

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

WELINGTON LUIS CODINHOTO GARCIA

**TEDS-EASY - DESCRIÇÃO AUTOMÁTICA DE TRANSDUCER
ELECTRONIC DATA SHEET**

WELINGTON LUIS CODINHOTO GARCIA

**TEDS-EASY - DESCRIÇÃO AUTOMÁTICA DE TRANSDUCER
ELECTRONIC DATA SHEET**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Câmpus de Ilha Solteira, para obtenção do título de mestre em Engenharia Elétrica - UNESP.

Eng. Eletr. Alexandre César R. da Silva
Orientador

Prof. Dr. Tércio Alberto dos Santos Filho
Co-orientador

Ilha Solteira
2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

G216t Garcia, Welington.
Teds-easy - descrição automática de transducer electronic data sheet /
Welington Garcia. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2014
102 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação , 2014

Orientador: Alexandre César Rodrigues da Silva

Co-orientador: Tércio Alberto dos Santos Filho

Inclui bibliografia

1. Padrão IEEE 1451. 2. Configuração de transdutores por meio de teds. 3.
Programação web.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Descrição Automática de Transducer Electronic Data Sheet

AUTOR: WELINGTON LUIS CODINHOTO GARCIA

ORIENTADOR: Prof. Dr. ALEXANDRE CESAR RODRIGUES DA SILVA

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. TÉRCIO ALBERTO DOS SANTOS FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica ,
Área: AUTOMAÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. TÉRCIO ALBERTO DOS SANTOS FILHO
Departamento de Ciências Da Computação / Universidade Federal de Goiás

Profa. Dra. ERICA REGINA M D MACHADO
Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. DALTON MATSUO TAVARES
Departamento de Ciência da Computação / Universidade Federal de Goiás

Data da realização: 11 de junho de 2014.

AGRADECIMENTOS

A Deus,

Por me dar força nessa caminhada até a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, Luiz Garcia Scritorio e Inês Aparecida Codinhoto Garcia,

Pelo apoio, incentivo, cooperação, ajuda e, em especial, a todo o carinho prestado a mim ao longo deste percurso.

A minha irmã, Anna Beatriz Codinhoto Garcia,

Pelo carinho e incentivo.

A minha namorada, Danmilles Alves de Almeida,

Pelo incentivo, cooperação, carinho e compreensão prestados a mim nesta jornada até aqui.

Ao meu co-orientador, Tércio Alberto dos Santos Filho, e meu orientador, Alexandre César Rodrigues da Silva,

Pela dedicação, ajuda na orientação deste trabalho.

RESUMO

Neste trabalho, apresenta-se uma ferramenta para descrição automática de TEDS (*Transducer Electronic Data Sheet*), facilitando a configuração de transdutores em uma rede de sensores inteligentes de acordo com o padrão IEEE 1451. As TEDS são tabelas virtuais definidas no padrão IEEE 1451, que contém a descrição dos transdutores. No desenvolvimento desta ferramenta, denominada de TEDS-EASY, utilizou-se a linguagem de programação *web* JSP (*Java Server Pages*) e sistema de banco de dados PostgreSQL. Utilizou-se também a UML (*Unified Modeling Language*) para realizar a modelagem do projeto. Foram realizados testes com o sistema TEDS-EASY, a fim de validar as TEDS geradas por meio de descrições manuais e descrições encontradas na literatura, comparando com a descrição obtida ao utilizar a ferramenta de descrição de TEDS apresentada neste trabalho.

Palavras-chaves: IEEE 1451. JSP. TEDS. Transdutor. UML. Web.

ABSTRACT

This work presents a tool for automatic description of TEDS (Transducer Electronic Data Sheet), facilitating the configuration of transducers on a network of smart sensors according to the IEEE 1451 standard.'s TEDS are virtual tables defined in the IEEE 1451 standard containing the description of the transducers. In developing this tool called TEDS-EASY used the language of web programming JSP (Java Server Pages) and database system PostgreSQL database. We also used the UML (Unified Modeling Language) to perform the modeling project. Tests with TEDS-EASY system were performed in order to validate the TEDS generated through manual descriptions and descriptions found in the literature, comparing with the description obtained when using the tool for describing TEDS show in this project.

Keywords: IEEE 1451. JSP. TEDS. Transducer. UML. Web.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Visão geral do padrão IEEE 1451	15
Figura 2 - Modelo do STIM de acordo com o padrão IEEE 1451.2	23
Figura 3 - Diagrama de use-case do sistema de descrição de TEDS.....	65
Figura 4 - Diagrama de classes do sistema de descrição de TEDS	68
Figura 5 - Diagrama de sequência do sistema de descrição de Meta-TEDS.....	69
Figura 6 - Diagrama de sequência do sistema de descrição de Transducer Channel TEDS	69
Figura 7 - Diagrama de estados do sistema de descrição de TEDS	71
Figura 8 - Modelo relacional do banco de dados	74
Figura 9 - Interface inicial	75
Figura 10 - Interface de cadastro de usuário.....	76
Figura 11 - Interface de opções de transdutores	77
Figura 12 - Interface de Cadastro de Transdutores.....	77
Figura 13 - Interface de Cadastro de TEDS	78
Figura 14 - Interface de Cadastro de Meta-TEDS	79
Figura 15 - Interface de Cadastro de Meta-TEDS (Campos Opcionais).....	80
Figura 16 - Interface de Hexadecimais da Meta-TEDS	81
Figura 17 - Interface de Seleção de Transdutores Cadastrados.....	82
Figura 18 - Interface de Seleção de Visualização de Transdutores Cadastrados	83
Figura 19 - Download do código para o módulo TIM.....	84
Figura 20 - Arquivo de código para embarcar no módulo TIM	84
Figura 21 - Campos do arquivo de TEDS	85
Figura 22 - Interface de Hexadecimais Gerados para META-TEDS	88
Figura 23 - Interface de Hexadecimais Gerados para Transducer Channel TEDS	89
Figura 24 - Interface de Hexadecimais Gerados para User's Transducer Channel TEDS.....	90
Figura 25 - Interface de Hexadecimais Gerados para Phy - TEDS.....	91
Figura 26 - Meta-TEDS - TEDS EASY.....	93
Figura 27 - PHY-TEDS - TEDS EASY.....	94
Figura 28 - User Transducer Name TEDS - TEDS EASY.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formato de uma TEDS.....	21
Tabela 2 - Type/Length/Value.....	22
Tabela 3 - Exemplo da Estrutura de uma Meta-TEDS.....	25
Tabela 4 - Estrutura da estrutura de uma TransducerChannel TEDS.....	29
Tabela 5 - Enumeração de chaves de auto teste	33
Tabela 6 - Estrutura do User's Transducer Name TEDS	36
Tabela 7 - Estrutura de uma PHY TEDS.....	37
Tabela 8 - Estrutura da Calibration TEDS.....	40
Tabela 9 - Valores de correção da chave do TransducerChannel.....	44
Tabela 10 - Estrutura de uma Frequency Response TEDS	45
Tabela 11 - Estrutura da Tabela de Pontos	46
Tabela 12 - Estrutura de uma Transfer Function TEDS.....	47
Tabela 13 - Estrutura da Text-Based TEDS	50
Tabela 14 - Lista de Linguagens ISO 639	51
Tabela 15 - Tabela de Algoritmos de Compressão.....	52
Tabela 16 - Formato da End User Application Specific TEDS.....	53
Tabela 17 - Meta-TEDS ID	54
Tabela 18 - UUID da Meta TEDS.....	55
Tabela 19 - Binário do UUID da Meta TEDS.....	56
Tabela 20 - Hexadecimais do UUID da Meta TEDS.....	56
Tabela 21 - Octetos da Meta TEDS.....	57
Tabela 22 - Transducer Channel TEDS.....	58
Tabela 23 - Valores para Unidades Físicas.	59
Tabela 24 - Octetos Finais da Transducer Channel TEDS.....	61
Tabela 25 - Octetos Finais da User's Transducer Name TEDS.....	62
Tabela 26 - UUID – Sensor IntelBras	86
Tabela 27 - Meta-TEDS	91
Tabela 28 - Meta-TEDS Hexadecimais.....	92
Tabela 29 - PHY-TEDS.....	93
Tabela 30 - PHY-TEDS Hexadecimais.....	94
Tabela 31 - User Transducer Name TEDS.....	95

LISTA DE ABREVIATURAS

A/D	<i>Analógico/ Digital</i>
APIs	<i>Application Programming Interfaces</i>
D/A	<i>Digital/ Analógico</i>
EEPROM	<i>Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
FPGA	<i>Field-Programmable Gate Array</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Eletronic Engineers</i>
I/O	<i>Input/ Output</i>
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i>
JSP	<i>JavaServer Pages</i>
MVC	<i>Modelo/ Visão/ Controle</i>
MMI	<i>Mixed Mode Interface</i>
NCAP	<i>Network Capable Application Processor</i>
NIST	<i>National Institute of Standards and technology</i>
PIR	<i>Passive Infrared</i>
RFID	<i>Radio-Frequency IDentification</i>
STIM	<i>Smart Transducer Interface Module</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TBC	<i>Transducer Bus Controller</i>
TBIM	<i>Transducer Bus Interface</i>
TEDS	<i>Transducer Electronic Data Sheet</i>
TIM	<i>Transducer Interface Module</i>
T/L/V	<i>Type/ Length/ Version</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
WTIM	<i>Wireless Transducer Module</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.2	Revisão da literatura.....	15
1.3	Organização do Texto.....	19
2	PADRÃO IEEE 1451	20
2.1	Padrão IEEE 1451.0 – 2007.....	21
2.2	Padrão IEEE 1451.1 – 1999.....	22
2.3	Padrão IEEE 1451.2 – 1997.....	22
2.4	Padrão IEEE 1451.3 – 2003.....	23
2.5	Padrão IEEE 1451.4 – 2004.....	23
2.6	Padrão IEEE 1451.5 – 2007.....	24
2.7	Padrão IEEE 1451.7 – 2009.....	24
2.8	TEDS obrigatórias	24
2.8.1	<i>Meta-TEDS</i>	25
2.8.2	<i>TransducerChannel TEDS</i>	29
2.8.3	<i>User’s Transducer Name TEDS</i>	36
2.8.4	<i>PHY TEDS</i>	37
2.9	TEDS Opcionais	40
2.9.1	<i>Calibration TEDS</i>	40
2.9.2	<i>Frequency Responce TEDS</i>	45
2.9.3	<i>Transfer Function TEDS</i>	47
2.9.4	<i>Text-Based TEDS</i>	49
2.9.5	<i>End User Application Specific TEDS</i>	52
2.9.6	<i>Manufacturer-defined TEDS</i>	53
2.10	Exemplo de implementação manual de TEDS	54
2.10.1	<i>Meta-TEDS</i>	54
2.10.2	<i>Transducer Channel TEDS</i>	58
2.10.3	<i>User’s Transducer Name TEDS</i>	62
2.10.	<i>Considerações finais sobre o capítulo</i>	62
3	MATERIAIS E MÉTODOS	63
3.1	Unified Modeling Language (UML).....	63

3.2	Diagrama de Use-Case.....	64
3.3	Diagrama de Classes	65
3.3.1	<i>Multiplicidade</i>.....	67
3.4	Diagrama de Sequência	67
3.5	Diagrama de Estados	70
3.6	Linguagem de Programação Java	70
3.7	Servlet	71
3.8	JSP	72
3.9	PostgreSQL	73
3.10	Considerações finais sobre o capítulo.....	74
4	DESCRIÇÃO DO SISTEMA TEDS-EASY	75
4.2.	Testes realizados com o sistema	85
4.3	Testes realizados com exemplos da literatura	91
4.4	Considerações finais sobre o capítulo.....	95
5	CONCLUSÃO	97
6	TRABALHOS FUTUROS.....	98
	REFERÊNCIAS	99

1 INTRODUÇÃO

Considerações Iniciais

Sistemas e ambientes supervisionados através de redes de transdutores inteligentes são cada vez mais utilizados nas mais diversas áreas, tais como: medicina, aplicações ambientais, agricultura de precisão, ambiente doméstico, automobilismo, indústrias, aplicações militares e etc. Vários são os problemas que surgiram na construção e configuração das redes de sensores inteligentes, devido à falta de padronização e à grande quantidade de tecnologias disponíveis no mercado. Como exemplo, pode-se citar: o elevado custo de implementação, dificuldade para realizar a manutenção da rede e falta de escalabilidade da rede, dentre outros. Para solucionar o problema da padronização das redes de transdutores, o *National Institute of Standards and Technology* (NIST), juntamente com o *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) desenvolveram um padrão para garantir a conexão de novos transdutores na rede, denominado de padrão IEEE 1451.

O padrão IEEE 1451 define um conjunto de normas para o desenvolvimento de rede de transdutores inteligentes, cujos componentes da rede são definidos de acordo com subcomitês, descritos a seguir: IEEE 1451.0 (descreve o formato das TEDS), IEEE 1451.1 (descrição do *Network Capable Application Processor* (NCAP)), IEEE 1451.2 (descrição de *Smart Transducer Interface Module* (STIM)), IEEE 1451.3 (rede de transdutores baseados em padrões de barramentos mult-drop), IEEE 1451.4 (interface de modo misto), IEEE 1451.5 (interfaces de comunicação sem fio) e IEEE 1451.7 (interface por *Radio-Frequency Identification* (RFID)) (SANTOS FILHO, 2012).

O padrão especifica dois módulos denominados de NCAP e TIM e uma interface para realizar a comunicação entre os módulos.

O NCAP é responsável pelo processamento e gerenciamento da rede, e o TIM é um módulo que possui de 1 a 255 transdutores conectados, uma interface para a realização da comunicação com o NCAP e uma memória não volátil para o armazenamento das TEDS. Em alguns casos, é necessário armazenar as TEDS fora do módulo TIM. Essas TEDS são denominadas TEDS virtuais e são arquivos eletrônicos que fornecem as mesmas funcionalidades das implementadas em memória.

As TEDS, (*Transducer Electronic Data Sheet*), são tabelas contendo informações para configuração dos transdutores de acordo com o padrão IEEE 1451, através de um conjunto de TEDS é possível descrever um transdutor.

Para a descrição de um transdutor, por meio do padrão IEEE 1451, são definidas quatro TEDS obrigatórias e seis TEDS opcionais, em cada tabela de TEDS é necessário um conjunto mínimo de informações descritas através das “tuplas”. Define-se tuplas sendo campos contendo informações para a composição de uma TEDS, podendo variar a quantidade dependendo da TEDS descrita. Para cada tupla em uma TEDS, deve-se realizar a conversão das informações para representação hexadecimal e adequar os octetos. Cada campo possui um identificador e uma quantidade de octetos definidos para sua descrição.

Nesse trabalho, apresenta-se uma ferramenta para descrever TEDS de maneira automática, auxiliando na descrição de transdutores em redes, baseadas no padrão IEEE 1451. A ferramenta desenvolvida foi denominada de TEDS-EASY.

1.1 Objetivos

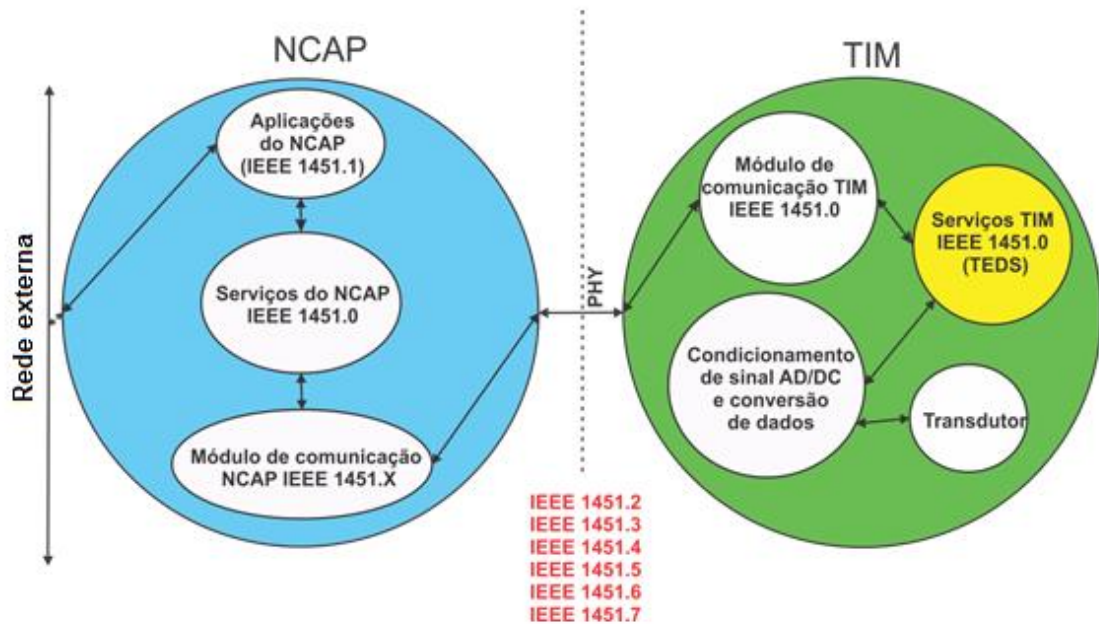
Este trabalho teve origem em um trabalho de doutorado, que utilizou o padrão IEEE 1451 para configurar diversas interfaces de comunicação entre o NCAP (*Network Capable Application Processor*) e o módulo TIM (Transducer Interface Module), sendo que o NCAP foi configurado em uma FPGA com processador NIOS II e sistema operacional μ CLINUX. Nesse trabalho, foi identificada a dificuldade em realizar a descrição das TEDS de maneira manual sendo necessário muito tempo para realizar essa tarefa, nesse contexto surgiu a proposta de implementar uma ferramenta para descrição automática das TEDS (SANTOS FILHO, 2012).

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver um programa de computador para a descrição automática de TEDS que consiste em um sistema *web*, onde é possível cadastrar usuário, transdutores e TEDS e gerar as TEDS no formato correto para ser utilizada junto ao módulo TIM.

A descrição das TEDS de forma manual é árdua e demanda uma quantidade significativa de tempo, e a ferramenta TEDS-EASY tem o objetivo de minimizar o trabalho de descrição de TEDS. Na Figura 1, ilustram-se as partes componentes do padrão IEEE 1451, sendo possível visualizar a divisão entre NCAP e TIM.

O TIM é o módulo que contém os transdutores, circuitos de condicionamento de sinais, processador e lógica necessária para realizar a comunicação com o NCAP. Dentro do contexto geral do padrão IEEE 1451 este trabalho teve como foco a descrição das TEDS representadas na região circular amarela no esquemático da Figura 1.

Figura 1 - Visão geral do padrão IEEE 1451



Fonte: Elaboração do próprio autor

1.2 Revisão da literatura

Nessa seção, é apresentada a revisão bibliográfica sobre os trabalhos relacionados com o padrão IEEE 1451. No trabalho de Song e Lee (2006), apresentou-se uma proposta de implementação com os padrões IEEE 1451.0 e padrão IEEE 1451.2. O sistema apresentado tem como base a descrição do sistema em UML (*Unified Modeling Language*) e o desenvolvimento do NCAP em linguagem de programação JAVA. Esse trabalho utiliza interface RS-232 para a comunicação entre os módulos, foi utilizado um sensor simples de temperatura para os testes. Dois estudos de caso foram implementados, no primeiro estudo foi analisado o processo de leitura da PHY-TEDS através de envios de comando para leitura e análise da resposta, verificando a integridade dos dados obtidos e tempo de resposta. No segundo estudo analisou-se a temperatura através da leitura de dados do Transducer Channel, nesse teste foi verificada a precisão na leitura dos dados. O NCAP foi desenvolvido em um notebook e programado em JAVA. Nesse trabalho é ressaltada a viabilidade do uso da linguagem de programação JAVA para aplicações utilizando o padrão IEEE 1451 devido a características que auxiliam no desenvolvimento de aplicações voltadas para o padrão.

Manda e Gurkan (2009), apresentaram um sistema para escrita de TEDS utilizando o Framework .NET. No aplicativo apresentado, foi feita a automatização da escrita para as

seguintes TEDS: Meta-TEDS, Transducer Channel TEDS, Calibration TEDS, Frequency Response TEDS, Transfer Function TEDS, End User Application Specific TEDS e User's Transducer Name TEDS. A ferramenta apresentada nesse artigo é uma aplicação desktop para descrição automática das TEDS. Nesse trabalho não foram implementadas todas as TEDS previstas no padrão. Nesse artigo é apresentada as características da descrição das TEDS implementadas e o funcionamento da ferramenta de descrição de TEDS proposto. Esse artigo se relaciona com este trabalho, pois realiza a descrição de TEDS previstas no padrão IEEE 1451 de maneira automática, no entanto a proposta apresentada é de uma ferramenta desktop e este trabalho apresenta uma proposta de desenvolvimento de uma ferramenta *web* para descrição de todas as TEDS previstas no padrão.

Higuera e Polo (2011), apresentaram uma rede de sensores sem fio baseado no protocolo IPv6 utilizando o padrão IEEE 1451 e rede de sensor baseado padrão IEEE 802.15.4. Nesse trabalho foram usados módulos sem fio chamados de WTIM (*Wireless Transducer Module*) e foram realizados testes para validar a comunicação por meio de uma rede sem fio 6LoWPAN. Para realizar os testes foi necessário elaborar TEDS para descrever os transdutores ligados ao WTIM. Nesse artigo foi apresentado um modelo para a Meta-TEDS e a PHY-TEDS utilizado, ressaltou-se que o padrão IEEE 1451 não define um formato padrão para as PHY-TEDS. Foram realizados testes para validar os dados obtidos e os resultados demonstraram comprovações do baixo consumo de energia por parte dos módulos, nesse sistema de rede é apresentado também uma proposta de formato para PHY-TEDS. Em relação com este trabalho foi utilizado o modelo de PHY-TEDS proposto como base para o desenvolvimento da descrição da PHY-TEDS.

Santos Filho, et.al. (2010), apresentaram a descrição das TEDS para controlar um motor de passo e a implementação de um módulo TIM em um microcontrolador ATMEGA 8. Utilizou-se também como interface de comunicação o RS-232, de acordo com a norma IEEE 1451.2. Aplicou-se, através de comando para leitura das TEDS, metodologias para comprovar o funcionamento do TIM validando os dados obtidos pelo motor de passo. Foi analisada também a integridade dos dados das TEDS obtidos através da conexão *plug and play*, conexão essa obtida pelo uso do padrão IEEE 1451. Esse trabalho apresentou os modelos de TEDS descritas para controlar o motor de passo, esses modelos foram utilizados neste trabalho como base para a implementação da descrição das TEDS.

Em Limin (2012), apresenta-se um sistema de monitoramento de vídeo e temperatura baseado no padrão IEEE 1451. Nesse trabalho estudou-se a viabilidade da utilização do padrão IEEE 1451 para o monitoramento de ambientes por meio de vídeo e monitoramento de

temperatura usando comunicação web para transmissão dos dados. A leitura dos dados foi realizada remotamente por uma função ligada a um servidor web, funções essas que consistiram no uso de protocolos de comunicação e um software para controle e monitoramento do tráfego de dados. O objetivo desse trabalho foi analisar a viabilidade do uso de aplicações web para monitoramento de ambientes usando redes baseadas no padrão IEEE 1451. Esse trabalho forneceu base na formação do conhecimento sobre o padrão IEEE 1451 em relação a aplicações web e na formação de conceitos sobre o funcionamento do padrão.

Jevtic e Drndarevic (2012) apresentaram um estudo baseado no padrão IEEE 1451.4 para interface de comunicação mista. Para tanto desenvolveram uma ferramenta em LabVIEW para leitura, escrita e edição das TEDS do transdutor. Nesse trabalho utilizou-se um microcontrolador de 8 bits sendo que o armazenamento das TEDS foi feito na EEPROM do microcontrolador. Foram utilizadas as TEDS obrigatórias e as TEDS opcionais: Calibration TEDS, Manufacturer/ user TEDS. O NCAP em foi implementado em LabVIEW e configurado em um computador que se liga ao módulo TIM por meio de conexão USB. Juntamente com o NCAP foi elaborado também um editor de TEDS que faz a leitura, edição e gravação das TEDS no módulo. O artigo traz informações sobre como foi implementado o sistema de leitura e escrita de TEDS. Esse artigo auxiliou na formação de conhecimento para estruturar o sistema de descrição de TEDS apresentado neste trabalho.

Kumar et al. (2013), apresentaram um sistema de monitoramento de ambientes usando o padrão IEEE 1451. Foi analisado nesse trabalho o consumo de energia do módulo TIM além da vantagem do seu uso quando utilizado no monitoramento de ambientes. Nesse trabalho é apresentada uma proposta de interface gráfica para controle e monitoramento baseada em C e C#. Para fazer os testes foram utilizados sensores para leitura da oxidação de metais e quantidade de gases no ambiente analisado. Para elaboração do sistema de leitura foi criado um NCAP, a programação foi realizada em LabVIEW e a comunicação com o módulo TIM feita por USB. Nesse trabalho foi possível comprovar a eficiência e rapidez na troca de informações quando utilizado o padrão IEEE 1451 para monitoramento de ambientes. Esse trabalho apresenta modelos de transdutores e detalhes que ajudaram na realização dos testes apresentados neste trabalho.

