F_{VRFIS_SSSR} \pm T_{VRFIS_SSSR}$ [kHz]. O termo F_{VRFIS_SSSR} representa o “Valor de Referência da Frequência Indicada à Saída do Sistema Sensor de Sinal de Recepção”. O termo T_{VRFIS_SSSR} representa a “Tolerância para o Valor de Referência da Frequência Indicada à Saída do Sistema Sensor de Sinal de Recepção”. Ambos os parâmetros são definidos em função das características elétricas do modelo de fone de cabeça FDCP, sendo esses configurados na unidade de processamento de inspeção UPI.

4.4.1 PROCESSO DE MEDIÇÕES DA TENSÃO DE PICO E FREQUÊNCIA NA SAÍDA DO AMPLIFICADOR AMIC

O “Processo de Medições da Tensão de Pico e Frequência na Saída do Amplificador AMIC” (PMTFS_AMIC), compreende a seguinte sequência:

- f.1) A unidade de processamento de inspeção IPI liga o “Gerador de Som” (GES), que produz ondas sonoras de frequência dentro dos valores de $F_{VRFS_AMIC} \pm (T_{VRFS_AMIC} / 2)$ [kHz] e, pressão adequada para a excitação do microfone MIC cujo tubo de voz TVOZ está inserido em câmara do citado gerador som, isolando o circuito de som ambiente.
- f.2) As ondas sonoras emitidas pelo gerador GES excitam o microfone MIC, que converte o som captado em sinal elétrico correspondente, que é enviado para o amplificador AMIC.
- f.3) O amplificador AMIC amplia o sinal elétrico emitido pelo microfone MIC, e transmite para a entrada no sistema sensor do sinal de transmissão SSST, por meio de acoplamento elétrico entre a saída do amplificador e a entrada do sistema sensor (considera-se que casamento de impedâncias entre esses componentes é adequado para as finalidades do sistema SIFAF).
- f.4) O sistema sensor do sinal de transmissão SSST, obtém do sinal de entrada os valores de tensão de pico e período, e os converte em padrões de sinais de saída, que correspondem as leituras desses parâmetros, sendo esses enviados para a unidade de processamento de inspeção IPI, por meio de acoplamento entre a saída desse sistema sensor e a entrada da unidade de processamento (considera-se que a conexão entre os componentes atende os padrões adotados para os sinais de saída).
- f.5) A unidade de processamento de inspeção IPI, lê os sinais de saída do sistema sensor do sinal de transmissão SSST e armazena as medidas, respectivamente, nas variáveis V_{MTPS_AMIC} e F_{MFS_AMIC} . Após, desliga o gerador de som GES.

4.4.2 PROCESSO DE MEDIÇÕES DA TENSÃO DE PICO E DA FREQUÊNCIA INDICADAS NA SAÍDA DO SISTEMA SENSOR SSSR

O “Processo de Medições da Tensão de Pico e da Frequência Indicadas na Saída do Sistema Sensor SSSR” (PMTFIS_SSSR), compreende a seguinte sequência:

- g.1) A unidade de processamento de inspeção IPI liga o “Gerador de Sinal de Recepção” (GSR), que produz sinais elétricos de frequência dentro dos valores de $F_{VRFIS_SSSR} \pm (T_{VRFIS_SSSR} / 2)$ [kHz] e, amplitude adequada para a excitação da cápsula receptora CRE cujo conjunto do receptor CDR está inserido no “Receptáculo da CRE” (R_CRE). Essa inserção ocorre na “Cavidade do R_CRE” (C_R_CRE), havendo acoplamento mecânico com o sistema sensor de sinal de recepção SSSR, através do “Anel Acoplador da CRE” (A_CRE). Esse acoplamento permite que o

som emitido pela cápsula CRE excite o sistema sensor SSSR, havendo isolamento de som ambiente.

g.2) As ondas sonoras emitidas pela cápsula receptora CRE excitam o sistema sensor SSSR, que converte o som captado em sinal elétrico correspondente. O sistema sensor obtém desse sinal os valores de tensão de pico e período, e os converte em padrões de sinais de saída, que correspondem as leituras desses parâmetros, sendo esses enviados para a unidade de processamento de inspeção IPI, por meio de acoplamento entre a saída desse sistema sensor e a entrada da unidade de processamento (considera-se que a conexão entre os componentes atende os padrões adotados para os sinais de saída).

g.3) A unidade de processamento de inspeção IPI, lê os sinais de saída do sistema sensor do sinal de recepção SSSR e armazena as medidas, respectivamente, nas variáveis V_{MTPIS_SSSR} e F_{MFIS_SSSR} . Após, desliga o gerador de sinal de recepção GSR.

4.4.3 PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO FUNCIONAL DE FONE DE CABEÇA PADRÃO

O “Procedimento de Inspeção Funcional de Fone de Cabeça Padrão” (PIF_FDCP), é realizado pela “Unidade de Processamento de Inspeção” (UPI), por meio de implementação do “Software da Unidade de Processamento de Inspeção” (SW_UPI). A representação desse procedimento é realizada pelo fluxograma analítico exposto na Figura 4. Esse procedimento envolve: (i) a comunicação de dados regida pelo protocolo de comunicação P_C_SIFAF_UIF_FDCP; (ii) os processos de medições de tensões de pico e frequências, PMTFS_AMIC e PMTFIS_SSSR.

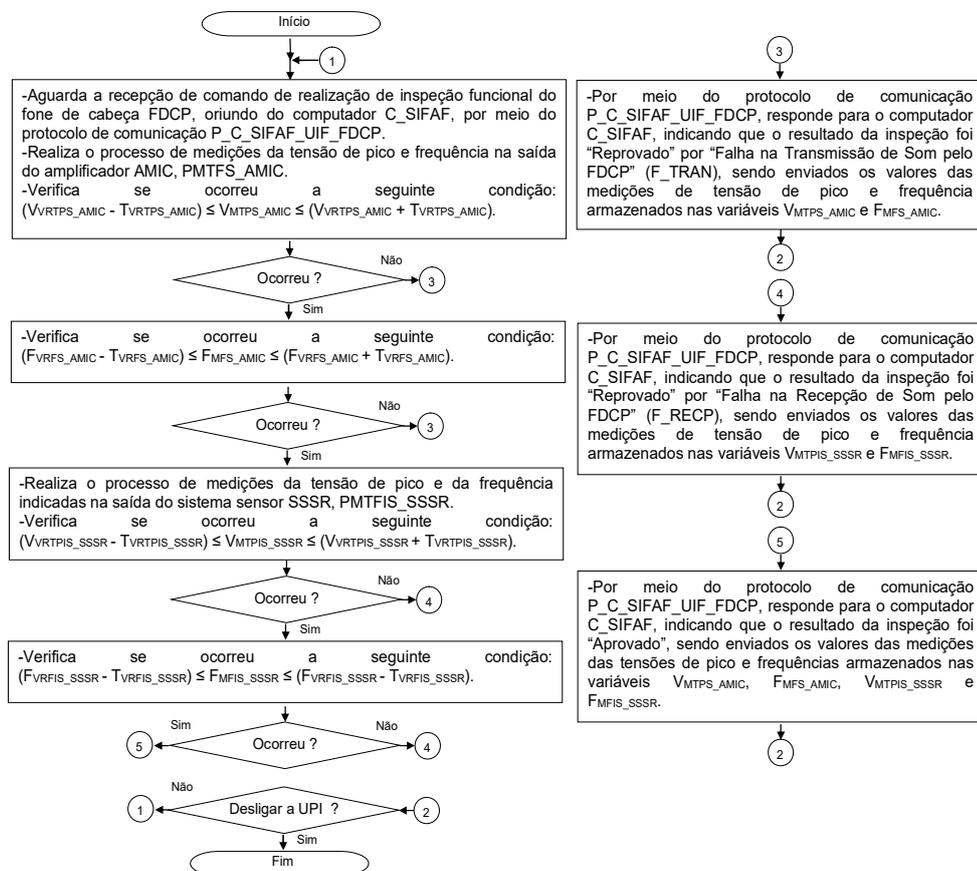


Figura 4: Fluxograma analítico representativo do procedimento PIF_FDCP.