Perera et al. (2013), apresentaram um sistema desenvolvido em *Field-Programmable Gate Array* (FPGA) que incorpora todas as funcionalidades do IEEE 1451, usando um único transdutor com o objetivo de comprovar que, por meio de dispositivos reconfiguráveis, é possível acelerar o sistema de processamento do NCAP em redes baseadas no padrão IEEE

1451. Além da FPGA foi utilizado um computador para a transferência de dados e para realizar os testes, um módulo TIM e interface de comunicação RS-232. Através de comandos de envio e leitura de TEDS procurou-se testar a comunicação entre o módulo TIM e o NCAP configurado na FPGA. Nesse trabalho foi apresentado exemplos de implementação de TEDS que foram utilizados para realizar testes no sistema proposto neste trabalho.

Ning-Chuan et al. (2013), apresentaram um sistema com duas interfaces de comunicação, o CANOpen e wireless, utilizando Zigbee. O objetivo de trabalho é apresentar um software que faça a ligação entre o NCAP e o TIM e auxilie na precisão e troca de informações em redes baseadas no padrão IEEE 1451. Para isso, foi utilizado protocolos de comunicação diferentes para cada interface de comunicação e foi desenvolvido diversas *Application Programming Interface* (APIs) para controlar a comunicação e troca de informações dos módulos. Esse trabalho auxiliou na compreensão do funcionamento das PHY-TEDS ajudando na formação de base de conhecimento para implementação dessas TEDS neste trabalho.

Harikrishnam et al. (2013), apresentaram um estudo para avaliar as vantagens que o padrão IEEE 1451 fornece ao se trabalhar com redes de sensores sem fio. Nesse trabalho é apresentada a implementação de diferentes interfaces de comunicação, nas quais, usa-se um sensor ZigBee para reconhecimento de atividades, um sensor PIR (*Passive Infrared*), um acelerômetro e um sensor de temperatura. Este trabalho apresenta uma proposta de TEDS para configuração dos transdutores, são utilizados também comandos para leitura e escrita da TEDS a fim de testar o comportamento de cada transdutor de maneira isolada. Em relação a este trabalho, esse artigo auxiliou na implementação e testes das TEDS geradas pelo sistema TEDS-EASY, sendo que foi utilizado os exemplos como base para implementação da PHY-TEDS.

Em relação aos trabalhos apresentados nessa seção, o presente trabalho se encaixa de maneira geral na descrição das TEDS auxiliando e agilizando no processo de descrição. Ao se realizar testes com os trabalhos apresentados, com o sistema TEDS-EASY, utilizando os mesmos valores aplicados na literatura, foi possível comprovar a validade das TEDS geradas. Os artigos apresentados nessa seção apresentaram formatos para a PHY-TEDS, TEDS essa não prevista no padrão, gerando uma base para elaborar um modelo de descrição dessas TEDS neste trabalho.

1.3 Organização do Texto

Nesta seção, apresenta-se a organização do texto, abordando uma visão geral sobre os próximos capítulos. No Capítulo 2, é apresentada uma abordagem mais detalhada sobre o padrão IEEE 1451. Na Seção 2.1, é abordado de maneira detalhada as TEDS obrigatórias e opcionais definidas no padrão IEEE 1451.0. Na Seção 2.2, é apresentado o processo de descrição das TEDS de maneira “manual”. Na Seção 2.3, apresenta-se as considerações finais sobre o capítulo. No Capítulo 3, demonstra-se as tecnologias utilizadas para criar o sistema de descrição de TEDS. Na Seção 3.1, é apresentada a análise por meio da UML (*Unified Modeling Language*), mostrando os diagramas elaborados para modelar o sistema de descrição de TEDS. A Seção 3.2 apresenta a linguagem de programação utilizada para criar a ferramenta de descrição de TEDS. Na Seção 3.3, é apresentado o sistema de banco de dados utilizado para gerenciar os dados do sistema, e por fim na Seção 3.4 são realizadas as considerações sobre o capítulo. O Capítulo 4 demonstra, de maneira detalhada, o sistema de descrição de TEDS, no qual, a Seção 4.1 descreve as interfaces do sistema. Na Seção 4.2, é apresentado à descrição das TEDS e detalhes sobre cada campo de cada formulário. Na Seção 4.3, demonstra-se os testes realizados com sistema descrição de TEDS e na Seção 4.4, são apresentadas as conclusões sobre o capítulo. E por fim, as conclusões finais a cerca do trabalho apresentado e possíveis trabalhos futuros.

2 PADRÃO IEEE 1451

Considerações Iniciais

O padrão IEEE 1451 é composto pelos seguintes comitês: IEEE 1451.0, IEEE p1451.1, IEEE 1451.2, IEEE 1451.3, IEEE 1451.4, IEEE p1451.5 e IEEE p1451.7. Cada comitê define determinadas especificações para a padronização de interfaces nas áreas de sistemas *Distributed Measurement and Control* (DMC).

De forma sucinta, o padrão IEEE 1451 é dividido em dois módulos: o NCAP, definido na norma IEEE 1451.1 e o TIM, que é descrito de acordo com a interface de comunicação com o NCAP. (SANTOS FILHO, 2012; TORBEN, 2004).

O NCAP é um nó de rede, com capacidade de processamento que pode ser visto por toda a rede. O NCAP tem a função de identificar o tipo de rede a qual está conectado, garantindo assim a característica de interoperabilidade, além de receber informações sobre os transdutores na rede, facilitando a aplicação do modo *plug and play* para os transdutores (IEEE, 1999).

O NCAP é dividido em duas partes, a física e a lógica. A parte física é composta de microprocessador e circuitos associados, como *hardware* de comunicação com a rede e interfaces de acesso I/O (*Input/Output*). A parte lógica compreende componentes lógicos que são agrupados em componentes de aplicação e suporte (IEEE, 1999).

O padrão IEEE 1451.2 introduz o conceito de STIM e será detalhado na Seção 2.3, na Seção 2.4 é apresentado o padrão IEEE 1451.3. O padrão IEEE 1451.4 traz um modelo de compatibilidade através de um módulo *Mixed Mode Interface* (MMI), que será apresentado na Seção 2.5. A Seção 2.6 detalha o padrão IEEE 1451.5 e o padrão IEEE 1451.7 é detalhado na Seção 2.7.

Dentre os padrões que compõem a norma IEEE 1451 apresentados, este trabalho detalha o padrão IEEE 1451.0, o qual define como deve ser o formato padrão das TEDS e as funções e comandos necessários para sua implementação.

As TEDS dividem-se em TEDS obrigatórias e TEDS opcionais.

2.1 Padrão IEEE 1451.0 – 2007

O padrão IEEE 1451.0 define o formato das tabelas que compõe as TEDS. As tabelas são blocos de informações armazenados em uma memória não volátil do TIM, cuja finalidade é descrever o TIM e os transdutores nele conectados (IEEE 1451, 2007).

O primeiro campo da TEDS é denominado TEDS length, e trata-se de um número inteiro formado por quatro octetos, cuja finalidade é armazenar a quantidade de octetos que serão utilizados na descrição de toda a TEDS.

O campo Data Block contém a descrição dos campos que compõem as TEDS. A estrutura e tamanho de cada TEDS são definidos na própria TEDS, podendo variar dependendo da TEDS que estará sendo descrita.

O último campo é denominado *checksum*. As informações contidas neste campo servem para verificar a integridade da TEDS, somando o tamanho dos octetos anteriores e comparando com o TEDS *Length*. A estrutura do formato padrão de uma TEDS é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Formato de uma TEDS

Descrição	Tipo	Octetos
TEDS length	Unit32	4
Data Block	Variável	Variável
Checksum	Unit16	2

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

O conjunto dos campos apresentados na Tabela 1 forma a estrutura de uma TEDS. A TEDS deve possuir obrigatoriamente o campo TEDS length e o campo Checksum, os campos que compõem o Data Block podem variar em quantidade, tipo e número de octetos dependendo da necessidade e da TEDS descrita.

De acordo com cada TEDS, os campos que compõem o *data block* podem ser alterados. Entretanto, todas as TEDS seguem o esquema de dados, chamado de *Type/Length/Value* (TLV), apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Type/Length/Value

Tipo	Descrição
Type	Identifica o valor contido dentro do campo “value”. Exceto para os valores 2 e 3 referentes ao campo <i>Length</i> e <i>Value</i> que possuem valores diferentes para cada TEDS.
Length	Apresenta a quantidade de octetos do campo “value”.
Value	Representa informações das TEDS referentes ao campo “type”.

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

O padrão IEEE 1451.0 especifica que para a implementação das TEDS, existe a necessidade da implementação de TEDS obrigatórias e opcionais.

2.2 Padrão IEEE 1451.1 – 1999

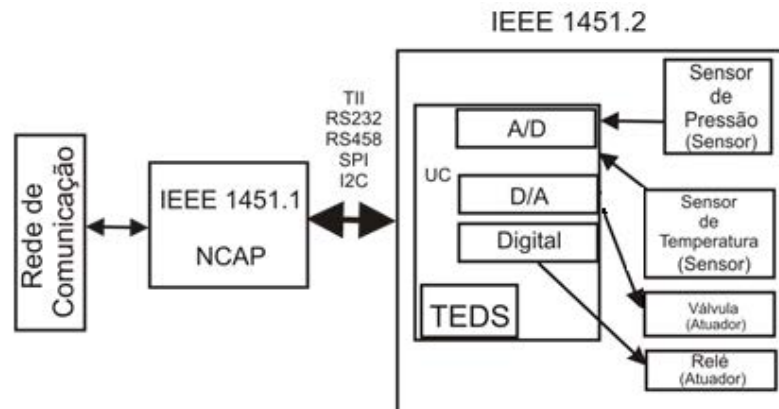
O padrão IEEE 1451.1 surgiu da ideia de facilitar o desenvolvimento de interfaces de sensores e atuadores em redes de controle. O objetivo da NIST/IEEE foi criar métodos de conexão padronizada entre os transdutores e redes de controle, sem a necessidade de mudar a tecnologia existente. Pensando nesse aspecto, o padrão propõe o uso de um nó de rede chamado NCAP com capacidade de processamento local e faz papel semelhante à de um *gateway*. O NCAP recebe as informações por meio de um protocolo, converte essas informações em outro protocolo em uma rede externa e reenvia para a rede interna de transdutores. Além disso, o NCAP é capaz de abstrair informações sobre o tipo de transdutor que está conectado, o que garante a capacidade *plug and play* na rede e reconhece o tipo de rede em que está inserido de forma automática (IEEE 1451.1, 1999).

2.3 Padrão IEEE 1451.2 – 1997

O padrão IEEE 1451.2 tem a finalidade de introduzir o conceito de STIM à família de padrões IEEE 1451. O STIM é um módulo que conecta um ou mais transdutores com a finalidade de garantir a capacidade *plug and play* à aplicação. Um STIM pode ter de 1 a 255

transdutores conectados a ele. Além disso, pode conter um circuito interno de condicionamento de sinal, como conversores Analógico/Digital (A/D) e Digital/Analógico (D/A). O modelo de um STIM é demonstrado na Figura 2 (IEEE 1451.2, 1997).

Figura 2 - Modelo do STIM de acordo com o padrão IEEE 1451.2



Fonte: Santos Filho (2012)

2.4 Padrão IEEE 1451.3 – 2003

O padrão IEEE 1451.3 tem como objetivo descrever uma rede de transdutores distribuída, baseada em barramentos multi-drop. O padrão define o conceito de *Transducer Bus Interface Module* (TBIM) e *Transducer Bus Controller* (TBC), ambos conectados a um barramento de transdutores. O TBIM é um módulo que contém conversores A/D e D/A e transdutores ligados a ele quando necessário, e o TBC está vinculado ao NCAP e contém elementos de *hardware* e *software* incorporados a ele, e tem a finalidade de prover uma interface para o barramento de transdutores (IEEE 1451.3, 2003).

2.5 Padrão IEEE 1451.4 – 2004

O padrão IEEE 1451.4 traz o modelo de compatibilidade através de um módulo misto *Mixed Mode Interface* (MMI) analógico/digital. A interface, utilizando sinais mistos, permite

a transmissão dos dados das TEDS para o NCAP e a leitura dos dados dos sensores ou controle dos atuadores de forma analógica. Para comunicação com o NCAP, é feita a divisão de memória do MMI com o NCAP para armazenamento das TEDS e saída dos transdutores, sendo que ambos partilham do mesmo meio físico. Esta norma tem a finalidade de trazer a característica *plug and play* para transdutores analógicos (IEEE 1451.4, 2004).

2.6 Padrão IEEE 1451.5 – 2007

O padrão IEEE 1451.5 especifica uma interface entre o NCAP e um *Wireless Transducer Module* (WTIM), em conformidade com as tecnologias de comunicação sem fio Bluetooth (IEEE 802.15.1) e ZigBee (IEEE 802.15.4) (IEEE 1451.5, 2007).

2.7 Padrão IEEE 1451.7 – 2009

O padrão IEEE 1451.7 define a comunicação do NCAP com o TIM, por meio de RFID. O RFID é uma tecnologia baseada em rádio frequência, atualmente empregada na indústria, comércio e segurança, dentre várias outras áreas (IEEE 1451.7, 2009).

2.8 TEDS obrigatórias

As TEDS obrigatórias são blocos de informações, com a finalidade de garantir a característica *plug and play* aos transdutores, e devem estar presentes na descrição de qualquer transdutor. As TEDS obrigatórias são denominadas de Meta-TEDS, Transducer Channel TEDS, User's Transducer Name TEDS e PHY-TEDS.

2.8.1 Meta-TEDS

A Meta-TEDS apresenta parâmetros que são usados pelo NCAP, definindo valores para identificar quando o TIM responde à comunicação, são eles: Tempo de saída operacional, Tempo limite de acesso lento e Tempo de auto teste.

Este bloco de informações descreve o relacionamento entre os Transducer Channels que existem no TIM. A Tabela 3 apresenta a estrutura de uma Meta-TEDS, de acordo com o padrão IEEE 1451.0 (IEEE 1451.0, 2007).

Tabela 3 - Exemplo da Estrutura de uma Meta-TEDS

ID	Nome	Descrição	Tipo de Dado	Octetos
-		Tamanho	UInt32	4
0-2	-	Reservado	-	-
3	TEDSID	Cabeçalho de identificação de TEDS	UInt8	4
4	UUID	Identificador único global	UUID	10
5-9	-	Reservado	-	-
Relacionado a informações de temporização				
10	OholdOff	Tempo de saída operacional	Float32	4
11	SHoldOff	Tempo limite de acesso lento	Float32	4
12	TestTime	Tempo para auto teste	Float32	4
Numero de TransducerChannels implementados				
13	MaxChan	Número de TransducerChannels Implementados	UInt16	2
14	CGroup	Sub-bloco de controle de informação	-	-
Os tipos 20 e 21 definem um grupo de controle				
20	GrpType	Tipo de grupo de controle	UInt8	1
21	MemList	Controle de membro de lista do grupo	Vetor de UInt16	NTc
15	VGroup	Sub-bloco de informação sobre grupo de vetores	-	-

Os tipos 20 e 21 definem um grupo de vetores				
20	GrpType	Tipo de grupo de vetor	UInt8	1
21	MemList	Membro da lista do grupo de vetor	Vetor de UInt16	NTv
16	GeoLoc	Grupo de vetor responsável pela localização geográfica	-	-
Os tipos 24, 20 e 21 definem um conjunto de informações sobre a localização geográfica				
24	LocEnum	Número que define informações da localização do TIM	UInt8	1
20	GrpType	Tipo de Grupo de vetor	UInt8	1
21	MemList	Membro do Grupo de vetor	Vetor de UInt16	NTv
17	Proxies	Sub-bloco de definição de proxy do TransducerChannel	-	-
Os tipos 22, 23 e 21 definem um proxy de TransducerChannel				
22	ChanNum	Número do TransducerChannel no proxy do TransducerChannel	UInt 16	1
23	Organiz	TransducerChannel Proxy organização de conjunto de dados	UInt8	1
21	MemList	Proxy do TransducerChannel membro da lista	Vetor de UInt16	NTp
18-19	-	Reservado	-	-
25- 127	-	Reservado	-	-
128- 255	-	Aberto para Fabricantes	-	-
-		Checksum	UInt16	2

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

Na Tabela 3, o campo de ID, cuja descrição é o Tamanho, é responsável por armazenar qual será o tamanho em octetos da TEDS. Neste campo é guardada a quantidade de octetos que terá toda a TEDS.

O campo, cujo ID varia de 0 até 2, é reservado, sendo que todos os campos com a descrição reservado são destinados a futuras alterações no padrão.

O campo Cabeçalho de identificação de TEDS (TEDSID) é um campo de escrita obrigatória. Para descrever este campo, é necessário dividi-lo em quatro subcampos, denominados: Família, Classe, Versão e Tamanho da Tupla, onde:

- **Família:** esse campo identifica qual membro da família IEEE 1451, sendo usado, definindo as TEDS;
- **Classe:** esse campo é usado para identificar as TEDS que estão sendo acessadas;
- **Versão:** esse campo define qual versão de TEDS esta sendo usada;
- **Tamanho da Tupla:** esse campo contém o número de octetos e o tamanho dos campos de todas as tuplas, exceto este campo.

O Identificador Único Global (UUID) é um campo obrigatório que, quando associado ao TIM, deve gerar uma identificação única em todo o planeta, campo este que possui 10 octetos e para descrevê-lo, utiliza-se 4 subcampos, listados a seguir:

- **Campo de Localização:** esse campo é definido pelo fabricante do TIM para identificar um determinado local na terra, podendo ser esse local o endereço real do fabricante. Deve ter 42 bits e guardam valores de latitude e longitude.
- **Campo do Fabricante:** esse campo é reservado para armazenar qualquer tipo de dado, sendo que o conteúdo desse campo não deve interferir no campo de localização.
- **Campo Ano:** esse campo deve conter o ano em curso. Este campo possui 12 bits de valor inteiro.
- **Campo Tempo:** é definido pelo fabricante do TIM de maneira que se combine com os campos localização, fabricante e ano, sendo que dessa maneira a UUID resultante é única para todos os TIMs feitos pelo fabricante.

O campo de ID 10, denominado Tempo de Saída Operacional (OholdOff), é obrigatório e armazena o intervalo de tempo decorrido após o disparo de uma ação para que ela seja considerada uma operação que falhou.

O campo Tempo de Acesso Lento (SHoldOff) de ID 11 é um campo opcional. Nele, é definido um intervalo de tempo em segundos após o disparo de uma ação, caso a resposta desta seja interpretada como uma operação que falhou, e o tempo que deve ser esperado para iniciar um novo comando.

O campo Tempo de Auto Teste (TestTime) é obrigatório e contém o tempo máximo em segundos para execução de auto teste caso não haja a necessidade de auto teste, esse campo deve ser especificado com o valor zero.

O campo MaxChan é obrigatório para todos os TIMs. Nesse campo, é especificado o número de TransducerChannel implementados no TIM. Os TransducerChannel devem ser numerados a partir de um e serem contínuos, de maneira que se faltar algum número pode ocorrer a não leitura do TransducerChannel pulado na listagem numérica.

O campo Controle de Grupos (CGroup) de ID 14 pode ser omitido caso não haja controle de grupos no módulo transdutor. O controle de grupos é usado para identificar transdutores que controlam outros transdutores na rede.

O campo Grupo de tipo (GrpType) é obrigatório. Se existir controle de grupos de transdutores no TIM. Podendo ser omitido caso não haja controle de grupos.

O campo de ID 21 é denominado Membro da lista (MemList). Esse campo é obrigatório para TIMs que implementam Controle de Grupos e Grupo de Vetores existentes no módulo transdutor. Esse campo é uma lista de canal de transdutores que farão parte do grupo de controle.

O campo Grupo de Vetores (VGroup) é obrigatório no TIM quando for implementado um Grupo de vetores, caso contrário pode ser omitido. Esse campo é uma lista de números de canais de transdutores que farão parte do grupo de vetores.

O campo Grupo de Localização Geográfica (GeoLoc) de ID 20 é obrigatório para TIMs que possuem implementação de localização dinâmica. Caso o campo seja omitido, o NCAP assume que o TIM não fornece informações sobre a localização. Esse campo tem uma estrutura T/L/V: LocNum, Group Type, Member List e implementa um tipo de vetor de grupo especializado que é usado para fornecer informações sobre localização geográfica dinâmica.

- **Enumeração de localização (LocEnum):** esse campo é opcional. Caso seja omitido o NCAP deve assumir que o TIM não possui nenhuma informação geográfica.
- **Lista de Membros (Member List):** esse campo pode ser omitido caso o TIM não contenha informações de localização geográfica. Essa lista de membros compõe a lista de membros dos canais.
- O campo Grupo de Tipo é o mesmo definido anteriormente.

O campo TransducerChannels Proxies (Proxies) é necessário caso o TIM contenha localização geográfica e pode ser omitido caso o TIM não forneça localização geográfica. É usado para combinar as saídas de múltiplos sensores ou entradas múltiplas para atuadores em uma única estrutura.

O campo ID de número 22 é denominado de Número de TransducerChannel no *Proxy* do TransducerChannel (ChanNum). Esse campo é necessário, caso o TIM implemente TransducerChannels Proxies. Contém o canal do transdutor que será utilizado quando abordar o *proxy*. Pode ser usado para ler dados de um *proxy* de um sensor, para gravar dados de um sensor atuador ou para acionar todos os transdutores representados pelo *proxy*.

O campo Organização de Conjunto de Dados (Organiz) é obrigatório para TIMs, que possuem proxies de TransducerChannel, caso contrário esse campo deve ser omitido. Deve ser usado quando o conjunto de dados de diferentes transdutores contém diferentes números de identificação em uma mesma rede.

Na seção 2.10.1 deste capítulo foi apresentado um exemplo prático de descrição de Meta-TEDS para um sensor simples de temperatura. Nessa seção é demonstrado como deve-se realizar o cálculo de cada campo da Meta-TEDS.

2.8.2 TransducerChannel TEDS

TransducerChannel TEDS tem a função de fornecer informações detalhadas sobre as especificações dos transdutores, além de fornecer os parâmetros físicos que estão sendo usados, tais como: faixa que o transdutor está operando, características digitais de I/O, modo de operação do transdutor e medidas de tempo. Na Tabela 4, apresenta-se um exemplo da estrutura de TransducerChannel TEDS, de acordo com o padrão IEEE 1451.0 (IEEE 1451.0, 2007).

Tabela 4 – Estrutura da estrutura de uma TransducerChannel TEDS

ID	Nome do Campo	Descrição	Tipo	Octetos
-		Tamanho da TEDS	UInt32	4
0-2	-	Reservado	-	-
3	TEDSID	Identificação da TEDS	UInt8	4
4-9	-	Reservado	-	-
Informações Relacionadas ao TransducerChannel				
10	CalKey	Chave de Calibração	UInt8	1
11	ChanType	Tipo de Chave do TransducerChannel	UInt8	1
12	PhyUnits	Unidades Físicas	UNITS	11
50	UnitType	Enumeração e interpretação física de	UInt8	1

		Unidades		
51	Radianos	Expoente para Radianos	UInt8	1
52	SterRad	Expoente para Steradianos	UInt8	1
53	Meters	Expoente para Meters	UInt8	1
54	Quilogramas	Expoente para Quilogramas	UInt8	1
55	Segundos	Expoente para Segundos	UInt8	1
56	Amperes	Expoente para Amperes	UInt8	1
57	Kelvins	Expoente para Kelvins	UInt8	1
58	Moles	Expoente para Moles	UInt8	1
59	Candelas	Expoente para Candelas	UInt8	1
60	UnitsExt	Extensão de código de acesso	UInt8	1
13	LowLimit	Projeto operacional de alcance menor	Float32	4
14	HiLimit	Projeto operacional de alcance maior	Float32	4
15	OError	Pior caso	Float32	4
16	SelfTest	Chave de auto teste	UInt8	1
17	MRange	Capacidade de Multi-Range	UInt8	1
-	Conversão de informações relatadas		-	-
18	Amostra		-	-
40	DatModel	Modelos de dados	UInt8	1
41	ModLenth	Tamanho do modelo de dados	UInt8	1
42	SigBits	Modelo de bits mais significante	UInt16	2
19	DataSet			
43	Repeats	Máxima repetição de dados	UInt16	2
44	SOrigin	Origem da serie	Float32	4
45	StepSize	Incremento das Series	Float32	4
46	SUnits	Unidades de Series	UNITS	11
47	PreTrigg	Máximo de amostras de pré-trigger	UInts16	2
Relacionado à temporalização das informações				
20	UpdateT	Tempo de atualização do TransducerChannel	Float32	4
21	WSetupT	Tempo de escrita do TransducerChannel	Float32	4
22	RSetupT	Tempo de leitura do TransducerChannel	Float32	4
23	SPeriod	Período de amostragem do TransducerChannel	Float32	4
24	WarmUpT	Tempo de aquecimento do TransducerChannel	Float32	4

25	RDelayT	Leitura de Tempo de Atraso do TransducerChannel	Float32	4
26	TestTime	Requisito de tempo para auto teste do TransducerChannel	Float32	4
Informação de amostra de tempo				
27	TimeSrc	Código para amostra de tempo	UInt8	2
28	InPropD	Atraso de propagação de dados através de lógica de transporte de dados	Float32	4
29	OutPropD	Atraso de propagação de saída através da logica de transporte de dados	Float32	4
30	TSError	Gatilho para amostra de atraso	Float32	4
Atributos				
31	Amostragem	Atributo de Amostragem	-	-
48	SampMode	Modo de capacidade de amostragem	UInt8	1
49	SDefault	Modo de amostragem padrão	UInt8	1
32	DataXmit	Atributo de transmissão de dados	UInt8	1
33	Buffered	Atributo de Buffer	UInt8	1
34	EndOfSet	Operação de atributo de fim do conjunto de dados	UInt8	1
35	EdgeRpt	Relatório de atributo	UInt8	1
36	ActHalt	Atuador de parada de atributo	UInt8	1
Sensibilidade				
37	Direção	Sensibilidade de direção	Float32	4
38	DAngles	Ângulos de direção	Dois Float32	8
Opções				
39	ESOption	Opções de evento de sensor	UInt8	1
61-127	-	Reservado	-	-
128-255	-	Aberto para fabricantes	-	-
-	-	Checksum	UInt16	2

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

Na Tabela 4, os dois primeiros campos possuem descrição igual à citada nos mesmos campos da Meta-TEDS, e as demais funcionalidades são listadas a seguir.

O campo, cujo ID é 3, possui a descrição de Unidades Físicas (PhyUnits). É usado para controlar a unidade física que está sendo medida ou controlada.

O Campo Tipo de unidade (TypeUnits) é obrigatório para todos as TransducerChannel TEDS e serve para identificar qual será o tipo de unidade de medida usada para leitura dos dados. Os dados utilizados podem ser Radianos, Steradianos, Amperes, Meters, Kilograms, Segundos, Kelvins, Moles, Candelas. Esses campos possuem 8 bits de inteiros, e são representados na Tabela 4 pelos IDs que compreendem o 51 até 59 e não são obrigatórios, sendo dependentes do tipo de unidade.

O campo Extensão de Código de Acesso (UnitsExt) é opcional, e quando não é implementado, o NCAP assume que não existem extensões de TEDS nesse TransducerChannel. Esse campo é fornecido para assumir extensões baseadas em textos para uma unidade física na TEDS do TransducerChannel. Esse campo deve fornecer um código de acesso para as TEDS através de um texto base que permite a extensão das TEDS.

O campo Projeto Operacional de Alcance Menor (LowLimit) é obrigatório para todos os TransducerChannel TEDS. A omissão desse campo faz com que o NCAP emita uma mensagem de erro. No caso de sensores, esse é o menor valor para dados do TransducerChannel que é projetado após as correções aplicadas. Devem ser interpretadas em unidades físicas específicas, sendo que se os dados corrigidos no TransducerChannel ficam abaixo do limite, onde o TransducerChannel não atenderá às especificações do fabricante.

Se tratando de atuadores, esse será o menor valor válido para todos os TransducerChannels, sendo projetado antes de aceitar as correções aplicadas. Deve ser interpretados nas unidades específicas. A gravação dos dados corrigidos no TransducerChannel pode resultar em comportamento diferente do previsto pelo fabricante.

O campo Projeto Operacional de Alcance Maior (HiLimit) é obrigatório para todos os TransducerChannel TEDS. Caso seja omitido, o NCAP emite uma mensagem de erro. Para sensores, esse será o maior valor válido, sendo que se o valor desse campo ultrapassar o limite, pode não cumprir com as especificações do fabricante. Para atuadores esse será o maior valor válido para todos os TransducerChannel, sendo que, quando ultrapassado o limite, pode também provocar uma resposta fora das especificações do cliente.

O campo de ID 15, denominado Erro (OError), é obrigatório. Esse campo descreve incertezas quanto a saída do TransducerChannel, tais como, variação de energia, variações de tensão e variações no ambiente, que podem mudar a saída do TransducerChannel.

O campo Chave de auto teste (SelfTest) deve estar presente em todos os TransducerChannel TEDS, sendo que na sua ausência, o NCAP emite uma mensagem de erro.

Nele é definido a capacidade de auto teste da TransducerChannel TEDS como apresentado na Tabela 5:

Tabela 5 - Enumeração de chaves de auto teste

Valor	Significado
0	Sem função do auto teste necessário
1	Função de auto teste necessária
2 – 255	Reservado para futuras expansões

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

O campo Capacidade de Multirange (MRange) é opcional, e quando não for informado, o NCAP assume que não existe Capacidade de Multirange no TransducerChannel. O conteúdo deste campo identifica qualquer transdutor no TIM que possui a capacidade de operar em faixas diferentes. Caso esse campo seja informado, o TransducerChannel é capaz de operar em mais de um intervalo. Caso seja definida a existência de Capacidade de Multirange, é necessário que seja definido também um TEDS de comando usado para definir comandos para selecionar a faixa de operação.

O campo Definição Simples (Amostra) é obrigatório, e sua definição ocorre por meio de três campos requeridos por todos os TransducerChannel TEDS. São eles: Modelo de Dados, Tamanho do Modelo de dados, Modelo de Bit Mais Significante, que serão detalhados a seguir:

- **Modelo de Dados (DataModel):** é um campo obrigatório e descreve modelos de dados usados na emissão ou gravação para o TransducerChannel;
- **Tamanho do Modelo de Dados (ModeLeght):** esse campo possui a quantidade de octetos especificados na representação do campo de modelos de dados;
- **Modelo de Bit Mais Significante (SigBits):** esse campo é obrigatório, e quando omitido, o NCAP pode reportar erro fatal de TEDS. Quando o campo Modelo de Dados é um N-octeto inteiro, variando entre 0 ou 5, ou o N-octeto fração variando entre 3 ou 6, o valor desse campo é o número de bits mais significativo. Quando o Modelo de Dados for um N-octeto, N-octeto fração, um inteiro longo, ou fração de tempo, sendo que esse campo não pode exceder oito vezes o tamanho do Modelo de Dados. Quando o Modelo de Dados for um N-octeto inteiro ou inteiro longo, os bits de dados devem ser alinhados à direita dentro do fluxo do octeto. O valor zero não é aceito. Se o Modelo de Dados for um N-octeto fração ou fração de tempo, os bits de dados são alinhados à esquerda no octeto. Se o Modelo de Dados é de precisão real

simples ou dupla, o valor do campo Número de Bits no sinal do TransducerChannel's é convertido. Quando o Modelo de Dados é de precisão simples real, dupla precisão real, bit de sequência, ou tempo do dia, e o campo Bits de Modelo Significativo pode ser fixo ou ignorado.

O campo de ID 19 Conjunto de Dados (DataSet) é obrigatório em todos os TransducerChannel TEDS. Se o campo for omitido, as repetições de dados *Maximum* e o *pré-trigger Maximum* devem assumir o valor zero.

O campo de ID 43, denominado Máxima repetição de dados (*Repeats*), é opcional. Caso o campo seja omitido, o valor deve ser igual à zero. Esse campo contém o número de repetições que o TransducerChannel pode produzir ou que seja exigido por um único *Trigger*. Cada repetição representa uma medição ou valor produzido, ou consumido pelo TransducerChannel.

O campo Origem da Série (SOrigim) deve ser omitido se o máximo de repetições de dados for igual a zero. Caso o número de repetições não for zero e o campo for omitido, o NCAP assume o valor zero para a Origem da Série.

O campo denominado Incremento das Séries (StepSize), cujo ID é 45 pode ser omitido caso o campo *Repeats* seja zero. Se o campo *Repeats* não for zero e esse campo for omitido, o NCAP apresentará uma mensagem de erro.

O campo de Unidades de Série (SUnits) contém as unidades físicas associadas com o campo Origem da Série e Incremento das Séries no TransducerChannel TEDS.

O campo cujo ID é 47, Máximo de Amostras do Pré-Trigger (PreTrigg), apresenta o número de repetições que podem ser incluídas e armazenadas antes que um *trigger* que seja disparado. Quando o valor for igual à zero, o sensor não pode ser operado no modo de funcionamento livre de pré-trigger.

O campo Tempo de atuação do TransducerChannel (UpdateT) contém o tempo máximo em segundos do primeiro *trigger* e o engate da primeira amostra em um conjunto de dados para este TransducerChannel.

O campo cujo ID é 22 denomina-se Tempo de Leitura do TransducerChannel (RSetupT) é obrigatório. Contém o tempo máximo em segundos entre a recepção do gatilho pelo módulo transdutor e o tempo que os dados estarão disponíveis para leitura. Caso o valor seja zero, os dados podem ser lidos a qualquer momento depois que ele é acionado.

O campo denominado Período de amostragem do TransducerChannel (Speriod) é obrigatório para todos os TransducerChannels. Quando o período de amostragem não for necessário o valor indicado deve ser zero. Esse parâmetro representa o período de

amostragem determinado pela implementação do módulo transdutor, sendo representado em segundos.

O campo Tempo de escrita do TransducerChannel (WarmUpT) cujo ID é 24, é obrigatório. Contém o período de tempo expresso em segundos, no qual o TransducerChannel estabiliza sua performance com tolerância pré-definidas. Levando em consideração as condições dos piores casos e depois de aplicar energia no TransducerChannel.

O campo denominado Tempo de leitura do TransducerChannel (RDelayT) é obrigatório para todos os TransducerChannels e contém o máximo de tempo de atraso em segundos, entre a leitura do comando de segmento do TransducerChannel e o início de transmissão de quadro de dados.

O campo, cujo ID é 26, denomina-se Requisito de Tempo para Auto Teste do TransducerChannel (TestTime). Deve estar presente em todos os TransducerChannels que possuem a capacidade de auto teste. Esse campo possui o valor em segundos necessário para executar o auto teste.

O campo, Código para Amostra de Tempo (TimeSrc) é opcional, e, quando não é informado a opção “NoHelp”, deve ser acionada.

O campo, Atraso de Propagação de Dados Através de Lógica de Transporte de Dados (InPropDI), é obrigatório se a fonte para o Campo de Amostra de Tempo tiver o valor “*Incoming*”. Caso contrário, pode ser omitido. Esse campo possui um número de precisão que define o atraso de tempo representado em segundos.

O campo, cujo ID é 29, denomina-se Atraso de propagação de saída através da logica de transporte de dados (OutPropD). É obrigatório caso a fonte do tempo contenha o valor de “saída”, podendo ser omitido caso contrário. Esse campo guarda um valor real que define em segundos o atraso de tempo entre a última amostra e o sinal de trava.

O campo, Gatilho para amostra de atalho (TSError), é opcional para todas os TransducerChannels, e marca o tempo em segundos que leva entre o gatilho e a amostra a ser aplicada ou retirada.

O campo de ID 48, denominado Modo de capacidade de amostragem (SampMode), é obrigatório para todos os TransducerChannels. É usado para descrever quais modos de amostragem são suportados pelo TransducerChannel.

O campo, Modelo de Amostragem Padrão (SDefault), é obrigatório a todos os TransducerChannel que operam em mais de um modo de amostragem. Esse campo é usado pra descrever os modos de amostragem padrão para esse TransducerChannel.

O campo, Atributo de Buffer (Buffered), cujo ID é 33, é opcional. Quando omitido o NCAP assume que existe somente um Buffer disponível. Esse atributo é usado para descrever os modos de operação de buffer disponíveis no TransducerChannel.

O campo, Operação de atributo de fim do conjunto de dados (EndOfSet), é obrigatório quando existe um TransducerChannel para um atuador. Pode ser omitido para sensores.

O campo, cujo ID é 32, denomina-se Atributo de Transmissão de Dados (DataXmit), e é opcional para sensores, podendo ser omitido para atuadores. Esse campo descreve os modos de transmissão de dados usados por esse TransducerChannel.

O campo, Relatório de Atributo (EdgeRpt), é obrigatório para TransducerChannels de sensores de eventos e descreve os modos de operação usados por esse sensor.

O campo, Atuador de Parada de Atributo (ActHalt), é obrigatório no caso de um TransducerChannel operador e descreve os modos suportados por esse atuador.

O campo, Sensibilidade de Direção (Direction), é opcional, sendo que, quando utilizado, o fabricante deve identificar pelo menos dois ou três eixos para identificação da direção.

O campo denominado Ângulos de Direção (DAngles) é opcional, e usado para fornecer coordenadas espaciais em radianos.

O campo, Opções de Evento do Sensor (ESOpition), somente é usado em sensores de eventos. Esse parâmetro define a capacidade do módulo transdutor para detectar e relatar inconsistências.

2.8.3 User's Transducer Name TEDS

A estrutura dessas TEDS tem por finalidade identificar o transdutor através de um nome e seu conteúdo é definido pelo usuário. A User's Transducer Name TEDS possui a seguinte estrutura apresentada na Tabela 6 (IEEE 1451.0, 2007).

Tabela 6 - Estrutura do User's Transducer Name TEDS

Tipo	Nome	Descrição	Tipo de Dados	Octetos
-		Tamanho	UInt32	4
0-2	-	Reservado	-	-
3	TEDID	Cabeçalho de Identificação de TEDS	UInt8	4
4	Formato	Descrição do formato das TEDS	UInt8	1

5	TCName	Nome do TIM ou TransducerChannel	-	
-		Checksum	UInt16	2

Fonte: IEEE 1451.0 (2007)

Os respectivos campos apresentados na Tabela 6 representam:

Descrição do formato das TEDS (Formato): esse campo é obrigatório e mostra que a estrutura do bloco dos dados é definida pelo usuário.

Nome do TIM ou TransducerChannel (TCName): esse campo guarda o nome do TIM ou TransducerChannel.

2.8.4 PHY TEDS

As PHY TEDS são definidas de acordo com o meio de comunicação utilizado, e tem a função de disponibilizar uma interface de comunicação para acesso a qualquer canal. Por exemplo, a interface de comunicação sem fio ZigBee. Os octetos da PHY TEDS são constantes e somente de leitura, seguindo o formato geral das TEDS propostas no padrão IEEE 1451.0 utilizando a arquitetura TLV (*Type/Length/Value*) para módulos de comunicação que utilizam arquitetura cabeada para a comunicação dos dados. Todos os campos da PHY TEDS são obrigatórios, sendo que, se houver erro ou omissão de algum campo, o NCAP enviará uma mensagem de erro. Para a comunicação sem fio, a PHY TEDS é definida no padrão IEEE 1451.5. A Tabela 7 ilustra o formato de uma PHY TEDS (IEEE 1451.5, 2007).

Tabela 7 - Estrutura de uma PHY TEDS

Tipo	Nome	Descrição	Tipo	Octetos
-		Tamanho das TEDS	UInt32	4
3	TEDID	Cabeçalho de Identificação de TEDS	UInt8	4
4-9		Reservado		
10	Rádio	Tipo de Rádio Frequência	UInt8	1
11	MaxBPS	Max. Transferência de Dados	UInt32	4
12	MaxCDev	Max. de Dispositivos Conectados	UInt16	2
13	MaxRDev	Max. de Dispositivos Registrados	UInt16	2
14	Encrypt	Encriptação	UInt16	2

15	Authent	Autenticação	Booleano	1
16	MinKeyL	Tamanho da Chave Mínima	UInt16	2
17	MaxKeyL	Tamanho da Chave Máxima	UInt16	2
18	MaxSDU	Tamanho Máximo do SDU	UInt16	2
19	MinALat	Latência Mínima de Acesso	UInt32	4
20	MinTLat	Latência Mínima de Transmissão	UInt32	4
21	MaxXact	Máximo de Transações Simultâneas	UInt8	1
22	Battery	Dispositivo Ligado a Bateria	UInt8	1
23	RadioVer	Versão do Rádio	UInt16	2
24	MaxRetry	Máximo de Tentativas Antes de Desconectar	UInt16	2
25-31	-	Reservado		
32-41		Específico para o Protocolo Bluetooth		
42-47		Reservado		
48-54		Rádio Frequência 802.11		
55-63		Reservado		
64-80		Específico para o Protocolo ZigBee		
81-95		Reservado		
96-103		Específico ao Protocolo 6LowPAN		
104-127		Reservado		
128-255		Aberto aos Fabricantes		
-		Checksum	UInt16	2

Fonte: IEEE 1451.5 (2007)

Os campos apresentados na Tabela 7 são descritos a seguir.

Todos os campos, cuja descrição é “reservado”, são usados para atualizações previstas no padrão IEEE 1451.

O campo, **Cabeçalho de Identificação de TEDS (TEDSID)**, é utilizado para identificação da TEDS.

O campo, cujo ID é 10, **Tipo de Radio Frequência (Rádio)**, define o tipo de rádio frequência que será utilizada.

O campo, **Max. Transferência de Dados (MaxBPS)**, marca a taxa máxima de transferência de dados em bits por segundo.

O campo de ID 12 é denominado **Max. Dispositivos Conectados (MaxCDev)** e contém o número máximo de dispositivos que trabalharão simultaneamente.

O campo, **Max. Dispositivos Registrados (MaxRDev)**, mostra o número máximo de dispositivos que podem ser conectados simultaneamente a um nó de rádio.

O campo, cuja descrição é **Encriptação (Encrypt)**, indica se o rádio usado para comunicação de suporte a algum tipo de encriptação.

O campo, **Autenticação (Authent)**, indica se existe autenticação suportada pelo tipo de rádio.

O campo de ID 16, cuja descrição é **Tamanho da Chave Mínima (MinKeyL)**, contém o parâmetro mínimo de autenticação ou tamanho da chave de encriptação suportada pelo tipo de rádio.

O campo, **Tamanho da Chave Máxima (MaxKeyL)**, contém o parâmetro máximo de autenticação ou tamanho da chave de encriptação suportada pelo tipo de rádio.

O campo denominado **Tamanho Máximo do SDU (MaxSDU)** contém o máximo de serviço de unidade de dados, e o tamanho dos bytes aceitos para transferência entre esse dispositivo e outro.

O campo, cujo ID é 19, denomina-se **Latência Mínima de Acesso (MinALat)** e possui o tempo mínimo para transmissão se iniciar primeiro a um dispositivo desligado em nanossegundos.

O campo, **Latência Mínima de Transmissão (MinTLat)**, contém o tempo mínimo em nanossegundos para transmitir o menor pacote de dados a partir do nó de rádio.

O campo, **Máximo de Transações Simultâneas (MaxXact)**, de ID 24 possui o número máximo de operações simultâneas que podem ocorrer.

O campo, **Dispositivo Ligado a Bateria (Battery)**, indica se um nó de rádio é ligado a uma bateria.

O campo, **Versão de Rádio (RadioVer)**, indica qual a versão de rádio que será usada. O valor de zero é o padrão, e indica que a versão de rádio é desconhecida. Um valor diferente de zero é interpretado com os dois dígitos superiores, que indica o número da versão principal de rádio, e os dois menores dígitos indicam o número da versão secundária.

O campo, **Máximo de Tentativas Antes de Desconectar (MaxRetry)**, indica o número máximo de tentativas que o rádio irá realizar para tentar desconectar com outro dispositivo.

2.9 TEDS Opcionais

Além das TEDS obrigatórias, ainda pode ser usada TEDS opcionais, dependendo da necessidade do usuário. São seis TEDS opcionais, que são apresentadas na subseção 2.1.2.1 até a subseção 2.1.2.6.

2.9.1 Calibration TEDS

A Calibration TEDS é responsável por converter a saída do sensor em constantes da engenharia, e as constantes da engenharia em dados requeridos pelo atuador. Na Tabela 8 é apresentada a estrutura dessa TEDS (IEEE 1451.0, 2007).

Tabela 8 - Estrutura da Calibration TEDS

ID	Nome	Descrição	Tipo	Obr/Op	Octetos
-		Tamanho	UInt32	-	4
0-2	-	Reservado	-	-	-
3	TEDID	Identificador de TEDS	UInt8	Op	4
4-9	-	Reservado	-	-	-
-	Informações sobre dados de calibração			-	-
10	LstCalDt	Dados da última calibração	TimeInstance	Ob	8
11	CalInrvl	Intervalo de calibração	TimeDuration	Ob	8
Informações de Unidade					
12	SICnvrt	Unidades Constantes de conversão SI	-	Ob	-
30	SISlope	Unidades de Conversão Slope SI	Float32	Ob	4

31	Intrept	Unidades de Conversão Intrept SI	Float32	Ob	4
Limites Operacionais e Incerteza					
13	LowLimit	Limite de alcance operacional menor	Float32	Ob	4
14	HiLimit	Limite de alcance operacional maior	Float32	Ob	4
15	OError	Incerteza Operacional	Float32	Ob	4
Correção Matemática a ser realizada nos dados antes e após a correção					
16	OConvert	Operação de Pós-Conversão	UInt8	Ob	1
17	IConvert	Operação de Pré-Conversão	UInt8	Ob	1
Usado quando um método Linear de Conversão é utilizado					
20	LinOnly	Utilizado quando existe conversão linear	-	Ob	-
Descreve o TransducerChannel envolvido nas correções envolvidas neste TEDS					
21	XdcrBlk	Descrição do TransducerChannel	-	Ob	-
40	Element	Número do Elemento	UInt6	Ob	1
41	ChanNum	Correção de Entrada do TransducerChannel	UInt6	Ob	1
42	ChanKey	Chave de Correção de Entrada	UInt8	Ob	1
43	Degree	Grau do TransduceChannel	UInt8	Ob	1
44	STable	Segmento Limite da Tabela de valores	-	-	-
45	OTable	Compensar tabelas de valores de segmento	Float32Array	Ob	1
46	LoBndry	Matriz de limites baixos de fronteira	Float32Array	Ob	1
47	HiBndry	Matriz de limites altos de fronteira	Float32Array	Ob	1
Providência um segmento de correção para esta TEDS					

22	CoefBlk	Coeficiente multinominal	-	Ob	-
50	CellNum	Número de células para aplicar no conjunto de coeficientes	UInt8	Ob	1
51	CoefSet	Conjunto de Coeficientes desta célula	Float32Array	Ob	2
18-19	-	Reservado	-	-	-
23-29	-	Reservado	-	-	-
48-49	-	Reservado	-	-	-
52-127	-	Reservado	-	-	-
128-255	-	Reservado	-	-	-
-		Cheksum	UInt32	-	2

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

A descrição de cada campo apresentado na Tabela 8 é detalhada a seguir.

O campo, **Limite de alcance operacional menor (LowLimit)**, é opcional, porém caso esse campo seja omitido, os campos de inclinação de conversão de unidade e unidade de conversão de interceptação devem ser iguais a um e zero, respectivamente. Para sensores, esse valor deve ser o menor valor válido para os TransducerChannels após a correção. Se tratando de atuadores, esse valor deve ser o menor valor válido para os TransducerChannels antes da correção aplicada nas unidades adequadas para esse TEDS.

O campo, cuja descrição é **Limite de alcance operacional maior (HiLimit)**, é opcional e caso seja omitido, o NCAP irá emitir uma mensagem de erro FATAL. Para sensores, esse valor deve ser o valor válido para os TransducerChannels após a correção. Para atuadores, esse valor deve ser o maior valor válido para os TransducerChannels antes da correção aplicada nas unidades adequadas para esse TEDS.

O campo, cujo ID é 15, denomina-se **Incerteza Operacional (OError)**. Esse campo é opcional, caso não seja informado. O NCAP deve usar a incerteza nas piores condições especificadas nas TransducerChannel TEDS.

O campo, **Operação de Pós-Conversão (OConvert)** é opcional, e caso seja omitido, o NCAP deverá supor que não existe nenhuma operação de pós-conversão. Esse campo

contém uma enumeração para identificar uma operação matemática que deve ser realizada para produzir o valor das unidades especificadas no TransducerChannel TEDS.

O campo, **Operação de Pré-Conversão (IConvert)**, é opcional, e caso seja omitido, o NCAP deve assumir que não existe nenhuma operação de pré-conversão. Esse campo guarda os valores que identificam uma operação matemática que deve ser realizada para contribuir no processo de correção, que deve ser feito no processo de correção realizado para produzir um valor nas unidades especificadas o TransducerChannel TEDS.

O campo, **Conversão Linear (LinOnly)**, de ID 20, é opcional, e deve ser utilizado quando um método de conversão linear é usado. Caso os campos 20, 21 ou 22 não forem fornecidos, o NCAP retornará erro FATAL de TEDS. Esse campo descreve todas as constantes necessárias para uma única TransducerChannels quando a conversão for linear e conter um único corte.

O campo, **Descrição do TransducerChannel (XdcrBlk)**, é obrigatório caso apenas o método de conversão seja usado. Caso os campos 20, 21 ou 22 não sejam informados, o NCAP apresentará mensagem de erro. Esse campo descreve todas as constantes necessárias para uma única TransducerChannel quando uma conversão for linear e conter um único corte. Descreve ainda, todas as constantes necessárias para uma única TransducerChannel que faz parte do processo de correção. Possui os seguintes campos:

- Número do Elemento;
- Entrada de Correção do TransducerChannel;
- Entrada de Correção Chave do TransducerChannel;
- Grau do TransducerChannel;
- Segmento Limite de Tabela de Valores;
- Segmento Compensar da Tabela Valores.