Fonte: Os Autores (2020)

5. PROTÓTIPOS E TESTES PRÁTICOS

Os protótipos e testes práticos apresentados nesta seção são dedicados ao propósito de avaliar a validação dos princípios de funcionamento de elementos do sistema de inspeção funcional automatizada de fones de cabeça padrão SIFAF, que também permite a rastreabilidade industrial por RFID.

Apresenta-se na Figura 5, imagem dos protótipos utilizados para representar elementos do sistema de inspeção SIFAF e o fone de cabeça padrão FDCCP. Os componentes utilizados para esses protótipos são: fone de cabeça modelo Epko Compact, da marca FELITRON (FELITRON, 2020) – FDCCP; calibrador para dosímetro e decibelímetros modelo CAL-4000, da marca Instrutherm (INSTRUTHERM, 2020), comercializado pela Insmart Comércio de Equipamentos Ltda. (INSMART, 2020) – GES; kit gerador de sinais/funções modelo XR2206 1Hz-1MHz DIY, comercializado pela ELETROGATE (ELETROGATE1, 2020) – GSR; sensor de som com comparador LM393, comercializado pela Curto Circuito Componentes Eletrônicos Ltda. (CURTOCIRCUITOCOMPONENTES, 2020) – SSST; receptáculo obtido pelos Autores de confecção em impressora 3D – R_CRE; composição do sensor de som com comparador LM393, comercializado pela Curto Circuito Componentes Eletrônicos Ltda, com o módulo amplificador operacional LM358, comercializado pela Multilógica Comércio de Materiais Elétricos e Serviços Ltda. (MULTILÓGICA, 2020) – SSSR; Arduino Uno R3, comercializado pela ELETROGATE (ELETROGATE2, 2020) - UPI; Notebook Positivo Motion C4500D, da marca POSITIVO (POSITIVO, 2020) – C_SIFAF; versão do *Software* SW_UPI, desenvolvida em linguagem C++, utilizando o IDE (*Integrated Development Environment*) do Arduino (ARDUINOSOFTWARE, 2020); versão do *Software* SW_C_SIFAF, desenvolvida em linguagem Python (PYTHON, 2018), utilizando o IDE PyCharm Community Edition 2020.1.3 (PYCHARM, 2020); código de barras no padrão do Código 39 – CB_FDCCP; leitor para código de barras Twncó, comercializado pela FACISLITO (FACISLITO, 2020) - L_CB; Tag Chaveiro Rfid Programável Mifare 13,56Mhz, comercializado pela FilipeFlop Componentes Eletrônico (FILIPEFLOP2, 2020) - T_FDCCP; Leitor RFID 125Khz USB, comercializado pela FilipeFlop Componentes Eletrônico (FILIPEFLOP1, 2020) - LG_RFID.

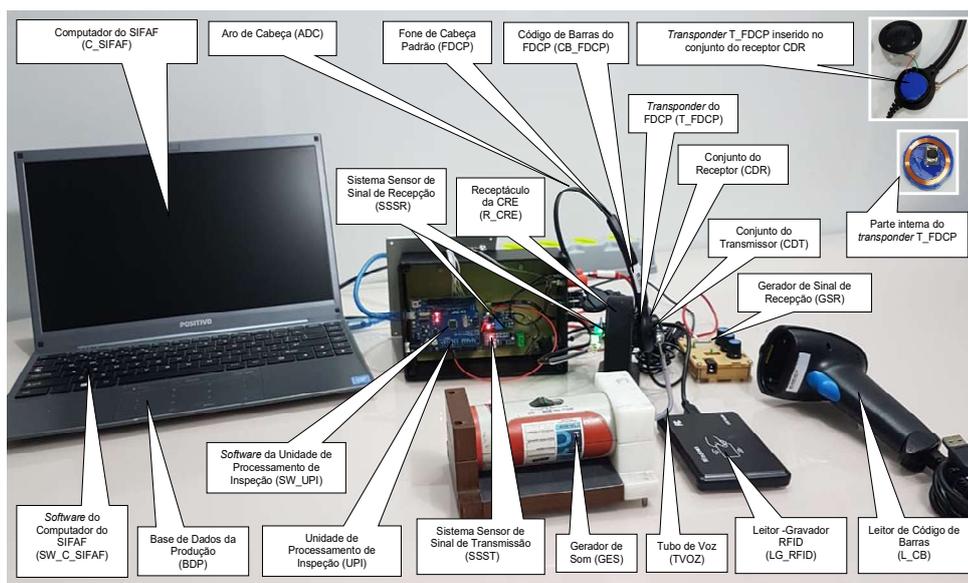


Figura 5: Protótipos para representar elementos do sistema de inspeção SIFAF e o fone de cabeça FDCCP.