Se múltiplas TransducerChannels fornecerem valores de entrada para processos de correção para o TransducerChannel, em seguida, cada um dos TransducerChannels que fornecem um valor de entrada deve ter uma descrição na Calibration TEDS (IEEE 1451.0, 2007).

O campo, **Número do Elemento (Element)**, é obrigatório e usado para determinar um número de células. Caso esse campo seja usado, torna obrigatório o uso do campo cujo ID é 50.

O campo, **Correção de Entrada do TransducerChannel (ChanKey)**, é obrigatório e contém a chave para determinar a fonte de dados associados a esse TransducerChannel. Na Tabela 9 é possível ver os possíveis valores das chaves.

Tabela 9 - Valores de correção da chave do TransducerChannel

Valor	Significado
0	O valor de entrada deve ser obtido a partir do transdutor
1	O valor de entrada deve ser obtido a partir do NCAP
2-255	Inválido

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

O campo, **Grau do TransducerChannel (Degree)**, requer a inclusão do campo 21 e corresponde ao grau de correção à entrada.

O campo, **Segmento Limite da Tabela de Valores (STable)**, requer a inclusão do campo 21 e consiste em dois subgrupos: matriz de limites baixos de fronteira, Limite alto.

O campo, **Compensar tabela de valores de segmentos (OTable)**, requer a existência de um valor no campo 21 além de ser obrigatório. Esse campo é armazenado nas TEDS como precisão simples ou números reais, apesar de poder representar dados numéricos diferentes.

O campo, **Matriz de Limites Baixos de Fronteira (LoBndry)**, é obrigatório e requer o campo 21 preenchido. Esse campo representa uma tabela que contém o limite inferior de cada segmento em ordem numérica crescente, onde são armazenados na TEDS como números reais de precisão simples, podendo representar outros números.

O campo, **Matriz de Limites Altos de Fronteira (HiBndry)**, é obrigatório e requer o campo 21 preenchido. Esse campo é um número de precisão única, que deve conter o maior valor para o mais elevado segmento do intervalo.

O campo, cujo ID é 22, denomina-se **Coefficiente Multidimensional (CoefBlk)** e é obrigatório se um método de conversão geral é usado, sendo que, além desse campo, o campo 20 ou 21 devem ser informados se o campo 20 for informado, e os campos 21 e 22 devem ser omitidos. Esse campo consiste em dois sub-blocos, o CelNum e CoefSet.

O campo, **Número de células**, desse segmento, para aplicar no conjunto de coeficientes (CelNum), é obrigatório, caso o campo 22 seja incluído. As células são enumeradas de zero a N com os valores de segmentos mais baixos de toda entrada dos TransducerChannels.

O campo, **Conjunto de Coeficientes (CoefSet)**, é obrigatório se o campo 20 é utilizado. Esse campo é uma matriz unidimensional contendo o coeficiente para cada termo da

equação. Todos os blocos, dentro de alguns Calibration TEDS, devem conter o mesmo tamanho e coeficientes. Caso não sejam necessários para um segmento, porém necessário a outro, devem ser ajustados com o valor zero.

2.9.2 Frequency Responce TEDS

A Frequency Responce TEDS torna disponíveis informações relativas à resposta de frequência do canal do transdutor. É responsável por fornecer uma lista parcial de fatores que afetam a resposta de sinal analógico condicionado, suavização de filtro e processamento de sinal digital. Essa TEDS é acessada por meio de comandos de consulta, leitura, gravação ou atualização das TEDS. Sendo que esses comandos podem ser somente de leitura ou de leitura e gravação (isso fica a critério do fabricante). Na Tabela 10, é apresentado um exemplo de Frequency Response TEDS (IEEE 1451.0, 2007).

Tabela 10 - Estrutura de uma Frequency Response TEDS

Tipo	Nome	Descrição	Tipo	Octetos
-		Tamanho das TEDS	UInt32	4
0-2	-	Reservado	-	-
3	TEDID	Identificação da TEDS	UInt8	4
4-9	-	Reservado	-	-
10	RefFreq	Frequência de Referência	Float32	4
11	RefAmp	Teste de Amplitude	Float32	4
12	RefPhase	Fase com a Frequência de Referência	Float32	4
Os campos seguintes representam uma estrutura que define um ponto de dados				
13	Points	Pontos na Tabela	-	-
14-127	-	Reservado	-	-
128-255	-	Aberto aos Fabricantes	-	-
-	-	Checksum	-	-

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

Os campos presentes na Tabela 10 têm as seguintes funções:

O campo, **Identificação das TEDS (TEDSID)**, é obrigatório e usado para identificar a TEDS.

O campo, **Frequência de Referência (RefFreq)**, é obrigatório e identifica a frequência de referência em que a amplitude é definida como sendo unidade, que deve ser medida em Hertz.

O campo, **Teste de Amplitude (RefAmp)**, é obrigatório e identifica a amplitude de entrada utilizada para obter a informação de resposta. As unidade desse campo devem ser as mesmas que as definidas nos campos de unidades físicas do TransducerChannel TEDS.

O campo, **Fase com a Frequência de Referência (RefPhase)**, é obrigatório. Ele identifica o deslocamento da fase de saída na frequência de referência do TransducerChannel. A unidade deste campo é medida em radianos.

O campo, **Pontos na Tabela (Points)**, é obrigatório e define o campo de dados na tabela de resposta, sendo que cada ponto de dados é constituído por três subcampos: frequência, resposta de amplitude, resposta de fase. Esse campo pode se repetir sempre que o fabricante achar adequado para definir a resposta de frequência do Transducer Channel. A Tabela 11 apresenta a estrutura dos dados desse campo.

Tabela 11 - Estrutura da Tabela de Pontos

Campo	Definição
Tipo de Campo	Sempre 13 para este campo.
Tamanho	Sempre 12 porque existem 3 números de ponto flutuante no campo de valor.
Amplitude	Define a amplitude da saída do TransducerChannel em relação a amplitude na frequência de referência definida no campo 2. Calcula a resposta da amplitude: amplitude na frequência/amplitude na frequência de referência.
Fase	Identifica o deslocamento de fase de saída na frequência do TransducerChannel, esse parâmetro deve ser medido em radianos.

Fonte: IEEE 1451.0 (2007)

2.9.3 Transfer Function TEDS

A Transfer Function TEDS fornece uma série de constantes que podem ser utilizadas para descrever a função de transferência do transdutor. Fatores que influenciam a função de transferência do sensor e o condicionamento de sinal analógico, filtro *anti-aliasing* e processamento de sinais digitais. Essa TEDS é normalizada com a função de transferência e assume que os dados dos transdutores são referenciados por essa frequência. Quando a função de transferência descreve a relação entre a entrada de saída e do TransducerChannel, a função inversa pode ser utilizada para linearizar ou compensar a frequência de resposta do sistema (IEEE 1451.0, 2007).

A resposta de compensação da aplicação utiliza uma função matemática específica com base nos dados do TransducerChannel. O objetivo da compensação depende do tipo de TransducerChannel, entretanto o pedido de compensação independente do tipo de TransducerChannel (IEEE 1451.0, 2007).

As TEDS são acessadas através de um comando de consulta de TEDS, gravação de segmento de TEDS, leitura de segmento de TEDS ou uma atualização de comando. A estrutura dessas TEDS segue na Tabela 12:

Tabela 12 - Estrutura de uma Transfer Function TEDS

Campo	Nome	Descrição	Tipo	Octetos
-		Tamanho da TEDS	UInt32	4
0-2	-	Reservado	-	-
3	TEDID	Cabeçalho de Identificação de TEDS	UInt8	4
4-9	-	Reservado	-	-
Relato de informações da Transfer Function TEDS				
10	RefFreq	Frequência de Referência	Float32	4
11	OneZero	Único Zero TF_SZ	Float32	4
12	OnePole	Único Polo TF_SP	Float32	4
13	ZeroPole	Único Zero com Polo Dependente	-	-
14	PoleZero	Único Polo com Zero Dependente	-	-
15	ComplexZ	Complexo Zero	-	-
16	ComplexP	Complexo de Polo	-	-
17	OneZZPol	Único Zero a Zero de um Polo Único	-	-

18	CRSlope	Constante Relativa de Slope	Float32	4
19	SampleT	Amostra / Atraso de Tempo	Float32	4
20	DependP	Único Polo Dependente de um TF_Spm zero (X)	Float32	4
21	DependZ	Único Zero Dependente do Polo TF_SZm (X)	Float32	4
22	ComplexZF	Complexo de Frequência Zero	Float32	4
23	ComplexoZQ	Fator de Qualidade Complexo de Zero	Float32	4
24	ComplexPF	Complexo de Polo de Frequência	Float32	4
25	ComplexPQ	Pólo de Fator de Qualidade Complexo	Float32	4
26-29	-	Reservado	-	-
30	NCoeff	Número de Coeficientes	Array de Float32	N*4
31	DCoeff	Denominador de Coeficientes	Array de Float32	N*4
32-127	-	Reservado	-	-
12-255	-	Aberto Para Uso dos Fabricantes	-	-
		Checksum		

Fonte: IEEE 1451.0 (2007)

Os respectivos campos descritos na Tabela 12 possuem as seguintes funções a seguir:

O campo, Único Zero TF_SZ (OneZero), é opcional. Caso seja omitido deve conter o valor zero. O valor usado descreve um filtro de primeira ordem com o ponto de -3dB a F.

O campo, Polo Único (Single Pole), é opcional, sendo composto de dois subgrupos, um deles é o mesmo que o zero único e outro é o mesmo que o polo único.

O campo, cujo ID é 20, denomina-se Único Polo Dependente de um TF_Spm zero (X) (DependP), é obrigatório caso o campo 13 esteja presente. Caso este campo seja omitido e o campo 13 estiver presente, o NCAP emitirá uma mensagem de erro.

O campo, Único Zero Dependente do Polo TF_SZm (X) (DependZ), para que funcione de maneira correta, requer que o campo 14 seja preenchido. Caso o campo 14 seja omitido o NCAP deve reportar uma mensagem de erro.

O campo, Complexo Zero (ComplexZ), é opcional. Caso esse campo seja omitido a função de transferência não contém um complexo zero. Esse campo tem dois subcampos, a frequência zero Complexo e fator de qualidade Complexo Zero.

O campo, Complexo de Frequência Zero (ComplexZF), é obrigatório se o campo 15 estiver presente. Se o campo for omitido, e o campo 15 estiver presente o NCAP enviará mensagem erro fatal de TEDS.

O campo de Pólo de Fator de Qualidade Complexo (ComplexPQ) é obrigatório, caso o campo 16 esteja presente. Se esse campo for omitido e o campo 16 estiver presente, o NCAP deverá emitir uma mensagem de erro fatal de TEDS. É tipicamente usado para descrever o comportamento de um sistema de graus de liberdade único como um sistema de massa Mole ou um acelerômetro. A quantidade para esse campo é “sem unidade”.

O campo, Único Zero a Zero de um Polo Único (OneZZPol), é opcional, e guarda um valor em *Hertz*. Descreve um filtro passa-alta de primeira ordem.

O campo, Constante Relativa de Slope (CRSlope), é opcional e caso seja omitido a função de transferência não possui função de inclinação.

O campo, cujo ID é 19, denomina-se Amostra / Atraso de Tempo (SampleT), é opcional. Se omitido, a função de transferência não conterá um filtro digital. Para esse tempo entre as amostras ou tempo de atraso, é usado um filtro digital, sendo que as unidades desse campo devem ser medidas em segundos.

O campo, Número de Coeficientes (NCoeff), é opcional. Se esse campo for omitido, a função de transferência não contém um “Z” transformar. Caso esse campo não estiver presente, mas o campo 31 estiver presente o NCAP apresentará um erro fatal de TEDS. Esse campo contém uma lista de coeficientes necessários no numerador da equação, sendo que o número de coeficientes pode ser obtido dividindo o comprimento da tupla por quatro.

O campo, Denominador de Coeficientes (DCoeff), é opcional. Se for omitido, a função não terá uma transformação de “Z”. Se esse campo não for preenchido, mas o campo 30 estiver preenchido, o NCAP apresentará uma mensagem de erro de TEDS. Esse campo contém uma lista de coeficientes exigidos pelo denominador da equação.

2.9.4 Text-Based TEDS

A Text-Based TEDS tem a função de fornecer informações para exibição de um operador. O fabricante pode optar por implementar essa TEDS como sendo somente de escrita ou de leitura e escrita. A Text-Based TEDS possui estruturas baseadas em blocos de texto, sendo que cada bloco é apresentado em uma linguagem específica, onde a primeira parte

dessa TEDS é usada para permitir que o processador leia e localize um único idioma. O fabricante que determina o número de línguas implementadas. Na Tabela 13, é apresentada detalhadamente a estrutura da Text-Based TEDS (IEEE 1451.0, 2007).

Tabela 13 - Estrutura da Text-Based TEDS

Campo	Nome	Descrição	Tipo	Octetos
-		Tamanho da TEDS	UInt32	4
0-2	-	Reservado	-	-
3	TEDID	Cabeçalho de Identificação de TEDS	UInt8	4
4-9	-	Reservado	-	-
Os campos seguintes compreendem o cabeçalho de idioma				
10	NumLag	Número de Blocos de Linguagens diferentes nessa TEDS	UInt8	1
11	DirBlock	Bloco de Descrição do Idioma. Esse Bloco pode ser repetido N vezes	-	-
20	LangCode	Código da Linguagem ISO 639	UInt8	2
21	OffSet	Desativar Idioma	UInt32	4
22	Length	Tamanho da Linguagem = LL	UInt32	4
23	Compress	Técnica de compressão utilizada	UInt8	1
12	SubSum	Sem verificação do checksum	UInt16	2
Os campos a seguir representam a estrutura que um texto contém em um idioma				
-	XMLText	XML – baseado em bloco de texto	Text	LL-2
-	XMLSum	ChekSum do Bloco de Texto	UInt16	2
13-19	-	Reservado	-	-
23-127	-	Reservado	-	-
128-255	-	Aberto ao Fabricante	-	-
-		Checksum	UInt16	2

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

A descrição de cada campo da Tabela 13 é descrita a seguir:

O campo, Cabeçalho de identificação de TEDS (TEDSID), é obrigatório e é responsável por identificar a TEDS.

Se o campo Número de Linguagens (NumLang) não for preenchido, o NCAP assume que só existe uma linguagem sendo usada. Esse campo contém o número de identificação para saber a quantidade de linguagens usadas.

O campo, Bloco de Descrição de Idioma (DirBlock), é obrigatório e composto pelos seguintes subcampos: Código de Linguagem, Idioma Compensado, Tamanho do Sub-bloco de Linguagem, Enumeração de Técnica de Compressão.

O campo, Código de Linguagem (LangCode), é obrigatório e indica os idiomas que os campos de textos no TEDS são escritos. O valor desse campo deve ser correspondente à lista de idiomas usados na ISO 639. Na Tabela 14, é possível verificar algumas das possíveis linguagens e sua representação de acordo com a ISO 639.

Tabela 14 - Lista de Linguagens ISO 639

Código de Linguagem - ISO 639	Linguagem
Reservado	-
Aa	Lingua Afar
Da	Dinamarquês
De	Alemão
Em	Inglês
Es	Espanhol
Eu	Basco
Fi	Finlandês
Fr	Francês
Ga	Irlandês
It	Italiano
Nl	Holandês
No	Norueguês
Pl	Polonês
Pt	Português
Ru	Russo
Sv	Sueco
Vi	Vietnamita
Zu	Zulu

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

O campo, Desativar Idioma (Offset), é obrigatório e indica o deslocamento do início das TEDS de acordo com o idioma especificado nos dados de informação contidos no XML, normalmente esse campo não é exibido.

O campo, Tamanho de Linguagem (Length), é obrigatório e tem a função de localizar a informação mostrada. Esse campo contém o número de octetos no sub-bloco incluindo a soma de verificação.

O campo, Enumeração para identificar a técnica de compressão utilizada (Compress), é usado para indicar o algoritmo de compressão usado no bloco de texto de idioma.

A Tabela 15 demonstra o valores aceitos para o campo *Compress*.

Tabela 15 - Tabela de Algoritmos de Compressão

Enumeração	Descrição
0	Significa que nenhuma compressão é usada no bloco de linguagens
1	WinZip
2	GZip
3	Reservado
4-127	Reservado
128-255	Aberto aos fabricantes

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

O campo, Sem verificação de CheckSum, contém a soma de todos os octetos que o precederam. Esse campo é obrigatório.

O campo, XML Baseado em um Bloco de Texto (text), é obrigatório e contém informações sobre todas as TEDS baseadas em texto descrito no padrão IEEE 1451.2.

2.9.5 End User Application Specific TEDS

A End User Application Specific TEDS armazena dados no TIM ou *TransducerChannel* de acordo com o desejado pelo usuário, sendo que cabe ao usuário definir seu conteúdo. Esta TEDS deve ser tanto lida como escrita. O formato da End User Application Specific TEDS é mostrado na Tabela 16 (IEEE 1451.0, 2007):

Tabela 16 - Formato da End User Application Specific TEDS

ID	Descrição	Tipo	Tipo	Octetos
-	Tamanho da TEDS	UInt32	UInt32	4
0-2	-	Reservado	-	-
3	TEDID	Cabeçalho pra Identificação de TEDS	UInt8	UInt8
4-9	-	Reservado	-	-
10	DadosUsuarioFinal	Variado		Variado
-	Checksum	UInt16		2

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

A Tabela 16 possui a seguinte descrição para seus campos:

O campo, tamanho, define a quantidade de octetos que essa TEDS possui para sua representação.

Os campos, cujo ID varia de 0 a 2, são reservados para futuras alterações no padrão.

O campo, DadosUsuarioFinal, não é definido no padrão. Ele recebe uma cadeia de caracteres para definir dados de acordo com o especificado pelo usuário.

O campo, CheckSum, é usada para validar a quantidade de octetos da TEDS.

2.9.6 Manufacturer-defined TEDS

A Manufacturer-defined TEDS pode ser de qualquer formato definido pelo fabricante da aplicação. O sistema não deve tentar analisar esses TEDS ou interpretar seu conteúdo. O sistema deve ler as TEDS e passar para o sistema que fez a requisição as informações. Essa TEDS pode ser somente de leitura ou de leitura e gravação. O conteúdo e estrutura da Manufacturer-defined TEDS é definido pelo usuário (IEEE 1451.0, 2007).

2.10 Exemplo de implementação manual de TEDS

Nesta seção, apresenta-se a descrição de três TEDS obrigatórias para um sensor simples de temperatura com a intenção de evidenciar o trabalho a ser realizado quando é feita a descrição de uma TEDS por meio manual. As demais TEDS seguem o mesmo esquema apresentado nos exemplos para sua elaboração (IEEE 1451.0, 2007).

2.10.1 Meta-TEDS

Nesta seção, é abordada a descrição passo a passo das TEDS para um sensor simples de temperatura. A primeira TEDS a ser descrita é a META-TEDS. Toda TEDS precisa de um campo para identificação. Esse campo é formado por diversos outros campos que em conjunto formam a identificação da TEDS, como segue na Tabela 17.

Tabela 17 - Meta-TEDS ID

Campo	Conteúdo	Função
Tipo	03	Este campo é usado para identificação da TEDS
Tamanho	04	Este campo define a quantidade de octetos que serão usados na descrição.
Família	00	Este campo indica qual membro da família de padrões IEEE 1451 definem a TEDS.
Classe	01	Identifica qual TEDS está sendo acessada.
Versão	01	Identifica a versão das TEDS.
Tamanho da Tupla	01	Indica o número de octetos no campo comprimento de todas as tuplas nas TEDS.

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

Na Tabela 18, o campo, “Tamanho”, é definido pelo padrão IEEE 1451 com o valor 04 obrigatório. O campo, “Classe”, identifica qual TEDS está sendo descrita. O valor 01 é correspondente a Meta-TEDS. O campo, Versão, define que versão da TEDS está definida no Padrão IEEE 1451, sendo que o valor 01 indica que a TEDS está em conformidade com a versão inicial prevista na norma.

Realizando-se a conversão dos valores para o formato TLV, tem-se o seguinte conjunto que define o ID da Meta-TEDS: 03 04 00 01 01 01

O próximo campo a ser definido é o UUID, que funciona como o identificador universal da TEDS. Este campo é composto por um conjunto de vários outros campos que são descritos na Tabela 18.

Tabela 18 - UUID da Meta TEDS.

Campo	Descrição	Número de Bits
1	Campo de Localização: esse valor é escolhido pelo fabricante do TIM e representa o local exato do fabricante.	42
2	Campo do Fabricante: o valor desse campo deve ser escolhido pelo fabricante do TIM.	4
3	Campo Ano: O valor desse campo deve ser o valor do ano atual.	12
4	Campo Tempo: Esse campo é escolhido pelo fabricante de tal maneira que gere uma combinação única para o UUID.	22

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

- **Campo de Localização:** é definido pelo fabricante do TIM e deve ser preenchido de maneira que os valores de satisfação sejam os requisitos deste campo. Esse campo possui 42 bits, sendo que 20 bits representam a localização quanto a norte e os outros 20 bits representam as coordenadas do sul. E os demais bits representam a magnitude em um arco de segundos.

- **Campo do Fabricante:** deve ser escolhido de maneira que não haja interferências na utilização do Campo de Localização, a interferência ocorre quando dois fabricantes reivindicam o controle físico sobre o mesmo local definido no Campo de Localização.

- **Campo Ano:** O valor desse campo é representado por um inteiro de 12 bits. A variação dos valores para esse campo tem como ano mínimo 4095 D.C.

- **Campo Tempo:** esse campo é representado por um inteiro de 22 bits, e os valores que esse campo pode assumir variam entre 0 a 4194303.

Nesse exemplo, foi utilizada a data de 25 de setembro de 2013, sendo que, esse TIM foi gerado com número 120 representado na data especificada. O fabricante deste TIM estava

nas seguintes coordenadas: latitude 14367 e longitude 381218. Existe apenas um fabricante para esse ponto, então o Campo do Fabricante assume o valor 0.

É necessário para gerar o UUID descobrir qual é o dia do ano que a data 14 de agosto de 2005 corresponde. Neste caso, esse dia corresponde ao dia de número 224. Realizando-se a seguinte operação para descobrir o valor do Campo Tempo: (dia do ano * 1000) + número da unidade produzida no dia. Calculando:

$$\text{Campo Tempo} = ((244 * 1000) + 120) = 2.240.120$$

Convertendo esses valores para binário, temos os valores demonstrados na Tabela 19.

Tabela 19 - Binário do UUID da Meta TEDS.

Campo	Valor	Binário	Quantidade de Bits
N/S	N	1	1
Latitude	14367	00000011100000011111	20
E/W	W	0	1
Longitude	381218	01011101000100100010	20
Fabricante	0	0000	4
Ano	2005	101111000101	12
Data/ Tempo	2240120	1000101001101111011000	22

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

O próximo passo, após a conversão dos valores para binário, diz respeito a união de todos os binários, gerando uma *string* da seguinte maneira: 10000001 11000000 11111001 01110100 01001000 10000010 11110001 01100010 10011011 11011000. Após unir os binários, deve-se dividir essa *string* em octetos e converter esses octetos para hexadecimal, como demonstrado na Tabela 20.

Tabela 20 - Hexadecimais do UUID da Meta TEDS.

Binário	Hexadecimal
10000001	81
11000000	C0
11111001	F9
01110100	74
01001000	48
10000010	82

11110001	F1
01100010	62
10011011	9B
11011000	D8

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

Através dos octetos gerados, deve-se montar a UUID juntando esses octetos. No entanto, antes de realizar a junção, deve-se adequar para o formato TLV, onde se junta ao UUID o octeto 04 para indicar que o campo da Meta-TEDS está sendo descrito. O valor 10 indica a quantidade de octetos que o UUID possui, resultando na adição do octeto 0A gerando o seguinte UUID final: 04 0A 81 C0 F9 74 48 82 F1 62 9B D8.

O próximo campo a ser calculado, é o Tempo de Limite Operacional. Para esse módulo TIM, definiu-se 0,5 segundos. Esse valor deve ser representado como um binário de 32 bits seguindo o padrão IEEE 754. O valor binário gerado após a conversão será 00111111000000000000000000000000. Separando-se em octetos e convertendo em hexadecimal temos 3F 00 00 00. Convertendo para TLV deve-se adicionar o valor 10 (0A Hex) para indicar o campo da Meta-TEDS descrito, e adicionar o octeto 04 como comprimento para esse campo. O TLV gerado para este campo é: 0A 04 3F 00 00 00.

Para o Tempo de Acesso Lento Externo, o valor adotado é o mesmo do intervalo normal.

Para o campo Intervalo de Teste Próprio, o valor adotado é de 0.5 segundos. Esse campo novamente é convertido para binário de acordo com o padrão IEEE 754, obtendo-se o seguinte binário: 11000000101000000000000000000000. Após converter os octetos para hexadecimal e adicionando os valores 0C e 04, obtém-se o seguinte valor para o octeto final em TLV: 0C 04 C0 A0 00 00.