Fonte: Os Autores (2020)

No que tange a realização da inspeção funcional realizada pelo sistema SIFAF representado por meio dos protótipos em questão, definiu-se os seguintes valores de referências para as tensões de pico e frequências, relacionadas às excitações sonoras do microfone MIC e da cápsula receptora CRE: (i) $V_{VRTPS_AMIC} = 20 \text{ mV}$, $T_{VRTPS_AMIC} = 5 \text{ mV}$, $F_{VRFS_AMIC} = 1 \text{ kHz}$ e $T_{VRFS_AMIC} = 0,1 \text{ kHz}$; (ii) $V_{VRTPIS_SSSR} = 100 \text{ mV}$, $T_{VRTPIS_SSSR} = 50 \text{ mV}$, $F_{VRFIS_SSSR} = 1 \text{ kHz}$ e $T_{VRFIS_SSSR} = 0,1 \text{ kHz}$.

Os primeiros testes foram realizados utilizando-se o protótipo do fone de cabeça FDCP, na condição de “Aprovado”, sendo verificado o funcionamento dos protótipos pertencentes ao sistema de inspeção SIFAF. Posteriormente, foram realizados testes com o protótipo do fone de cabeça FDCP modificado, de maneira a produzir as diferentes condições de “Reprovado” expostas nos fluxogramas analíticos representativos dos procedimentos PIF_FDCP e POI_FDCP, sendo para cada uma dessas condições verificado o funcionamento dos protótipos pertencentes ao sistema de inspeção SIFAF. Na última fase dos testes provocou-se a falha de comunicação entre o computador C_SIFAF e a unidade de inspeção funcional UIF_FDCP, sendo verificado o funcionamento dos protótipos pertencentes ao sistema de inspeção SIFAF para as respectivas condições expostas nos fluxogramas analíticos representativos do procedimentos PIF_FDCP e POI_FDCP.

Em todas as situações de testes descritas anteriormente, os protótipos pertencentes ao sistema de inspeção SIFAF funcionaram conforme o previsto, apresentando resultados satisfatórios e validando os princípios de funcionamentos dos elementos abordados na seção “4”.

6. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizada abordagem sobre recursos direcionados para a inspeção funcional automatizada de fones de cabeça específicos, com rastreabilidade industrial por meio de tecnologia RFID, tendo escopo na abrangência de: (i) fones de cabeça do tipo que pode ser ligado diretamente a telefones empregados em telefonia fixa ou equipamentos compatíveis, possuindo um auscultador supra auricular com cápsula receptora, um microfone ligado a circuito eletrônico amplificador, estrutura em forma de arco que suporta o equipamento e pode ser encaixada na cabeça do usuário para as aplicações afins (deixando as mãos livres para atividades complementares) e, conector para ligação elétrica a telefone ou outros dispositivos compatíveis, no padrão RJ9, macho, com 4 (quatro) vias, sendo duas para transmissão e duas para recepção de sinais relacionados a som; (ii) *transponders* de RFID do tipo passivo, para leitura/escrita e, operação à curta distância.

Os protótipos e os testes práticos permitiram validar os princípios de funcionamentos dos elementos de um sistema, que representam os recursos objetos da citada abordagem, haja vista que esses funcionaram conforme o previsto, apresentando resultados satisfatórios.

A abordagem realizada e os resultados nos testes práticos permitiram atingir o objetivo proposto, sendo de forma voltada para a conjuntura desse objetivo, oferecida contribuição que favorece o legado das pesquisas e desenvolvimentos afins à automação industrial, cujos segmentos aplicam-se ao tipo de inspeção envolvida no trabalho realizado.

6. REFERÊNCIAS

ARDUINOSOFTWARE, ARDUINO. Software - Download the Arduino IDE. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/main/software>>. Acesso em: 12/01/2020.