Outro campo a ser definido é o número de canais de transdutores. Para este TIM o valor é 1. O tipo de dados é U16 e o campo é 13. A TLV gerada é: 0D 02 00 01.

O formato final de octetos para a Meta-TEDS é apresentado na Tabela 21. O campo, Tamanho Total, deve ser adicionado para indicar a quantidade total de octetos presentes da descrição da TEDS. O campo, Checksum, tem a finalidade de somar os octetos e validar a TEDS de acordo com o campo Tamanho Total.

Tabela 21 - Octetos da Meta TEDS.

Descrição	Octeto
Tamanho Total	00 00 00 24

Cabeçalho TLV	03 04 00 01 01 01
UUID	04 0A 81 C0 F9 74 48 81 F5 62 2E 78
Tempo Operacional	0A 04 3F 00 00 00
Intervalo de auto teste	0C 04 C0 A0 00 00
Número do canal do Transdutor	0D 02 00 01
Checksum	F8 82

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

2.10.2 Transducer Channel TEDS

Para a descrição da Transducer Channel TEDS, deve-se seguir o mesmo padrão de descrição adotado para Meta-TEDS. O primeiro campo a ser descrito é a identificação que segue o formato descrito na Tabela 22.

Tabela 22 - Transducer Channel TEDS.

Campo	Conteúdo	Função
Tipo	03	Campo de identificação da TEDS
Comprimento	04	Indica o tamanho do campo como tendo 4 octetos
Família	00	Indica qual membro da família IEEE 1451 define esta TEDS
Classe	03	Este campo define o Transducer Channel
Versão	01	Este campo define a versão da TEDS
Tamanho da Tupa	01	Define o número de octetos de todas a tuplas exceto esta.

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

Convertendo para o formato TLV temos: 03 04 00 03 01 01.

O próximo campo a ser definido, é a Chave de Calibração. Este TIM fornece uma saída ADC e um valor para calibração. Assim o NCAP utiliza o valor de calibração e converte para temperatura, o que corresponde a uma chave de calibração com valor 1.

O campo usado para armazenar a calibração é 10 (0A em hexadecimal), e convertendo os valores para o formato TLV temos o seguinte octeto: 0A 01 01.

Deve-se definir também a Chave do Canal do Transdutor. Para esse TIM temos apenas um canal de transdutor então este campo recebe o valor 0. O tipo de valor deste campo é 11. Convertendo os valores para o formato TLV temos: 0B 01 00.

Outro campo a ser definido, são as Unidades Físicas para esse TIM, a saída de temperatura é em graus Celsius, porém para esse campo pode-se definir vários valores como mostrado na Tabela 23.

Tabela 23 - Valores para Unidades Físicas.

Campo	Descrição	Campo Tipo TLV	Valor	Hexadecimal
1	Interpretação de Unidades Físicas.	50 (32 Hex)	0	0
2	2x<expoente de radianos> + 128	51 (33 Hex)	128	80
3	2x<expoente de steradianos> + 128	52 (34 Hex)	128	80
4	2x<expoente de metros> + 128	53 (35 Hex)	128	80
5	2x<expoente de kilogramas> + 128	54 (36 Hex)	128	80
6	2x<expoente de segundos> + 128	55 (37 Hex)	128	80
7	2x<expoente de amperes> + 128	56 (38 Hex)	128	80
8	2x<expoente de kelvins> + 128	57 (39 Hex)	130	82
9	2x<expoente de Moles> + 128	58 (3A Hex)	128	80
10	2x<expoente de Candelas> + 128	59 (3B Hex)	128	80

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

O valor para o Campo de Unidades Físicas é 12, porque somente o campo 8 precisa de entrada de dados na TEDS. Para as outras unidades, o valor padrão fica em 128. Convertendo para o padrão TLV, tem-se o seguinte octeto padrão: 0C 06 32 01 00 39 01 82.

O campo de Projeto Operacional de Limite Baixo define o valor mínimo de temperatura que será analisado pelo transdutor. Para esse TIM, usou-se o valor -40 °C. No entanto, o limite operacional é definido em Kelvins, sendo necessário realizar uma conversão utilizando a seguinte fórmula: Deg k = Deg C+273,15. O formato para esse campo é um real de 32 bits (*float 32*) e a conversão para binário deve ser feita de acordo com o padrão IEEE 754. Após a conversão e a passagem para o formato TLV, tem-se os seguintes octetos: 0D 04 43 69 00 00.

O campo de Projeto Operacional de Limite Alto define o valor máximo de temperatura que será analisado pelo transdutor. Para esse TI, usou-se o valor 80 °C. Vale observar que o

limite máximo deve ser definido em Kelvins e converte-se novamente utilizando a fórmula citada acima, resultando em um valor real que novamente deve ser convertido para binário, utilizando o padrão IEEE 754. Após a conversão para o formato TLV, temos o seguinte conjunto de octetos: 0E 04 43 B0 80 00.

O próximo campo descrito para o TIM é o campo de Condição de Pior Caso. Nesse campo, descreve-se a margem de erro de leitura na temperatura. Para esse TIM, definiu-se o valor de 2.0 °C. O campo possui formato em ponto flutuante e após a conversão e passagem para formato TLV, chegamos ao seguinte conjunto de octetos final: 0F 04 40 00 00 00.

O campo, Chave de Auto Teste, tem para esse TIM o valor definido em 1 e após a passagem para o formato TLV, temos o seguinte valor: 10 01 01.

O Modelo de Dados recebe o valor 0 e o tipo de campo é 40, o que gera o seguinte octeto no formato TLV: 28 01 00.

O campo, Tamanho dos Modelos de Dados, possui o valor 2, e após conversões para o formato TLV, temos o seguinte octeto final: 29 01 02.

O Modelo de Bits Seguinte tem o valor 12 para esse TIM, e o tipo de campo é 42, gerando o seguinte octeto final: 2A 01 0C.

Para definir o Octeto final de definição de amostra, deve-se juntar os três campos calculados anteriormente, gerando o seguinte octeto padrão: 12 09 28 01 00 29 01 02 2A 01 0C.

Para essa TEDS, define-se como parâmetro para a atualização do canal do transdutor o campo Tempo de Atualização do Canal do Transdutor. Para esse TIM é adotado o valor 0.1 que é convertido para binário utilizando o padrão IEEE 754 e o seguinte octeto TLV: 14 04 3D CC CC CD.

O próximo campo a ser definido é o Tempo de Leitura do Canal do Transdutor. O valor utilizado é 25 milissegundos. Esse campo possui o formato em ponto flutuante e código 22 e após as conversões, temos o seguinte octeto: 16 04 37 D1 B7 17.

O campo Período de Amostragem possui o mesmo tempo que o Tempo de Atualização e também é convertido para binário pelo padrão IEEE 754 por ser um número representado em ponto flutuante. O cálculo dos octetos desse campo é: 17 04 3D CC CC CD.

Outro campo a ser definido é o Tempo de Aquecimento do Canal do Transdutor. Para esse transdutor o valor definido foi de 30 segundos com representação em número real de 32 bits. Convertendo para binário e adicionando o código do campo 24 temos o seguinte octeto final: 18 04 41 F0 00 00.

O Tempo de Atraso na Leitura do Canal do Transdutor também deve ser definido através de um valor real de 32 bits. Para esse transdutor foi usado 25 milissegundos. Após as conversões e adição do código do campo temos: 19 04 B7 B7 D1 17.

Para o campo de Tempo de Auto Teste do Canal do Transdutor, foi usado o mesmo valor definido na Meta-TEDS, ou seja, 5 segundos do tipo real de 32 bits. Adicionando-se o código do campo 26 temos os seguintes octetos: 1A 04 40 A0 00 00.

O campo Capacidade do Modo de Amostragem tem o código 48 e recebe o valor 2 gerando o seguinte octeto final: 30 01 02.

O Modelo de Octeto Padrão deve ser gerado através da combinação de dois campos: Capacidade do Modo de Amostragem e o Modo de Amostragem Padrão que para esse transdutor não necessita ser informado. Gerando um campo com total de 6 octetos: 1F 03 30 01 02.

Na Tabela 24 ilustra-se os campos gerados para a elaboração da Transducer Channel TEDS.

Tabela 24 - Octetos Finais da Transducer Channel TEDS.

Descrição	Octetos
ID	03 04 03 01 01
Chave de Calibração	0A 01 01
Tipo de Chave	0B 01 00
Unidades Físicas	0C 06 32 01 00 39 01 82
Limite Operacional Baixo	0D 04 43 69 00 00
Limite Operacional Alto	0E 04 43 B0 80 00
Condição de Pior Caso	0F 04 40 00 00 00
Chave de Auto Teste	10 01 01
Modelo de Dados	12 09 28 01 00 29 01 02 30 01 0C
Tempo de Atualização	14 04 3D CC CC CD
Tempo de Leitura do Canal	16 04 37 D1 B7 17
Período de Amostragem	17 04 3D CC CC CD
Tempo de Aquecimento do Canal	18 04 41 F0 00 00
Tempo de Atraso de Leitura do Canal	19 04 B7 B7 D1 17
Tempo de Auto Teste do Canal	1A 04 40 A0 00 00
Modelo de Octeto Padrão	1F 03 30 01 02.

Checksum	EF 2C
----------	-------

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

2.10.3 User's Transducer Name TEDS

Novamente, deve-se definir o campo de identificação da TEDS, que após convertido para o formato TLV, têm-se os seguintes octetos: 03 04 00 0C 01 01.

O próximo campo é o Formato. Esse campo possui o código 4 e valor 0. Após a conversão para os octetos finais temos: 04 01 00.

O próximo campo dessa TEDS é o TC Nome, que contém o modelo do Transdutor para esse TIM. Nesse exemplo, o modelo é: ACME-100. Para realizar a conversão desse campo, deve-se assimilar as letras e números desse campo com os valores da tabela ASCII e, após as conversões, chega-se ao seguinte conjunto de octetos: 41 43 4D 45 2D 31 30 30.

Na Tabela 25, tem-se os campos que compõem esta TEDS.

Tabela 25 - Octetos Finais da User's Transducer Name TEDS.

Descrição	Octetos
Identificação	03 04 00 0C 01 01
Formato	04 01 00
TC Nome	41 43 4D 45 2D 31 30 30
Checksum	30 FD FE

Fonte: IEEE 1451.0 (2007).

2.10. Considerações finais sobre o capítulo

O processo de descrição de TEDS é uma tarefa demorada e trabalhosa, além de exigir um conhecimento aprofundado sobre o funcionamento do padrão IEEE 1451. Esse capítulo definiu o formato das TEDS e detalhes sobre seus campos, e é apresentado também, detalhes do processo de descrição de forma manual.

Para utilizar a ferramenta TEDS-EASY, o usuário deverá conhecer o funcionamento do padrão para inserir os dados necessários de forma correta e gerar as TEDS. Desta forma, será poupado do processo de escrita e montagem das TEDS uma vez que o sistema irá gerar os octetos maneira automática.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Considerações Iniciais

A descrição de TEDS, nos módulos TIMs, é uma tarefa árdua que toma muito tempo ao se montar uma rede de transdutores usando o padrão IEEE 1451. Um programa que dinamize o processo de escrita de TEDS mostra-se uma ferramenta de valiosa importância. Este capítulo apresenta a proposta de implementação de um sistema *web*, que garante a escrita das TEDS de maneira segura e dinâmica, auxiliando na configuração dos módulos em uma rede apresenta-se também as ferramentas e métodos utilizados na elaboração do sistema *web* para escritas de TEDS.

3.1 Unified Modeling Language (UML)

A UML representa partes da implementação de um software, de forma visual, por meio de diagramas, textos ou figuras. Através da UML é possível elaborar o esboço do software, possibilitando o seu desenvolvimento em menor tempo. Existem três formas de utilizar a UML (LARMAN, 2007):

- **UML como rascunho:** através da forma de rascunhos, os diagramas normalmente são feitos a mão com o intuito de esboçar rapidamente o projeto para ter uma visão geral do sistema;
- **UML como planta de *software*:** o diagrama pode ser feito por meio de ferramentas que auxiliam seu desenvolvimento possibilitando que sejam elaborados diagramas extremamente detalhados;
- **UML como linguagem de programação:** é elaborado através de uma ferramenta de *software*, que por meio do esboço, gera o código executável do programa automaticamente.

Para aplicar o uso de UML, são utilizadas três perspectivas: a perspectiva conceitual na qual o diagrama descreve eventos que ocorrem em situações do mundo real, a perspectiva de especificação, na qual os diagramas são elaborados tendo em vista abstrações de *softwares* ou componentes com especificações e interfaces, por exemplo, uma classe e a perspectiva de implementação, na qual o *software* é elaborado com o uso de uma tecnologia específica.

A UML utiliza vários tipos de diagramas, são eles: diagramas de use-case, diagramas de classes, diagramas de pacotes, diagramas de sequência, diagramas de colaboração,

diagramas de estado e diagramas de atividades, usados para análise dos dados e requisitos na implementação de softwares. Neste trabalho, utilizou-se o Diagrama de Use-Case, Diagrama de Classes e o Diagrama de Estados, que serão discutidos na Seção 3.2 (LARMAN, 2007).

3.2 Diagrama de Use-Case

O diagrama de use-case tem a finalidade de representar o levantamento de requisitos do sistema. Esses requisitos são definidos como uma funcionalidade ou característica relevante do sistema, normalmente representando um comportamento esperado. Os requisitos podem ser divididos em três tipos (NUNES, O'NEILL, 2004):

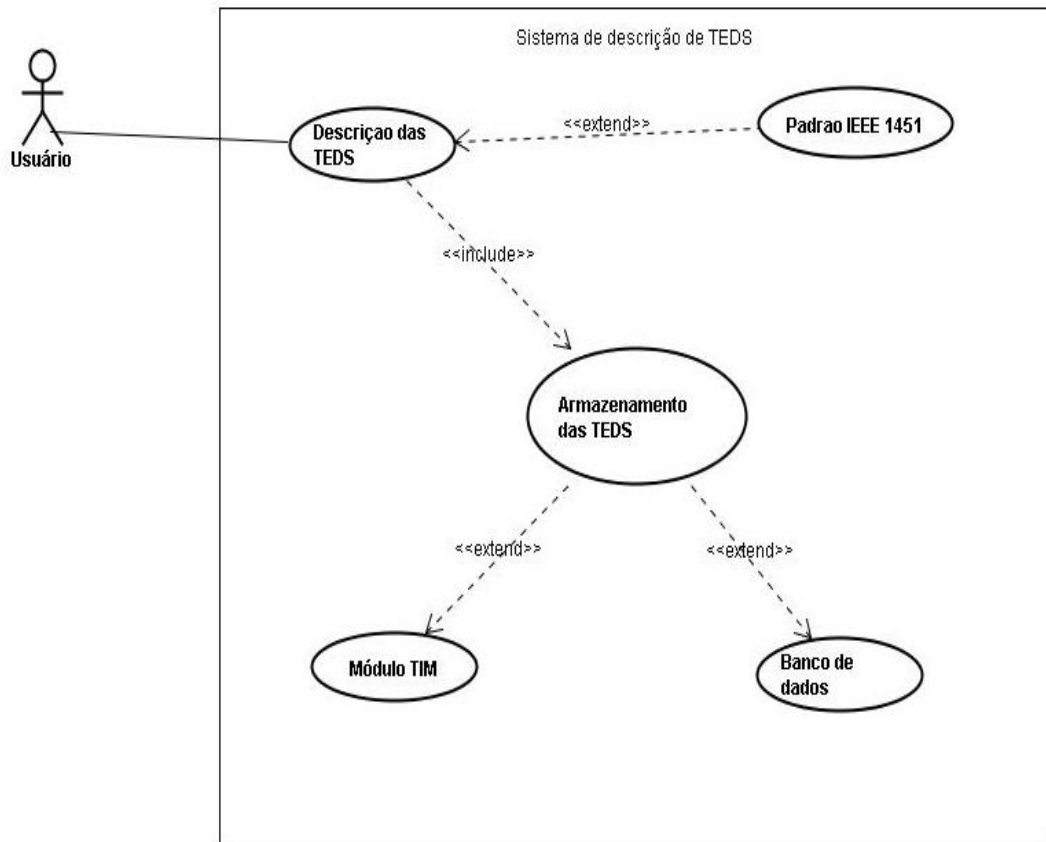
- **Requisitos Funcionais:** descreve o que o sistema realiza ou espera-se que faça. São requisitos levantados inicialmente, e normalmente, abrangem a descrição dos processos do sistema e dados de entrada e saída;
- **Requisitos Não Funcionais:** são dados relacionados às características relativas à qualidade do sistema. Abrangem dados como: medida de desempenho, tempo de resposta, volume de dados, dentre outros;
- **Requisitos de Facilidade de Utilização:** esses requisitos estão relacionados à funcionalidade do sistema, no que diz respeito ao seu uso quanto ao desempenho das tarefas.

Para elaborar um diagrama de use-case, deve-se compreender cada componente relacionado ao diagrama e suas funções. São três componentes principais:

- **Atores:** representa um comportamento dentro do sistema, seja uma pessoa, um sistema de computador ou até mesmo uma organização;
- **Cenários:** é o ambiente em que ocorre a interação entre os atores e o sistema;
- **Relações:** mostra como ocorre a interação do sistema, usuários e os use-cases. As relações dividem-se em *include*, *extend* e generalização. No caso do *include*, são relações obrigatórias definidas para o sistema; *extend* indica um caminho ou ação opcional para uma tarefa do sistema e a generalização, demonstra que existe um use-case que faz parte de outro use-case.

Na Figura 3, é apresentada a proposta do diagrama de use-case para o sistema de descrição de TEDS.

Figura 3 - Diagrama de use-case do sistema de descrição de TEDS



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Na Figura 3, ilustra-se a entidade usuário alimentando o sistema de descrição de TEDS, sendo que esse sistema segue o padrão IEEE 1451, incorporando todas as regras e normas propostas no padrão para realizar a descrição das TEDS. Uma vez realizada a descrição das TEDS, pode-se armazená-la diretamente no módulo TIM, ou ser armazenada no banco de dados, implementados em um computador.

3.3 Diagrama de Classes

O diagrama de classes descreve, de maneira formal, a estrutura dos objetos em um sistema, na qual em cada objeto é descrito a identidade, o relacionamento, os atributos e as operações. Esse diagrama descreve o modelo geral de um sistema, levando em consideração a relação de associação, generalização e multiplicidade entre as classes do sistema. O diagrama

de classes é resultado da análise de requisitos e divide-se nos seguintes componentes (NUNES, O'NEILL, 2004):

- **Objeto:** é uma entidade ou conceito existente no contexto de modelagem, levando em consideração o mundo real. É caracterizado por um conjunto de propriedades, comportamento e identidade, sendo:
- **Propriedades:** características que definem o objeto. São mostradas através de um conjunto de atributos cujos valores mostram o estado do objeto;
- **Comportamento:** define as operações que o objeto vai executar;
- **Identidade:** permite identificar o objeto como sendo único dentro de um conjunto de objetos semelhantes.
- **Classe:** é a abstração de um conjunto de objetos que partilham a mesma estrutura e comportamento;
- **Atributo:** são características dos objetos, sendo representadas por um valor de dados. Classes diferentes podem existir com atributos iguais.

A comunicação dos objetos ocorre através de troca de mensagens, que na verdade, são invocações de operações. As operações definem-se como sendo o comportamento do objeto, consistindo de ações efetuadas por um objeto ou sobre um objeto. Tanto as operações, quanto os atributos, podem ser visíveis ou não para as demais classes. Isso depende de como é determinada a visibilidade do atributo. Um atributo pode ser público, onde qualquer classe pode ter acesso a ele, sendo representado pelo sinal (+), ou protegido onde somente descendentes da classe podem ter acesso a ele, representado pelo sinal (#) ou privado onde somente a própria classe pode ter acesso ao atributo, sendo representado pelo sinal (-).

Além de definir a visibilidade dos atributos, deve-se definir o tipo do atributo como sendo *.integer*, para atributos que guardam números inteiros, *.long*, os atributos que guardam números inteiro maiores, *.double*, para os atributos que guardam um número do tipo real, *.string*, que define o atributo que guarda um texto, *.date*, o atributo que comporta um valor do tipo data e *.boolean*, onde o atributo guarda um valor lógico (NUNES, O'NEILL, 2004).

3.3.1 Multiplicidade

As associações, dentro de um diagrama de classes, possuem características que chamamos de multiplicidade, e indicam quantos objetos participam na relação entre as classes. A multiplicidade é representada por:

- 0.....1: indica que é opcional a participação do objeto;
- 1.....1: mostra que a participação do objeto é obrigatória;
- 1....10: indica que ocorre participação de um número de objetos indicado dentro do intervalo estabelecido;
- 0.....*: pode ocorrer a participação de 0 a infinitos objetos;
- 1.....*: pode ocorrer a participação de 1 a infinitos objetos.

Na Figura 4, são apresentadas as classes do sistema de descrição de TEDS, na qual, para cada classe, apresentam-se seus respectivos atributos e métodos, sendo que o sinal de (+) indica que o atributo ou método é público, e o sinal de (-) indica que o atributo ou método é privado. Também são representadas as ligações entre as classes do sistema, onde a seta tracejada indica que a participação da classe no sentido oposto da seta é obrigatória para o funcionamento da classe indicada pela seta. A linha contínua mostra uma ligação entre duas classes, demonstrando também as cardinalidades para a respectiva ligação de classes. Por fim, as setas com tracejado mostram uma relação de obrigatoriedade das classes, no sentido oposto ao da seta para com a classe, para a qual a seta aponta.

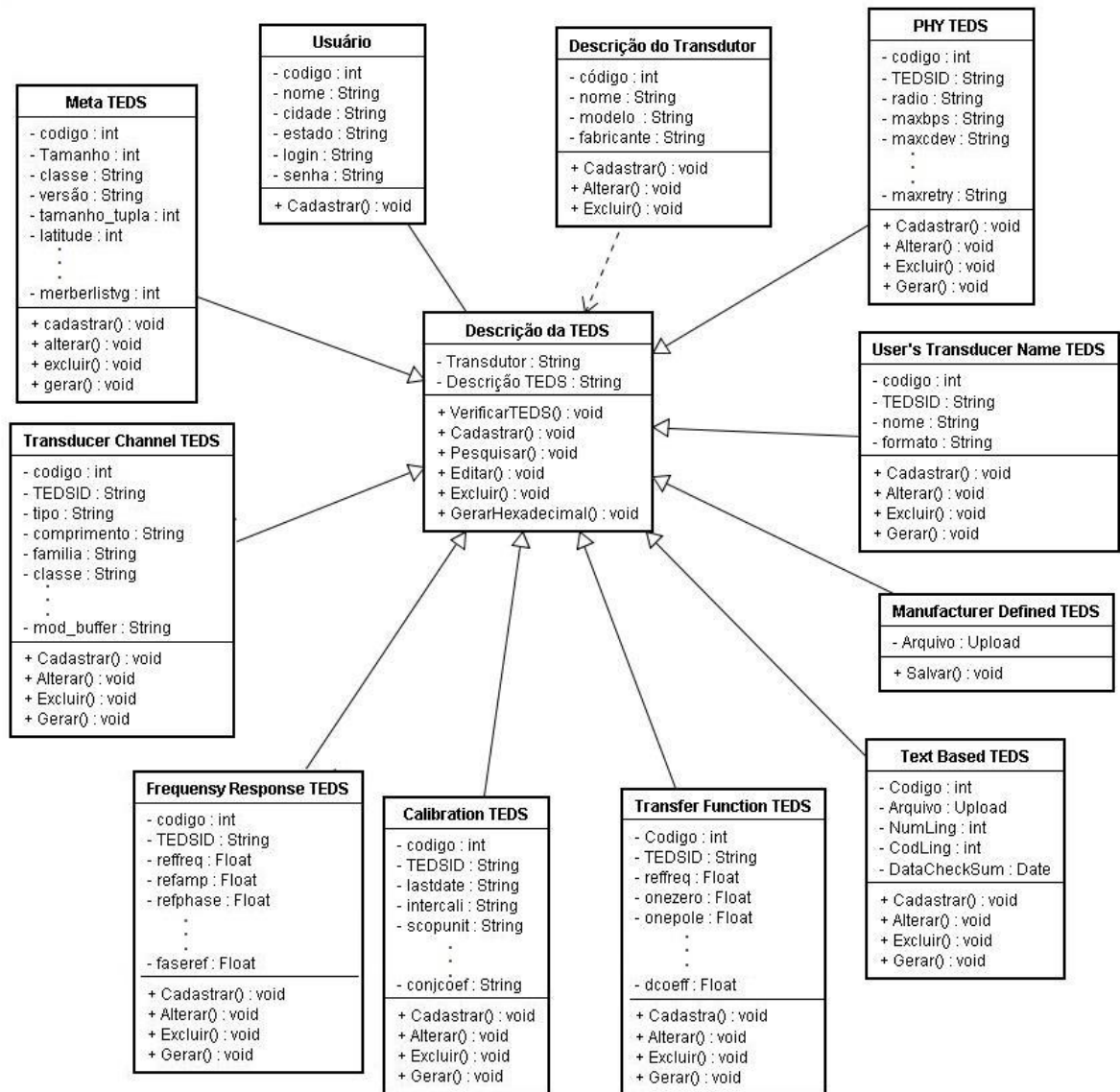
3.4 Diagrama de Sequência

O diagrama de sequência tem por objetivo mostrar a ordem temporal das ações no sistema, mostrando como será a interação do usuário com o sistema, e como será a interação entre as classes do sistema ou o próprio usuário (NUNES, O'NEILL, 2004). Na Figura 5, é apresentado o diagrama de sequência para o sistema de descrição de transdutores relacionados com o cadastro de Meta-TEDS. O usuário administrador, após efetuar o *login* no sistema, terá o acesso para realizar o cadastro de um novo transdutor, e na sequência, realiza o cadastro das TEDS para o transdutor cadastrado.