BELLUNO, BELLUNO. Entenda o que é um call center, sua importância e como funciona. Página de *Internet*. 2019. Disponível em <<https://www.bellunotec.com.br/blog/entenda-o-que-e-um-call-center-sua-importancia-e-como-funciona/>>. Acesso em: 03/08/2019.



BRAZILLAB, BrazilLAB. Programa Rumo à Indústria 4.0: uma iniciativa importante, mas que não pode ser isolada. 2018. Página de *Internet*. Disponível em: <https://brazillab.org.br/noticias/programa-rumo-a-industria-4-0?utm_term=%2Bindustria%204.0&utm_campaign=Not%C3%ADcias&utm_source=adwords&utm_medium=p pc&hsa_acc=4700796946&hsa_cam=2078955567&hsa_grp=77752835238&hsa_ad=374098325250&hsa_src=g &hsa_tgt=kwd-338558475073&hsa_kw=%2Bindustria%204.0&hsa_mt=b&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=EAIAIQobChMIgpCo_vKz6gIVhliRCh31twP3EAAAYBCAAEgKX__D_BwE#>. Acesso em: 21/06/2020.

CAVALLINI, M. Telemarketing emprega 1,4 milhão no país; veja como é o trabalho no setor. Página de *Internet* do Sítio G1 da Globo Comunicação e Participações S.A. 2012. Disponível em <<http://g1.globo.com/concursos-e-emprego/noticia/2012/10/telemarketing-emprega-14-milhao-no-pais-veja-como-e-o-trabalho-no-setor.html>>. Acesso em: 05/08/2019.

CURTOCIRCUITOCOMPONENTES, Curto Circuito Componentes Eletrônicos Ltda. Sensor de Som. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://www.curtocircuito.com.br/sensor-de-som.html>>. Acesso em: 20/01/2020.

DA SILVA, V. L. P. Aplicações práticas do código de barras. São Paulo: Livraria Nobel S. A., 1989

DINO, DINO - Divulgador de Notícias. Em crescimento, setor de telemarketing depende do uso correto dos headsets. Matéria publicada em página de *Internet* no sítio da EXAME, Abril Mídia S. A. 2018. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/dino/em-crescimento-setor-de-telemarketing-depende-do-uso-correto-dos-headsets/>>. Acesso em: 03/08/2019.

ELETROGATE1, ELETROGATE. Kit Gerador de Sinais/Fuções XR2206 1Hz-1MHz DIY. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/kit-gerador-de-funcao-xr2206-1hz-1mhz-diy>>. Acesso em: 20/01/2020.

ELETROGATE2, ELETROGATE. Uno R3 SMD CH340. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/uno-r3-smd-ch340-cabo-usb-para-arduino>>. Acesso em: 12/01/2020.

FACISLITO, FACISLITO. Leitor para código de barras Twncosom suporte. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://www.facislito.com.br/leitor-de-codigo-de-barras/leitor-de-codigo-de-barras-twincom>>. Acesso em: 23/01/2020.

FELITRON, FELITRON. DATASHEET – Epko Series. Disponível em: <<http://www.felitron.com.br/web/datasheet/portugues/epkoseries.pdf>>. Acesso em: 21/02/2020.

FILIPEFLOP1, FilipeFlop Componentes Eletrônico. Leitor RFID 125Khz USB. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/leitor-rfid-125khz-usb/#tab-description>>. Acesso em: 23/01/2020.

FILIPEFLOP2, FilipeFlop Componentes Eletrônico. Tag Chaveiro Rfid Programável Mifare 13,56Mhz. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/tag-chaveiro-rfid-programavel-mifare-1356mhz/>>. Acesso em: 23/01/2020.

GS1BRASIL, GS1 BRASIL. GTIN - Número global do item comercial. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://www.gs1br.org/codigos-e-padres/chaves-de-identificacao/gtin>>. Acesso em: 15/06/2020.

GUIATRABALHISTA, GUIA TRABALHISTA. NORMA REGULAMENTADORA 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES - ANEXO I - LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUIDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE. Página de *Internet*. 2014. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15_anexoI.htm>. Acesso em: 20/06/2020.

INSMART, Insmart Comércio de Equipamentos Ltda. Calibrador para Dosímetro e Decibélimetros mod. CAL-4000 / Nível 94 e 114dB. Página de *Internet*. Disponível em: <<http://www.insmart.com.br/produto/seguranca-do-trabalho/dosimetros/674-calibrador-para-dosimetro-e-decibelimetros-modcal-4000nivel-94-e-114db>>. Acesso em: 18/01/2020.

INSTRUTHERM, Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda. Home Page. Sítio de *Internet*. Disponível em: <<https://www.instrutherm.net.br/>>. Acesso em: 17/01/2020.

MULTILÓGICA, Multilógica Comércio de Materiais Elétricos e Serviços Ltda. Módulo amplificador operacional LM358. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://multilogica-shop.com/modulo-amplificador-operacional-lm358>>. Acesso em: 20/01/2020.

OPTEL, OPTEL GROUP. RASTREABILIDADE: COMO FUNCIONA. Página de *Internet*. Disponível em: <https://www.optelgroup.com.br/rastreabilidade-de-produtos/?gclid=EAIAIQobChMIIm-eb7PnE6gIVTQWRCh0vRA3dEAAAYASAAEgKHVfD_BwE>. Acesso em: 15/06/2020.



PACHECO, P. Mercado de games no Brasil cresce, apesar da crise. Página de Internet do Sítio EM.com.br - Jornal Estado de Minas. 2018. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2018/07/24/internas_economia,975277/mercado-de-games-no-brasil-cresce-apesar-da-crise.shtml>. Acesso em: 04/08/2019.

POSITIVO, POSITIVO. Notebook Positivo Motion C4500D Intel® Celeron® Windows 10 Home 14” - Cinza. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://loja.meupositivo.com.br/notebook-positivo-motion-c4500d-intel-celeron-500gb-4gb-windows-10-home-14-cinza/p#especificacoes-tecnicas>>. Acesso em: 12/01/2020.

PUHLMANN, H. F. W. Introdução à tecnologia de identificação RFID. 2015. Página de *Internet* do Sítio da Embarcados. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/introducao-a-rfid/>>. Acesso em: 21/08/2019.

PYCHARM, PyCharm Community Edition 2020.1.3. PyCharm – Community - Open source gratuito. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://www.jetbrains.com/pt-br/pycharm/download/download-thanks.html?platform=windows&code=PCC>>. Acesso em: 20/05/2020.

PYTHON, python™. Python 3.7.0. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://www.python.org/downloads/release/python-370/>>. 2018. Acesso em: 23/01/2020.

SIGNIFICADOS1, SIGNIFICADOS. Significado de Call Center. Página de *Internet*. 2014 Disponível em: <<https://www.significados.com.br/call-center/>>. Acesso em: 03/08/2019.

SIGNIFICADOS2, SIGNIFICADOS. Significado de Headset. Página de *Internet*. 2014. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/headset/>>. Acesso em: 03/08/2019.

SILVEIRA1, B. C. Sete benefícios conquistados através da Automação Industrial. Página de *Internet* do Sítio da Citisystems Automação Industrial. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/sete-beneficios-automacao-industrial/>>. Acesso em: 15/06/2020.

SILVEIRA2, B. C. O que é Rastreabilidade. Página de *Internet* do Sítio da Citisystems Automação Industrial. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/o-que-e-rastreabilidade/>>. Acesso em: 15/06/2020.

TMGELETRÔNICA, TMG Comércio de Componentes Eletrônicos Ltda. CONECTOR RJ9 MACHO, Modular Jacks e Plugs Headset Conector Rj9, straight Transparent - 2 OU 4VIAS. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://tmgeletronica.com.br/Produto-ADAPTADORES-E-TOMADAS-Telefonia-E-Sistema-de-Rede--CONECTOR-RJ9-MACHOModular-Jacks-e-Plugs-Headset-Conector-Rj9-straight-Transparent---2-OU-4VIAS-versao-1054-1054.aspx>>. Acesso em: 21/06/2020.

XAVIER, F. QR Code: entenda o que é e como funciona o código. 2014. Página de *Internet*. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2011/03/um-pequeno-guia-sobre-o-qr-code-uso-e-funcionamento.html>>. Acesso em: 21/06/2020.