Após realizar o cadastro das TEDS, é possível gerar os hexadecimais necessários para embarcar no módulo TIM de cada TEDS. O usuário poderá realizar a escolha da TEDS que

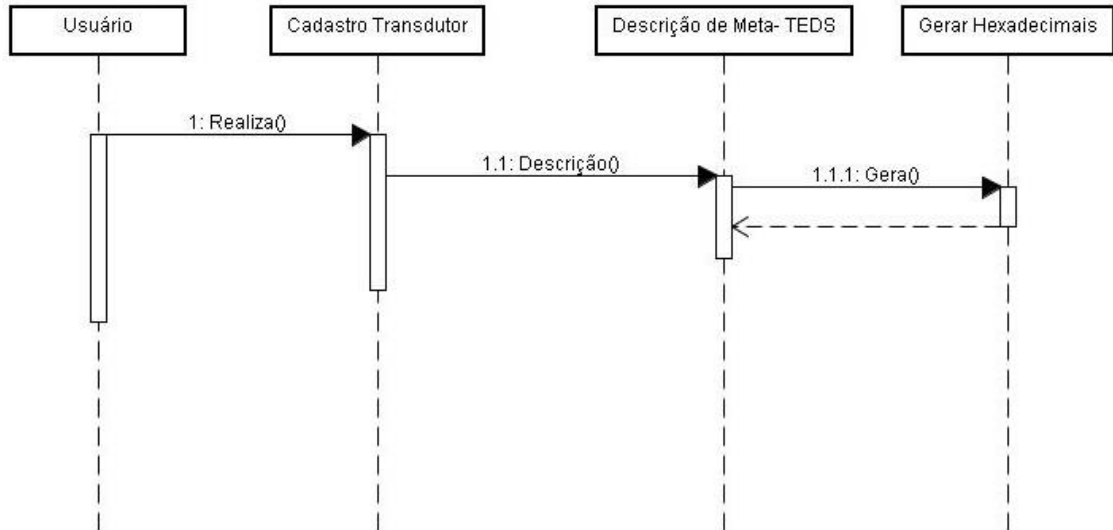
deseja descrever, e mediante a escolha feita, será redirecionada para o cadastro correspondente à opção. Após a descrição da TEDS, o sistema retorna os hexadecimais relativos às TEDS e às opções para salvar ou para gerar os hexadecimais.

Figura 4 - Diagrama de classes do sistema de descrição de TEDS



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

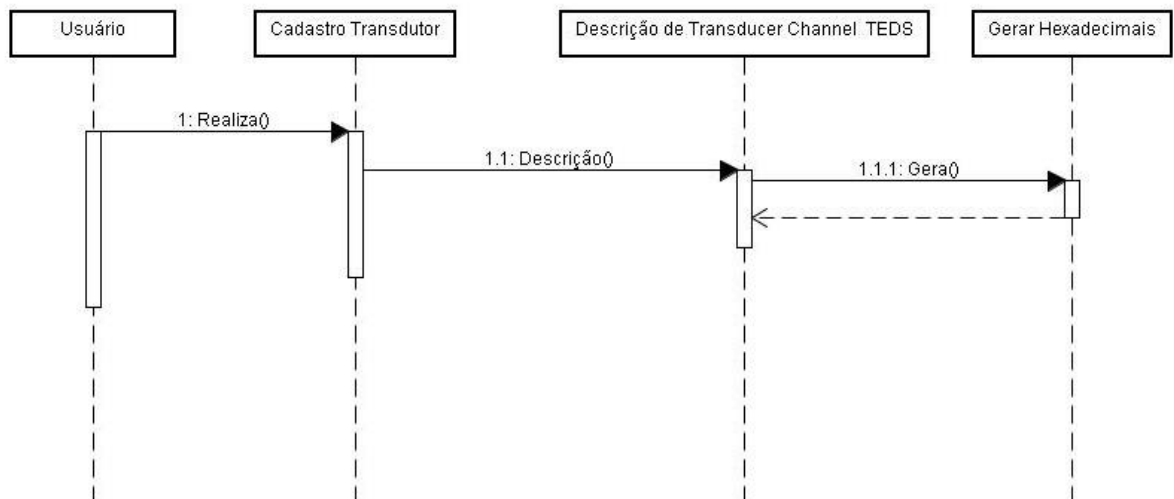
Figura 5 - Diagrama de sequência de descrição de Meta-TEDS



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O diagrama de sequência para o cadastro de Transducer Channel TEDS é ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Diagrama de sequência de descrição de Transducer Channel TEDS



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os demais eventos de descrição de TEDS do sistema seguem o mesmo padrão apresentado nos diagramas de sequência representados nas Figuras 5 e 6.

3.5 Diagrama de Estados

O diagrama de estados tem a finalidade de mostrar o funcionamento do sistema, ilustrando como as classes se relacionam, sendo que cada classe é simbolizada no diagrama por um estado. O estado representa uma situação do sistema que se prolonga por um período de tempo, sem sofrer estímulos externos. A transição entre os estados acontece por meio de estímulos externos, ou pra satisfazer uma condição de outro estado. Na Figura 7, apresenta-se o diagrama de estados do sistema de descrição de dados (NUNES, O'NEILL, 2004).

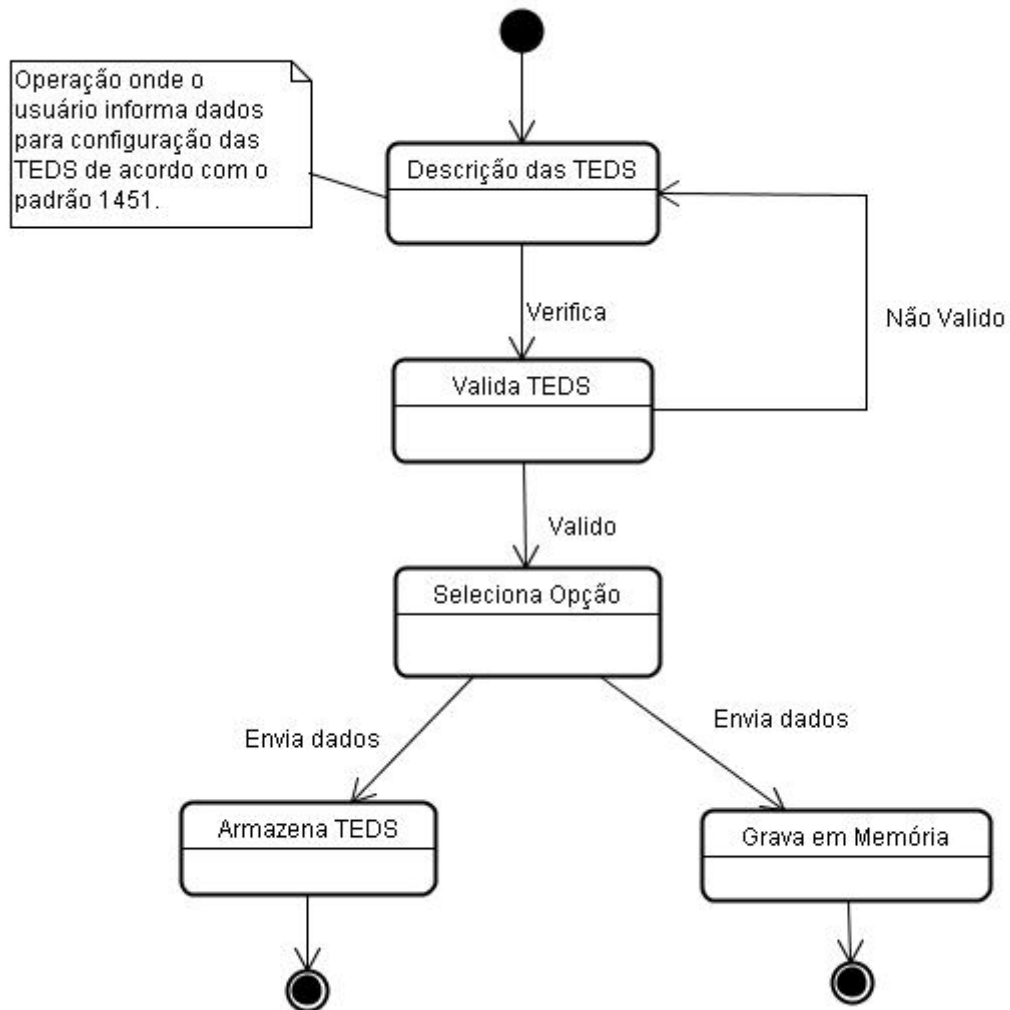
O diagrama de estados, apresentado na Figura 7, representa o sistema de descrição de TEDS. O círculo pintado indica início ou fim de um processo. Este, por sua vez, acessa o estado de descrição das TEDS, que verifica se as TEDS estão dentro do previsto pelo padrão. Caso contrário, o estado de descrição de TEDS é chamado novamente até que seja informada uma descrição válida. A descrição sendo válida será selecionado o estado, no qual, dependendo da opção escolhida, os dados podem ser enviados para o estado de armazenamento das TEDS ou para a gravação em memória do TIM. Sendo que, após ser executado em um desses estados, o sistema caminha para seu fim.

3.6 Linguagem de Programação Java

A linguagem Java foi desenvolvida pela empresa Sun Microsystems, e passou a ser empregada em aplicações desktop, páginas *web* e dispositivos embarcados, como celulares e até aparelhos de uso domésticos. A linguagem Java é usada em grandes bancos e empresas, devido a sua segurança, estabilidade e portabilidade, quando utilizada de maneira correta. O que garante a portabilidade em Java é o uso de uma máquina virtual, que depois de instalada, interpreta os códigos e traduz para o sistema sobre o qual a máquina virtual está instalada (GONÇALVES, 2007).

Para a construção da página *web* de descrição de TEDS, foi utilizada a linguagem Java voltada para o desenvolvimento *web*. Além da portabilidade e segurança, o Java possibilita o uso com diversos bancos de dados e suporte a programação orientada a objetos.

Figura 7 – Diagrama de estados do sistema de descrição de TEDS



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

3.7 Servlet

Os Servlets são estruturas definidas em Java. Que possui a necessidade de um servidor web, GlassFish ou TomCat para funcionar, o servidor interpreta os Servlet e faz que ele funcione corretamente independente da quantidade de requisições feitas ao servidor. O Servlets recebem os dados de uma interface web e realizam o processamento desses dados e demonstra as informações processadas através de outra interface web. É importante ressaltar que os Servlets podem tratar requisições de vários clientes ao mesmo tempo. Os Servlets são base de qualquer aplicação em Java escrita para *web*.

Todo Servlet tem um ciclo de três fases: iniciação, atendimento às requisições e finalização. A iniciação ocorre quando um servidor carrega o Servlet. Uma vez inicializado, o Servlet pode atender requisições, enquanto o servidor permanecer ativo. Essa é uma grande vantagem dos Servlets e páginas JSP, pois enquanto um Servlet permanecer carregado na memória do servidor, os dados das variáveis de classe persistirão ao longo de diversos pedidos recebidos. Assim, é possível manter, por exemplo, uma conexão com banco de dados sem que haja a necessidade de estabelecer uma nova conexão. Quando o processo é finalizado, o servidor fecha a conexão e o Servlet. No projeto de descrição de TEDS, o uso de Servlet é usado para o processamento dos dados informados pelo usuário (GONÇALVES, 2007).

3.8 JSP

O JSP (*Java Server Pages*) é uma tecnologia baseada em Servlets, que reúne códigos Java, com elementos HTML (*Hyper Text Markup Language*) e efeitos visuais em páginas web. Dessa maneira, quando uma página em JSP é criada, pode-se chamá-la de página dinâmica. Quando a página em JSP é executada pelo servidor, no qual, o código é interpretado e compilado e então se torna um Servlet, todas as chamadas são enviadas ao Servlet criado, permitindo assim que não haja a necessidade de recompilar o código JSP (GONÇALVES, 2007).

Outra vantagem do uso de páginas JSP é a não necessidade de recompilar o código da página quando realizada uma alteração. Assim basta disponibilizá-la através de um servidor. As páginas em JSP são scripts que inicialmente são interpretados, e depois compilados em um Servlet. O fato de a página JSP ser convertida em um Servlet, faz com que a mesma tenha o mesmo ciclo de vida de um Servlet (GONÇALVES, 2007).

O desenvolvimento do sistema web para descrição de TEDS, usando JSP, mostra-se viável, pois através do JSP é possível reunir as características de um Servlet com elementos HTML, possibilitando a criação de uma página rica em elementos gráficos e ao mesmo tempo dinâmica e segura.

3.9 PostgreSQL

O PostgreSQL é um modelo de banco de dados relacional, desenvolvido na Universidade da Califórnia. É um dos bancos de dados mais utilizados no mundo. Através dele, é possível gerenciar as informações de forma segura e dinâmica, possibilitando ao usuário o controle das informações armazenadas. Seu uso é aplicado a diversas áreas, tais como, controle, automação e gerenciamento de ambientes web.

Seu funcionamento ocorre por meio de armazenamento dos dados em tabelas e colunas que se relacionam entre si. Este relacionamento se baseia em valores de chaves contidos em cada tabela. Dessa forma, as tabelas se relacionam entre si possibilitando a busca de informações rapidamente (POSTGRESQL, 2012).

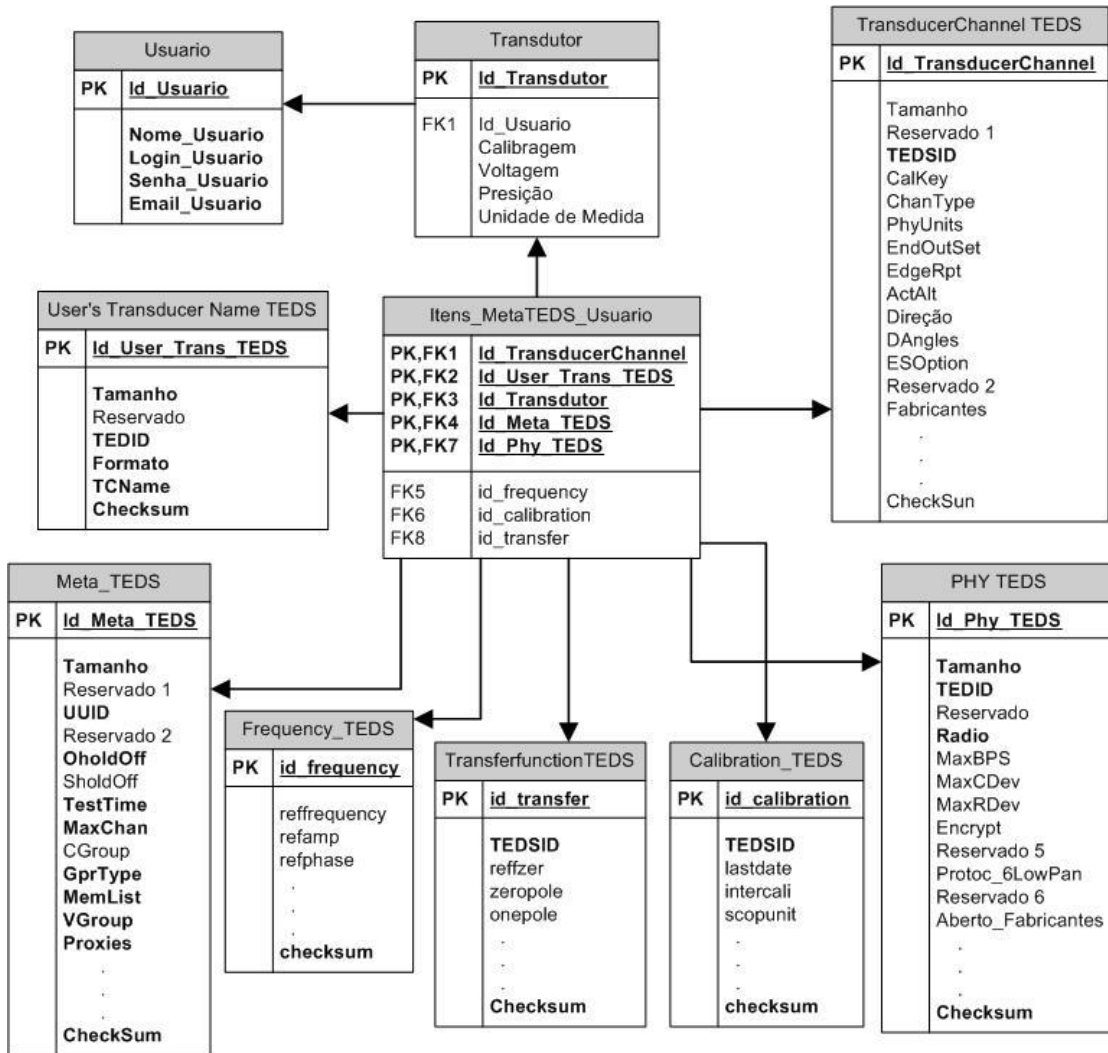
Neste trabalho, foi utilizada a versão 8.4 do PostgreSQL para o armazenamento dos dados referentes aos usuários, TEDS, e transdutores, com os quais o sistema irá interagir. Uma vez descrito o transdutor, o próximo passo é descrever as TEDS que são utilizadas em conjunto com o transdutor. Na Figura 8, apresenta-se o modelo das tabelas no banco de dados, suas relações e os respectivos campos utilizados para o desenvolvimento do sistema de descrição das TEDS.

A tabela chamada Usuário possui todos os dados referentes ao cadastro do usuário do sistema. Relaciona-se com a tabela transdutor, na qual ocorre a junção dessas tabelas por meio de chaves, sendo que a tabela transdutor traz o código do usuário como uma chave estrangeira para garantir a ligação entre o usuário e o transdutor. A tabela transdutor, por sua vez, liga-se a uma tabela Itens_MetaTEDS_Usuário, que é responsável por realizar a junção das TEDS descritas com um transdutor armazenado no banco.

Este diagrama demonstra como o banco se relaciona e como foram ligadas as chaves primárias e estrangeiras, de maneira a estruturar o banco de dados de forma que a troca de informações com o sistema aconteça de maneira fluída, utilizando a estrutura apresentada na Figura 8 para ligar as informações no banco de dados.

É importante ressaltar que o desenvolvimento do sistema deve seguir a estrutura apresentada no modelo relacional do banco de dados. Ao programar os cadastros deve-se iniciar pelos cadastros vinculados a tabelas que não dependem de outras, ou seja, tabelas que somente contém chaves primárias.

Figura 8 - Modelo relacional do banco de dados



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.10 Considerações finais sobre o capítulo

A utilização do JSP, na programação do sistema de descrição de TEDS, garante um sistema dinâmico, no qual o processamento das informações é realizado de maneira segura, gerando assim um sistema confiável e de bom desempenho.

O banco de dados PostgreSQL gerencia, de maneira rápida e prática, os dados utilizados pelo sistema, garantindo assim a integridade das informações utilizadas para gerar as TEDS.

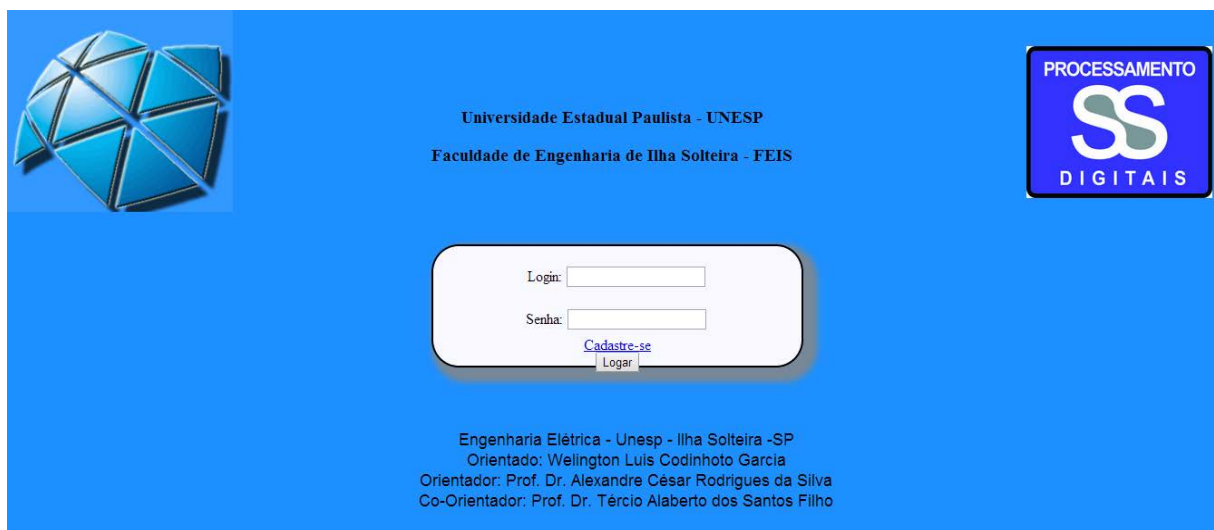
4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA TEDS-EASY

Considerações Iniciais

O sistema de descrição de TEDS, denominado TEDS-EASY, é um sistema *web* de acesso gratuito, que permite realizar a descrição de TEDS por qualquer indivíduo que deseje trabalhar com o padrão IEEE 1451, exigindo o mínimo de conhecimento a respeito do padrão IEEE 1451 por parte do usuário.

A interface inicial do sistema apresenta uma tela de *login* de usuário. Este usuário deve possuir cadastro prévio antes de se autenticar no sistema. Caso o usuário não possua cadastro, é possível cadastrar-se no sistema, através do link “Cadastre-se”, como apresenta a Figura 9.

Figura 9 – Interface inicial



Universidade Estadual Paulista - UNESP
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS

PROCESSAMENTO
SS
DIGITAIS

Login:
Senha:
[Cadastre-se](#)
Logar

Engenharia Elétrica - Unesp - Ilha Solteira -SP
Orientado: Wellington Luis Codinhoto Garcia
Orientador: Prof. Dr. Alexandre César Rodrigues da Silva
Co-Orientador: Prof. Dr. Tércio Alaberto dos Santos Filho

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Caso seja selecionada a opção para cadastrar um novo usuário, no sistema é apresentada uma interface de cadastro de usuário na qual é necessário preencher alguns dados pessoais, a fim de identificar o usuário do sistema, como apresentado na Figura 10. Após realizar o cadastro, o usuário é redirecionado para a tela de login do sistema.

Figura 10 – Interface de cadastro de usuário

unesp **TEDS EASY - Cadastro de Usuário**

Nome:

Instituição de Ensino:

Cidade: ▼

Estado: ▼

Email:

Login:

Senha:

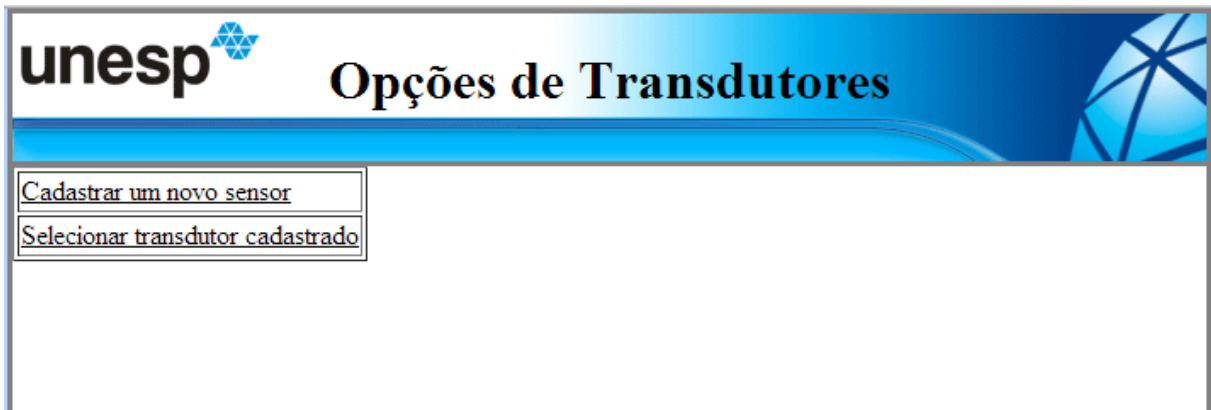
Repita a Senha:

Nesta interface é realizado o cadastro de usuários no sistema!

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Uma vez realizado o *login* no sistema, o usuário é redirecionado para uma interface, na qual é possível cadastrar um novo sensor ou selecionar um sensor já cadastrado, como apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Interface de opções de transdutores



unesp **Opções de Transdutores**

[Cadastrar um novo sensor](#)

[Selecionar transdutor cadastrado](#)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Quando o usuário selecionar a opção para realizar o cadastro de um novo sensor, é apresentada ao usuário a tela de “Cadastro de Transdutores”, como apresentado na Figura 12. Na interface de cadastro de transdutores, é necessário preencher dados básicos sobre o transdutor antes de realizar a descrição das TEDS, sendo: o nome, o modelo e qual o fabricante do transdutor. Dessa forma, é realizado um cadastro prévio do transdutor. Assim é possível controlar as TEDS cadastradas, sendo possível outros usuários do sistema efetuarem *download* das TEDS, por meio da descrição do transdutor.

Figura 12 - Interface de Cadastro de Transdutores



unesp **Cadastro de Transdutores**

Nome do Transdutor:

Modelo do Transdutor:

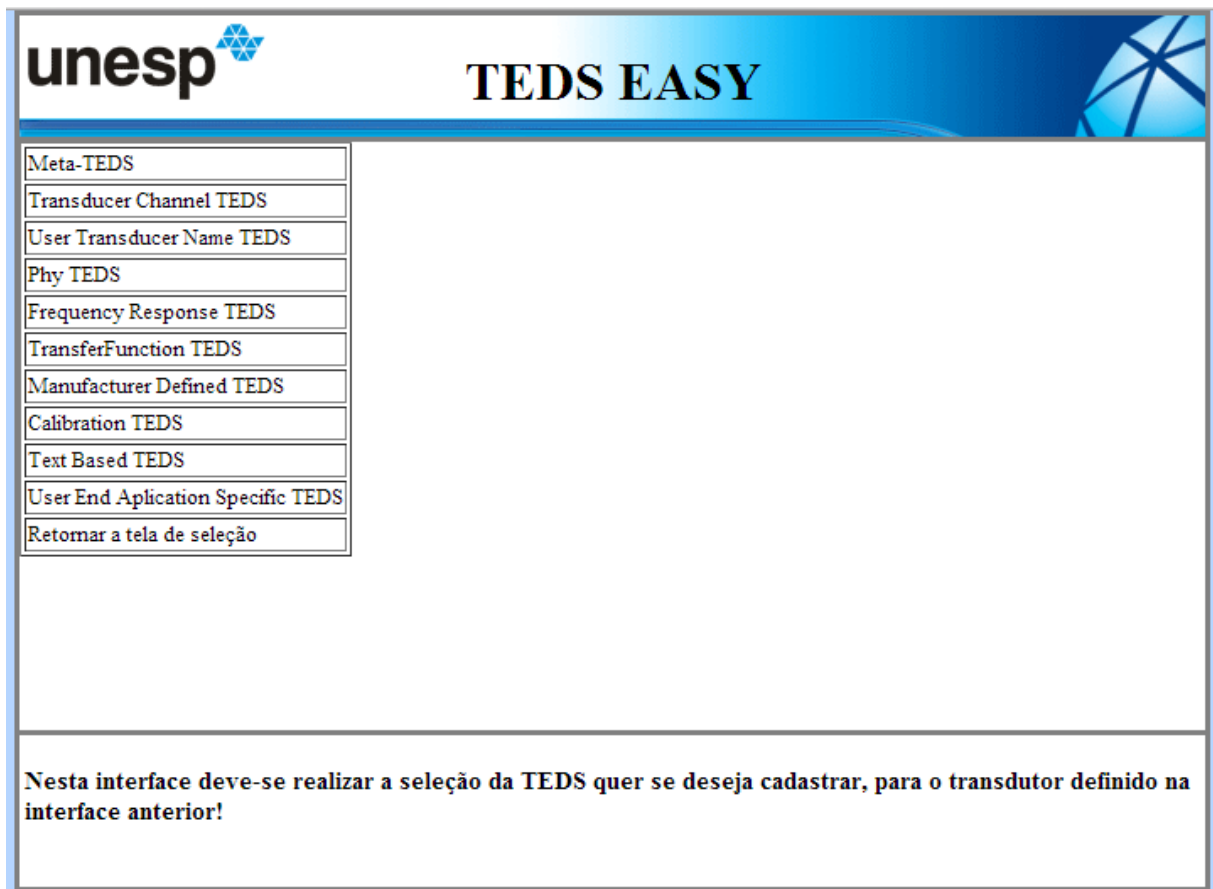
Fabricante:

Nesta tela é realizado os cadastro dos transdutores, para posteriormente realizar a descrição da TEDS

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Ao realizar o cadastro do transdutor, é apresentada a interface de cadastro de TEDS para o transdutor. É possível realizar a descrição de qualquer TEDS prevista no padrão IEEE 1451, como apresentado na Figura 13. Ao selecionar a opção de TEDS desejada, é apresentada a interface de descrição de TEDS, na qual, é necessário preencher os dados referentes aos campos que compõem a TEDS, como exemplificado ao lado de cada campo para gerar os hexadecimais previstos no padrão IEEE 1451, como demonstra a Figura 14.

Figura 13– Interface de Cadastro de TEDS



The screenshot shows a web interface titled "TEDS EASY" with the UNESP logo. On the left, there is a vertical list of buttons for selecting different TEDS types. Below the list, there is a large empty area for displaying details. At the bottom, a text box provides instructions.


Meta-TEDS
Transducer Channel TEDS
User Transducer Name TEDS
Phy TEDS
Frequency Response TEDS
TransferFunction TEDS
Manufacturer Defined TEDS
Calibration TEDS
Text Based TEDS
User End Application Specific TEDS
Retornar a tela de seleção

Nesta interface deve-se realizar a seleção da TEDS quer se deseja cadastrar, para o transdutor definido na interface anterior!

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.


Ao preencher os campos obrigatórios da Meta-TEDS, é possível “Gerar” os hexadecimais, selecionando a opção gerar. Caso seja necessário preencher os campos opcionais, deve-se selecionar a opção “Preencher Campos Opcionais” e serão apresentados os campos opcionais para serem preenchidos como apresentado na Figura 15.

Figura 14 – Interface de Cadastro de Meta-TEDS


 Cadastro de META-TEDS	
<p><u>Preencher Campos Opcionais</u></p>	<p>Dados referentes ao campo TEDSID</p> <p>Escolha uma opção referente a classe: <input type="text" value="Reservado"/> ▼</p> <p>Escolha uma opção referente a Versão: <input type="text" value="Reservado"/> ▼</p> <p>Tamanho da Tupla: <input type="text" value="2"/> Ex: 2</p> <p>Dados referentes ao campo UUID</p> <p>Localização</p> <p>Latitude: <input type="text" value="32344"/> Ex: 34572</p> <p>Longitude: <input type="text" value="23445"/> Ex: 18234</p> <p>Fabricante: <input type="text" value="0"/> ▼</p> <p>Data de Fabricação: <input type="text" value="19/04/2014"/> Ex: dd/mm/aaaa</p> <p>Número do Sensor: <input type="text" value="2"/> Ex: 23</p> <p>Informações de tempo</p> <p>Tempo Limite Operacional: <input type="text" value="0.6"/> Ex: 0.5</p> <p>Tempo de Auto-Teste: <input type="text" value="0.3"/> Ex: 1.2</p> <p>Número de Transdutores: <input type="text" value="1"/> Ex: 3</p> <p style="text-align: right;"><input type="button" value="Gerar"/></p>
<p>Interface de descrição das Metas-TEDS, deve-se informar todos os campos obrigatórios conforme o exemplo ao lado de cada campo, antes de gerar os octetos</p>	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 15 – Interface de Cadastro de Meta-TEDS (Campos Opcionais)



Cadastro de META-TEDS



Preencher Campos Opcionais

Campos Opcionais

Tempo Limite de Acesso lento: Ex: 0.8

Preencher controle de grupo:

Enumeração

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Lista de membros para enumeração 5

Intervalo de tempo do TransducerChannel do sensor

Número do TransducerChannel do sensor que fecha a saída de tempo

Preencher grupo de vetores:

Enumeração

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Lista de membros para enumeração 5

Intervalo de tempo do TransducerChannel do sensor

Número do TransducerChannel do sensor que fecha a saída de tempo

Preencher grupo de vetores:

Enumeração

0 1 2 3 4 5 6 7

Lista de membros para enumeração 4

Latitude de um componente de sistema de coordenadas planetário

Longitude de um componente de sistema de coordenadas planetário

Altitude de um componente de sistema de coordenadas planetário

Definir localização geográfica:

Enumeração:

Sem informação de localização geográfica para este TIM.

Informação de localização geográfica estática.

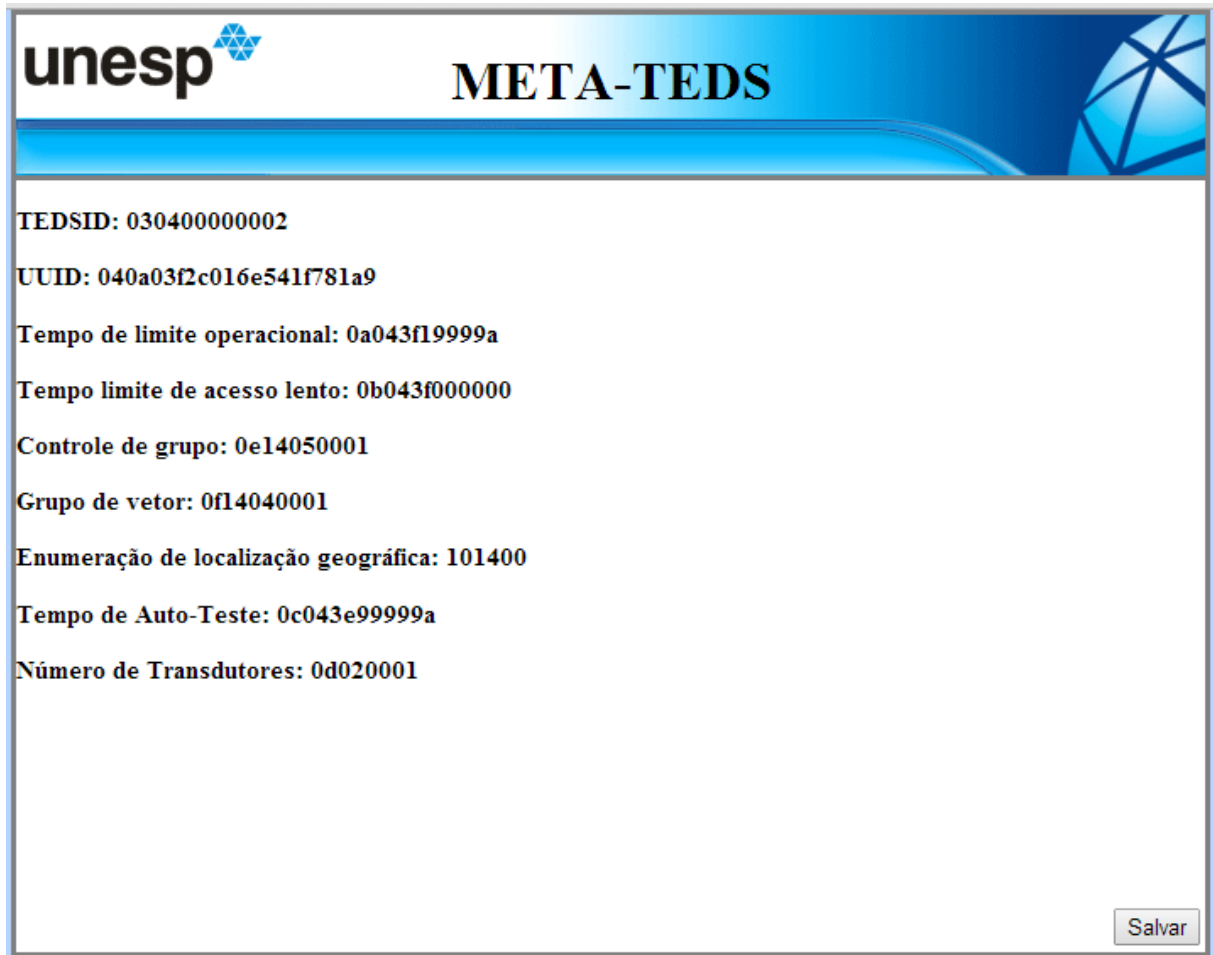
Localização geográfica dinâmica.

Localização geográfica dinâmica para localização específica.

Interface de descrição das Metas-TEDS, deve-se informar todos os campos obrigatórios conforme o exemplo ao lado de cada campo, antes de gerar os octetos

Ao selecionar a opção “Gerar”, é apresentada uma interface com os hexadecimais referentes aos campos preenchidos, como apresentado na Figura 16. Ao selecionar a opção “Salvar”, os dados são armazenados em um banco de dados.

Figura 16 – Interface de Hexadecimais da Meta-TEDS



The screenshot shows a web interface for META-TEDS. At the top left is the 'unesp' logo, and at the top center is the title 'META-TEDS'. The main content area displays several fields with their corresponding hexadecimal values:

- TEDSID:** 030400000002
- UUID:** 040a03f2c016e541f781a9
- Tempo de limite operacional:** 0a043f19999a
- Tempo limite de acesso lento:** 0b043f000000
- Controle de grupo:** 0e14050001
- Grupo de vetor:** 0f14040001
- Enumeração de localização geográfica:** 101400
- Tempo de Auto-Teste:** 0c043e99999a
- Número de Transdutores:** 0d020001

In the bottom right corner, there is a button labeled 'Salvar'.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O processo de descrição das TEDS é o mesmo para as demais TEDS do padrão, com exceção da Text Based TEDS e User End Application Specific TEDS, que necessitam para seu funcionamento, que seja realizado um upload de um arquivo de texto.

Ao selecionar a opção “Selecionar transdutor cadastrado”, apresentada na Figura 11, o usuário tem acesso a Interface de Seleção de “Transdutores Cadastrados”, como apresentado na Figura 17.

Figura 17 - Interface de Seleção de Transdutores Cadastrados

unesp **Transdutores Cadastrados**

Selecione um transdutor:

alexandreteste ▼

Selecione a TEDS:

Meta-TEDS ▼ Selecionar

Nesta interface deve-se realizar a seleção do transdutor e TEDS para realizar a visualização

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na tela apresentada na Figura 17, o usuário seleciona um transdutor e a TEDS que deseja. Após pressionar o botão “Selecionar”, são carregadas todas as TEDS cadastradas no sistema de acordo com o tipo de TEDS selecionado. Na Figura 18, são apresentados todos os dados referentes às TEDS e, através do botão “visualizar” é possível acessar os hexadecimais referentes às TEDS e realizar o download dos dados em forma de texto para realizar a configuração dos transdutores.

Figura 18 – Interface de Seleção de Visualização de Transdutores Cadastrados

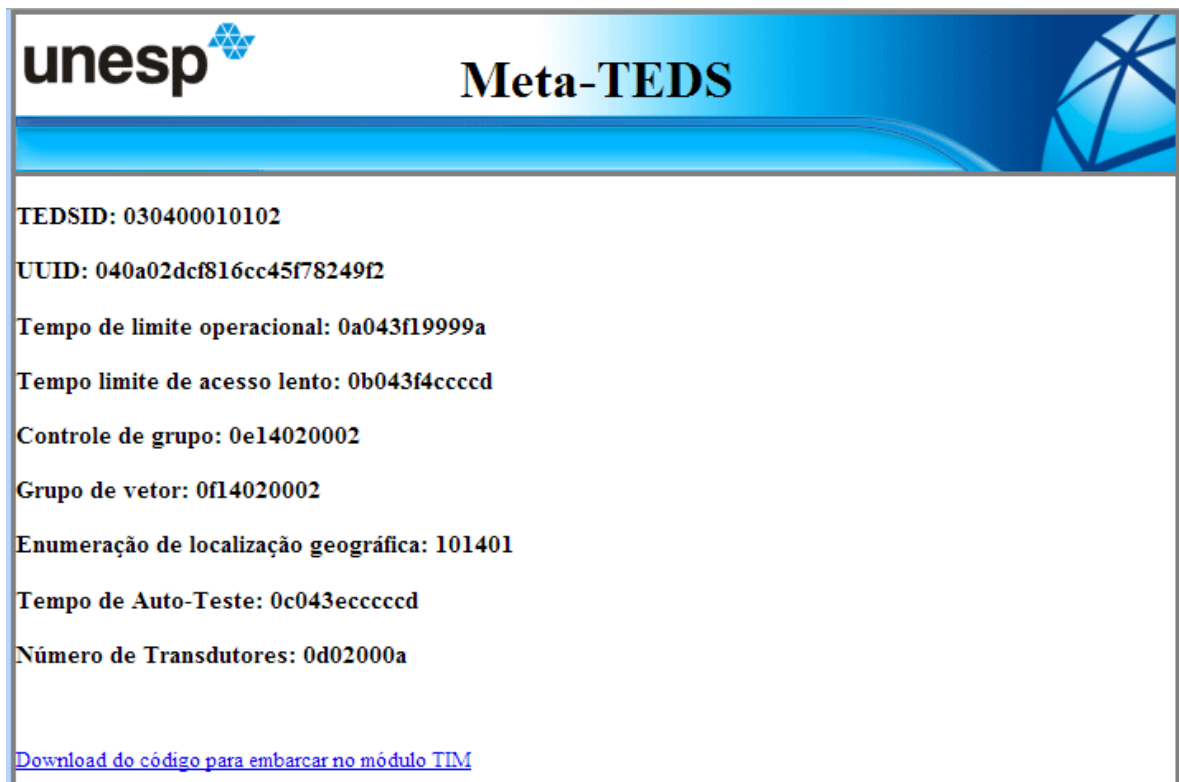
ID da lista	Enumeração de localização geográfica	Grupo de localização geográfica	Membro da lista VG	
	null	null	null	visualizar
	4	0	1	visualizar

Nesta tela deve ser selecionado a descrição da TEDS que se deseja visualizar os hexadecimais para posteriormente realizar os downloads dos octetos!

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Após selecionar a TEDS, e visualizar os dados, é liberada uma opção para fazer o download da TEDS, já no formato para realizar o embarque para o módulo TIM, como demonstrado na Figura 19.

Figura 19 – Download do código para o módulo TIM



The screenshot shows the Meta-TEDS interface with the following configuration parameters:

- TEDSID:** 030400010102
- UUID:** 040a02dcf816cc45f78249f2
- Tempo de limite operacional:** 0a043f19999a
- Tempo limite de acesso lento:** 0b043f4ccccc
- Controle de grupo:** 0e14020002
- Grupo de vetor:** 0f14020002
- Enumeração de localização geográfica:** 101401
- Tempo de Auto-Teste:** 0c043ecccccd
- Número de Transdutores:** 0d02000a

At the bottom, there is a blue underlined link: [Download do código para embarcar no módulo TIM](#)

Fonte: Elaboração do próprio autor

Após selecionar a opção para download do código TIM, um arquivo de texto é gerado, contendo os hexadecimais e adicionando-se as informações relativas de “*length*” e “*checksum*”. A Figura 20 apresenta o arquivo de download.

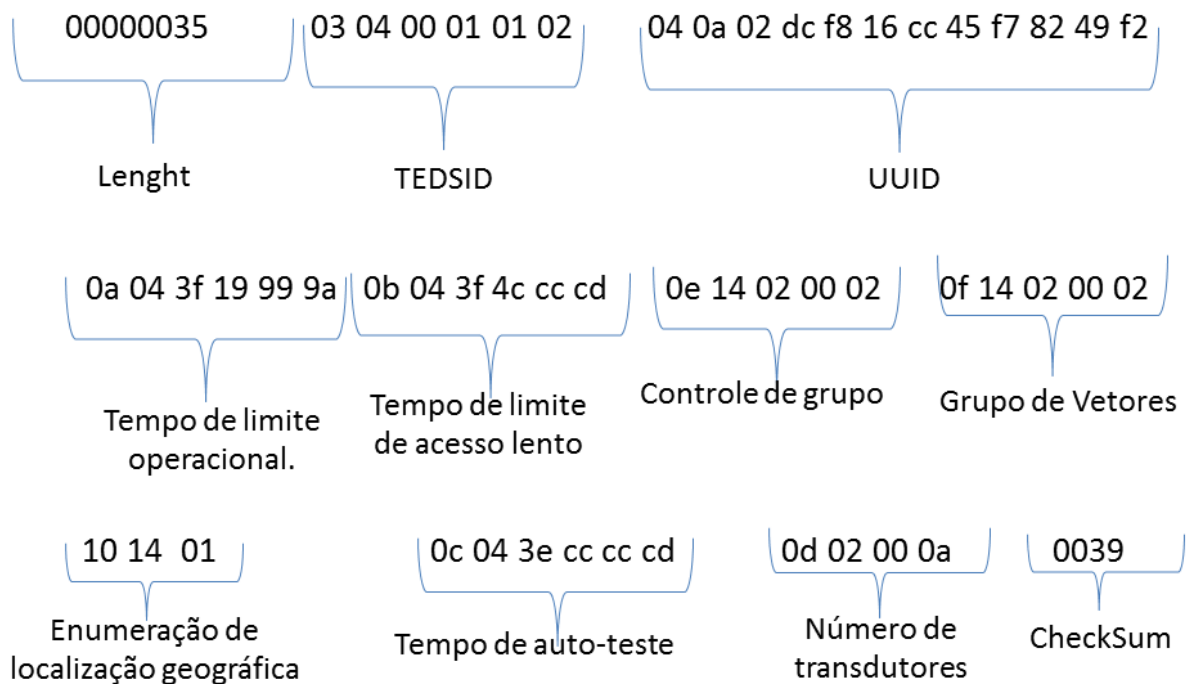
Figura 20 – Arquivo de código para embarcar no módulo TIM

```
00000035030400010102040a02dcf816cc45f78249f20a043f19999a0b043f4ccccc0e140
200020f140200021014010c043ecccccd0d02000a0039|
```

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Figura 21, é possível verificar cada campo do arquivo gerado.

Figura 21 – Campos do arquivo de TEDS



Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.2. Testes realizados com o sistema

Neste tópico, são descritos os testes realizados com o sistema de descrição de TEDS e apresentado os resultados. O primeiro teste realizado visa verificar se o sistema está gerando as TEDS de maneira correta. Nesse teste, foram descritos alguns transdutores de maneira manual e depois foi realizada a descrição dos mesmos transdutores através do sistema TEDSEASY, para verificar se as TEDS descritas são válidas.

O primeiro teste foi realizado com a descrição de um sensor de presença infravermelho sem fio IntelBras IVP 2000 SF. A primeira TEDS descrita foi a Meta-TEDS, na qual, foi utilizado para sua descrição, os seguintes valores: data: 19/05/2014, latitude: 204321, longitude: 51338, o fabricante: 0, a unidade produzida: 1, o tempo de limite operacional: 0.3 segundos, tempo de auto teste: 0.4 e o número de transdutores: 1. Após realizar as conversões, de acordo com os passos descritos na sessão 2.9, obtiveram-se os seguintes valores: o TEDSID: 03 04 00 01 01 01, para criar o UUID foi convertido os valores como demonstra-se a Tabela 26.

Tabela 26 - UUID – Sensor IntelBras

Campo	Valor	Binário	Quantidade de Bits
N/S	S	0	1
Latitude	204321	00110001111000100001	20
E/W	W	0	1
Longitude	51338	00001100100010001010	20
Fabricação	0	0000	1
Ano	2014	011111011110	12
Data/Tempo	139001	0000100001111011111001	22

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Juntando todos esses valores, em uma única combinação temos: 00011000 11110001 00001000 00110010 00100010 10000001 11110111 10000010 00011110 11111001. Após realizar a conversão para hexadecimal, e acrescentar os hexadecimais 04 0A, temos o seguinte valor para o campo: 04 0A 18 F1 08 32 22 85 F7 82 1E F9. Para o campo Tempo de Limite Operacional, após realizar as conversões e ajustes de octetos, temos o seguinte valor: 0A 04 3E 99 99 9A. Para o campo Tempo de auto teste, obteve-se: 0C 04 3E CC CC CD, vale ressaltar que, para a descrição do Tempo de Limite Operacional e Tempo de auto teste, a conversão dos números deve ser realizada de acordo com o padrão IEEE 754. O valor do campo Número de transdutores: 0D 02 00 01.

Usando os valores descritos e aplicando-os no sistema, obtiveram-se os mesmos valores como apresentado na Figura 22.

Descrevendo a Transducer Channel TEDS para o mesmo sensor, foram utilizados os seguintes valores: Chave de calibração: 2, Chave de calibração do canal do transdutor: 1, Unidade física: metros, o Limite mínimo: 0.3 o Limite máximo: 0.7, a condição de pior caso: 0.2, a Chave de auto teste: 1, Modelo de dados: 1, Tamanho do modelo de dados: 1, Modelo de bits mais significantes: 2, Tempo de atualização do canal: 2, Tempo de leitura do canal: 0.5 segundos, Tempo de aquecimento do canal: 2, Tempo de auto teste do canal: 3 e a Capacidade de amostragem: 2.

Após realizar as conversões e acertos de octetos, de acordo com o padrão, a Chave de calibração recebe o seguinte valor: 0A 01 02, a chave de calibração do canal do transdutor: 0B0100, sendo que o valor para esse campo é pré-definido no padrão.

No campo Unidade Física: 0C 06 32 01 00 39 01 80, no qual, o valor para os octetos é definido no padrão, variando somente o último octeto. Caso a unidade de medida selecionada seja em Kelvins, o valor do octeto deve ser 82, do contrário o valor do octeto é 80.

O Limite Mínimo: 0D 04 43 89 39 9A. Para converter este campo, deve-se usar o padrão IEEE 754 para conversão de pontos flutuantes. O mesmo vale para o Limite Máximo: 0E 04 43 89 B9 9A, no qual, também, deve-se usar o padrão IEEE 754.

O campo Condição de pior caso é definido pelos octetos: 0F 04 3E 4C CC CD.

A Chave de auto teste é definido pelos octetos 10 01 01.

Os valores em hexadecimal para o campo Modelo de dados: 28 01 01.

Para o Tamanho do modelo de dados definiu-se os octetos: 29 01 01.

Os octetos definidos para o campo Modelo de bits mais significantes é 2A 01 02.

Juntando-se os campos de Modelo de dados, Tamanho do Modelo de Dados e Modelo de bits mais significantes é gerado os valores para o campo Octeto final para definição de amostra: 12 09 28 01 01 29 01 01 2A 01 02 .

O campo Tempo de Atualização do canal: 14 04 3C A3 D7 0A.

Para o campo Tempo de amostragem do canal: 14 04 3C F5 C2 8F.

O campo Tempo de leitura do canal é definido pelos octetos 16 04 3F 00 00 00.

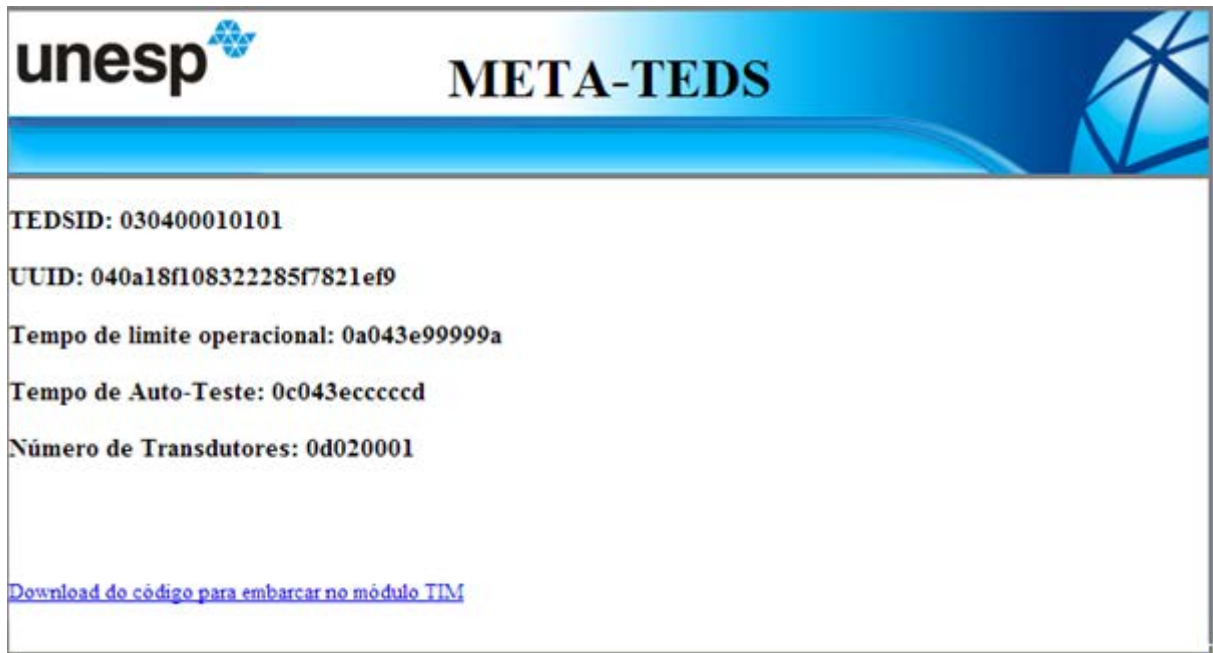
Os octetos do campo Tempo de Aquecimento do Canal: 18 04 3C A3 D7 0A.

O campo Tempo de auto teste do canal é definido pelos octetos: 1A 04 3C F5 C2 8F.

Para definir o campo Capacidade de amostragem foram utilizados os octetos 300102.

Por fim o campo Octeto padrão para amostragem, que é definido pelo padrão, juntando-se os octetos 1F 03 com o campo Capacidade de amostragem, obtém-se o seguinte valor: 1F 03 30 01 02. Aplicando esses valores no sistema, temos os mesmos resultados como apresentado na Figura 23.

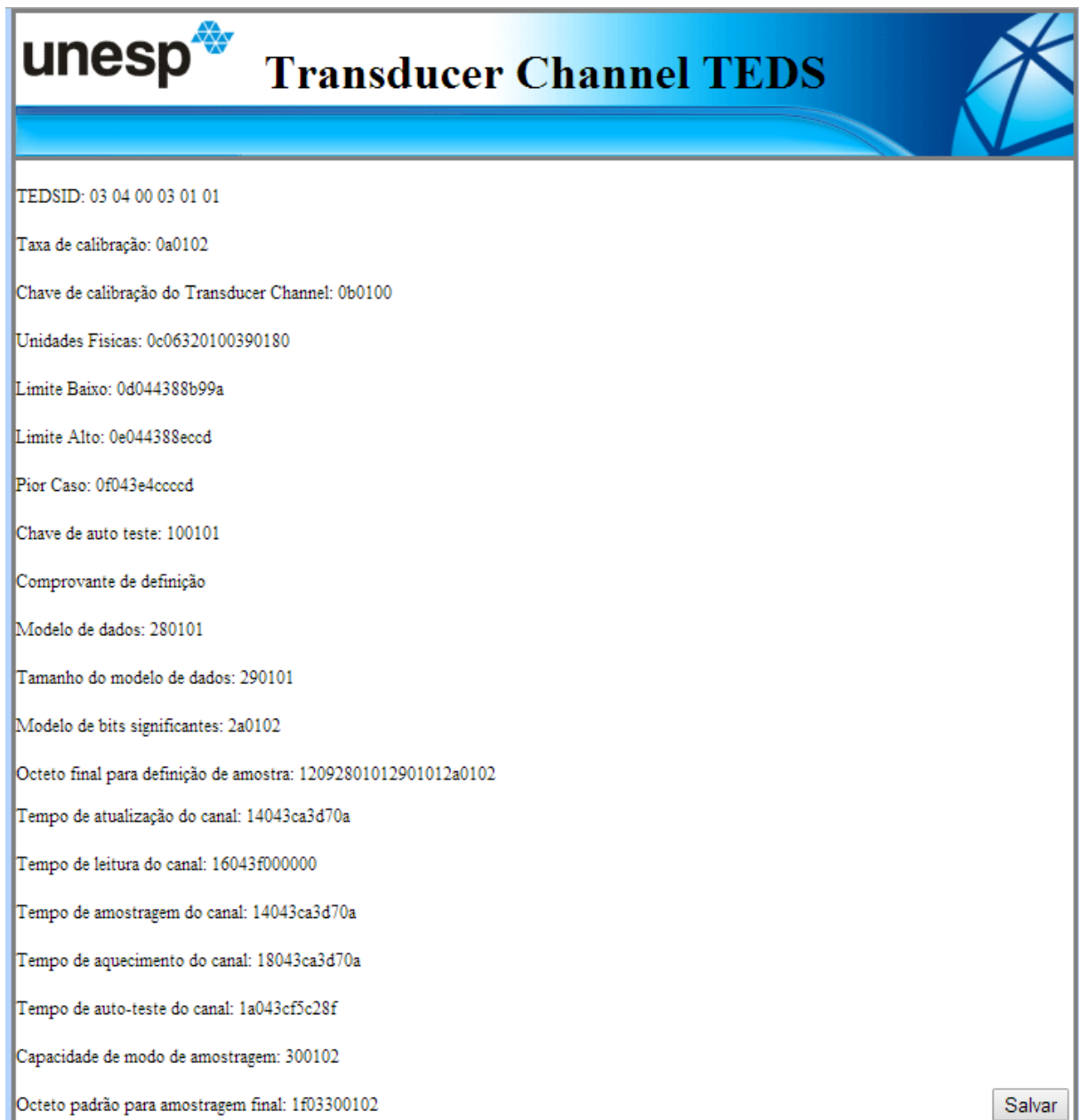
Figura 22 – Interface de Hexadecimais Gerados para META-TEDS



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para realizar os testes da User Transducer Name TEDS, foram utilizados os seguintes dados: Nome ou modelo do transdutor: IVP 2000 SF e o Formato: 1, onde o padrão define para esse campo o valor 0 para definições do usuário, o valor 1 para utilizar o formato descrito nas Text-Based TEDS e valores 2 a 255 para futuras alterações. Convertendo os valores de acordo com o padrão, temos: TEDSID: 03 04 00 0C 01 01, o campo Nome ou modelo do Transdutor: 050b4956502032303030205346, no qual, para se chegar a esse valor, deve-se descobrir o binário correspondente a cada caractere na Tabela ASCII e depois converter em octetos. Aplicando esses dados no sistema, o resultado é apresentado na Figura 24.

Figura 23 – Interface de Hexadecimais Gerados para Transducer Channel TEDS

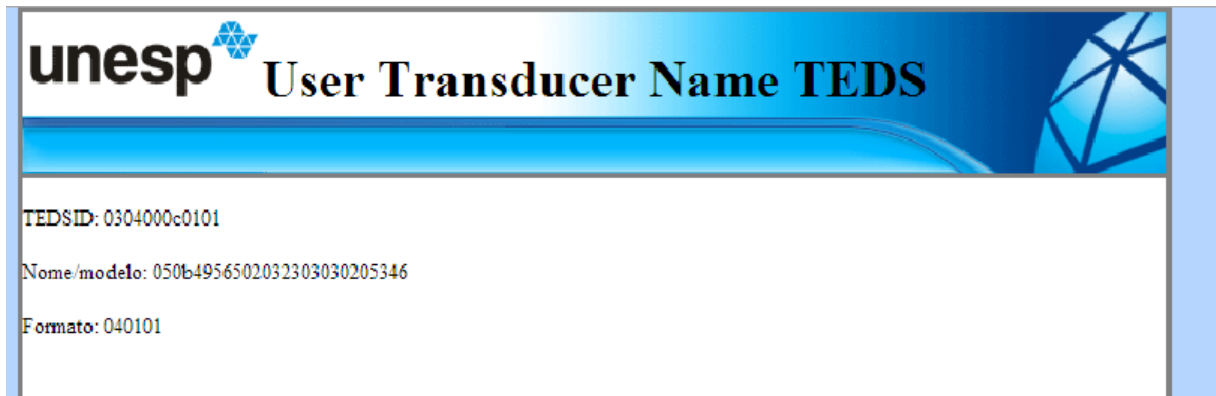


The image shows a software interface titled "Transducer Channel TEDS" with the UNESP logo. The interface displays a list of parameters in hexadecimal format, each with a label in Portuguese. At the bottom right, there is a "Salvar" (Save) button.

Label	Hexadecimal Value
TEDSID:	03 04 00 03 01 01
Taxa de calibração:	0a0102
Chave de calibração do Transducer Channel:	0b0100
Unidades Físicas:	0c06320100390180
Limite Baixo:	0d044388b99a
Limite Alto:	0e044388eccd
Pior Caso:	0f043e4ccccc
Chave de auto teste:	100101
Comprovante de definição	
Modelo de dados:	280101
Tamanho do modelo de dados:	290101
Modelo de bits significantes:	2a0102
Octeto final para definição de amostra:	12092801012901012a0102
Tempo de atualização do canal:	14043ca3d70a
Tempo de leitura do canal:	16043f000000
Tempo de amostragem do canal:	14043ca3d70a
Tempo de aquecimento do canal:	18043ca3d70a
Tempo de auto-teste do canal:	1a043cf5c28f
Capacidade de modo de amostragem:	300102
Octeto padrão para amostragem final:	1f03300102

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 24 – Interface de Hexadecimais Gerados para User Transducer Name TEDS

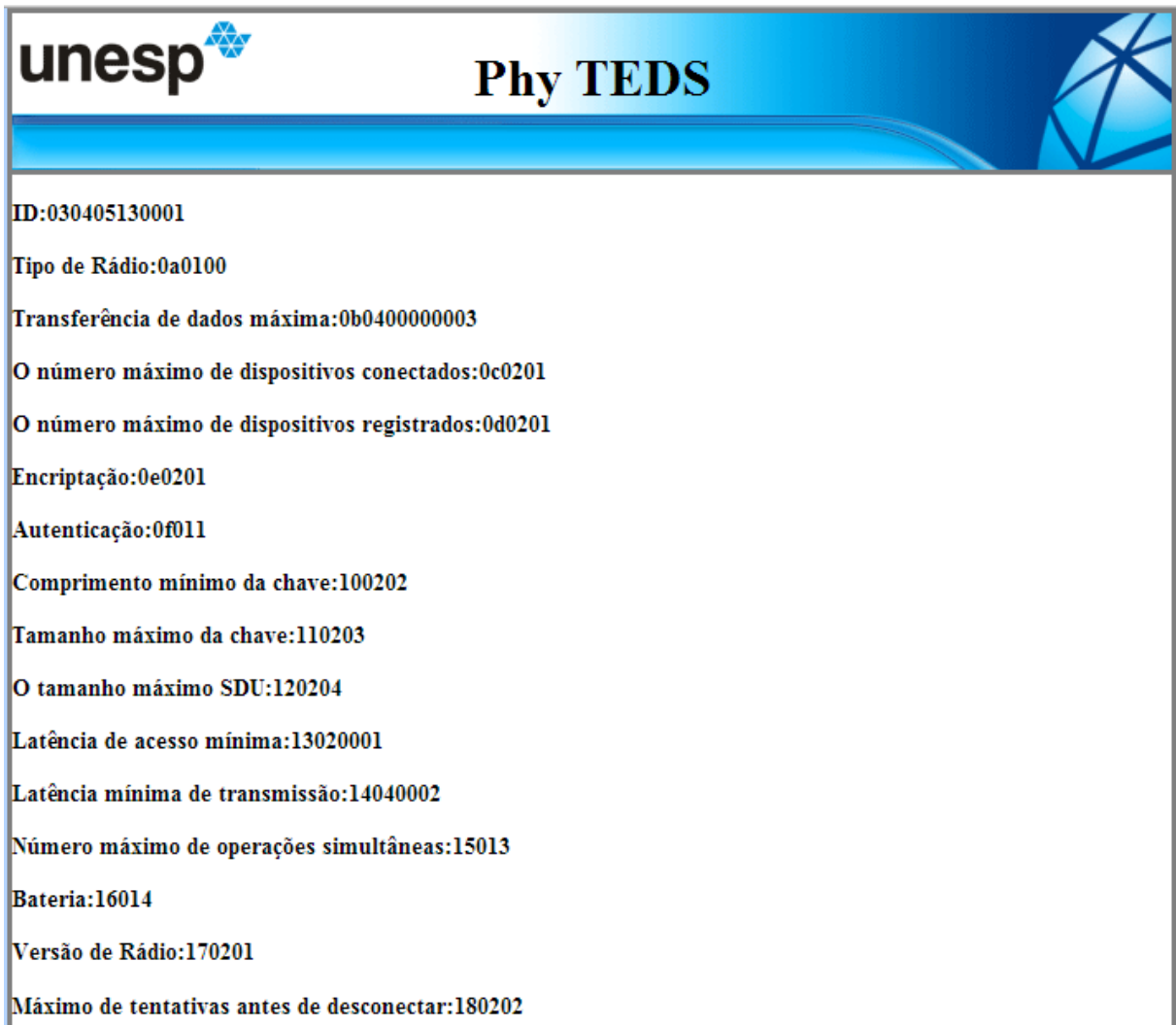


Fonte: Elaboração do próprio autor.

A próxima TEDS descrita é a PHY-TEDS, onde os valores descritos foram os seguintes: para definir o TEDSID foi escolhido o campo “Escolha de Opção Referentes a Versão”: Reservado, a Transferência de dados máxima: 3.0, o número máximo de dispositivos conectados:1, o número máximo de dispositivos registrados: 1, Suporte a Encriptação: AES, Alimentação: não, o campo Comprimento mínimo da chave: 2, Tamanho máximo da chave: 3, tamanho máximo SDU: 4, a Latência de Acesso Mínima: 1, Latência de Mínima de Transmissão: 2, o campo “Número Máximo de Operações Simultâneas”: 3, Alimentação da bateria: 3, o campo Versão de Rádio: 1 e Máximo de tentativas antes de desconectar: 2.

Realizando a conversão de acordo com o padrão temos: TEDSID: 03 04 05 13 00 01, o Tipo de Rádio possui valor definido no padrão, nesse caso é: 0A 01 00, a Taxa de transferência máxima: 0B 04 00 00 00 03, o campo Número máximo de dispositivos conectados: 0C 02 01, o campo Número máximo de dispositivos registrados: 0D 02 01. O valor para o campo Encriptação é definido no padrão, variando de acordo com o tipo de encriptação: 0E 02 01, campo Autenticação: 0F 01 1 esse valor é definido no padrão, o campo Comprimento mínimo da chave: 10 02 02, o Tamanho máximo da chave: 11 02 03, Tamanho máximo SDU: 12 02 04, Latência de acesso mínima: 13 02 00 01, o campo latência mínima de transmissão: 14 04 00 02, o número Máximo de Repetições Simultâneas: 15013, a Bateria: 16014, a Versão do rádio: 17 02 01 e o Número máximo de tentativas antes de desconectar: 18 02 02. Usando esses dados no sistema obtemos o resultado apresentado na Figura 25.

Figura 25 – Interface de Hexadecimais Gerados para PHY-TEDS



The screenshot shows the 'Phy TEDS' interface with the UNESP logo. It displays a list of configuration parameters in hexadecimal format:

- ID:030405130001
- Tipo de Rádio:0a0100
- Transferência de dados máxima:0b0400000003
- O número máximo de dispositivos conectados:0c0201
- O número máximo de dispositivos registrados:0d0201
- Encriptação:0e0201
- Autenticação:0f011
- Comprimento mínimo da chave:100202
- Tamanho máximo da chave:110203
- O tamanho máximo SDU:120204
- Latência de acesso mínima:13020001
- Latência mínima de transmissão:14040002
- Número máximo de operações simultâneas:15013
- Bateria:16014
- Versão de Rádio:170201
- Máximo de tentativas antes de desconectar:180202

Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.3 Testes realizados com exemplos da literatura

Neste tópico, serão apresentados os testes realizados com exemplos de TEDS encontrados em trabalhos da literatura. Estes exemplos foram utilizados para validar o sistema TEDS-EASY de forma concreta, usando casos aplicados em situações reais.

No artigo de Santos Filho e Silva (2012), é apresentado um formato para Meta-TEDS usando os valores descritos na Tabela 27, para gerar os hexadecimais.

Tabela 27 – Meta-TEDS

Campo	Valor
Classe	Meta-TEDS
Versão	IEEE 1451
Tamanho da Tupla	1

Latitude	73580
Longitude	446978
Fabricante	0
Data de Fabricação	26/08/2009
Número do Sensor	1
Tempo de Limite Operacional	5.73
Tempo de Auto Teste	0.45
Número de Transdutores	1

Fonte: Santos Filho e Silva, 2012.

Aplicando esses valores no sistema TEDS-EASY, é gerado os hexadecimais. Ao compararmos com os hexadecimais descritos no artigo, nota-se que os valores são iguais. Na Tabela 28, é possível verificar os hexadecimais descritos no artigo e na Figura 26 os hexadecimais gerados no sistema.

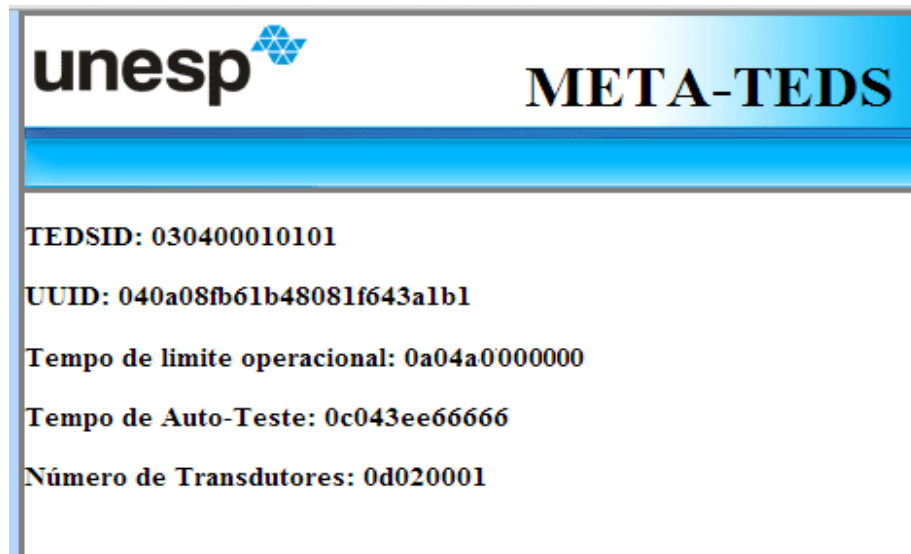
Tabela 28 – Meta-TEDS Hexadecimais

Tipo do Campo	Descrição	Tipo de dados	Valor
03	TEDSID	UInt32	00 01 01 01
04	Campo de Identificação Único Global	UUID	08 FB 61 B4 80 81 F6 43 A1 B1
0A	Tempo de Limite Operacional	Float32	40 A0 00 00
0C	Tempo de Auto Teste	Float 32	3E 66 66 66
0D	Número do Canal do Transdutor	UInt16	00 01

Fonte: Santos Filho e Silva, 2012.

Outros testes foram realizados com o artigo de Higuera, Polo, et.al. (2011) para outro formato de TEDS. Neste trabalho, é apresentado um formato para PHY-TEDS descrito na Tabela 29. Após realizar as conversões, chegou-se ao mesmo valor apresentado no artigo como demonstrado na Tabela 30 e na Figura 27.

Figura 26 – Meta-TEDS - TEDS EASY (Santos Filho e Silva, 2012)



Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 29 - PHY-TEDS

Campo	Valor
Rádio	2 (ZigBee)
Latência de dados máxima	250
Número Máximo de dispositivos conectados	255
Número Máximo de dispositivos registrados	255
Encriptação	Sem Encrip.
Autenticação	Sem Autent.
Comprimento mínimo da chave	0
Tamanho máximo da chave	0
Tamanho máximo SDU	255
Latência de acesso mínima	0
Latência de transmissão	0
Número máximo de operações simultâneas	0
Alimentação da bateria	1
Versão do rádio	1
Máximo de tentativas antes de conectar	0

Fonte: Higuera e Polo (2011).

Tabela 30 - PHY-TEDS Hexadecimais

Campo	Valor
Rádio	0A 01 02
Latência de dados máxima	0B 04 00 00 00 FA
Número máximo de dispositivos conectados	0C 02 00 FF
Número máximo de dispositivos registrados	0D 02 00 FF
Encriptação	0E 02 00 00
Autenticação	0F 01 01
Comprimento mínimo de chave	10 02 00 00
Tamanho máximo de chave	11 02 00 00
Tamanho máximo SDU	12 02 00 FF
Latência de acesso mínima	13 02 00 00
Latência de transmissão	14 04 00 00 00 00
Número máximo de operações simultâneas	15 01 00
Bateria	16 01 01
Versão de rádio	17 02 00 01
Máximo de tentativas antes de desconectar	18 02 00 00

Fonte: Higuera e Polo (2011).

Figura 27 – PHY-TEDS - TEDS EASY

```

ID:030405130101
Tipo de Rádio:0a0102
Transferência de dados máxima:0b04000000fa
O número máximo de dispositivos conectados:0c0200ff
O número máximo de dispositivos registrados:0d0200ff
Encriptação:0e020000
Autenticação:0f0101
Comprimento mínimo da chave:10020000
Tamanho máximo da chave:11020000
O tamanho máximo SDU:120200ff
Latência de acesso mínima:13020000
Latência mínima de transmissão:140400000000
Número máximo de operações simultâneas:150100
Bateria:160101
Versão de Rádio:17020001
Máximo de tentativas antes de desconectar:18020000

```

Fonte: Elaboração do próprio autor

O artigo de Kamala e Umamaheswari (2010) é apresentado um formato para a User Transducer Name TEDS. Na Tabela 31, é possível ver os dados e os hexadecimais usados nesse trabalho. Comparando esses valores com os valores obtidos no sistema TEDS-EASY, pode-se verificar que os valores correspondem como demonstrado na Figura 28.

Tabela 31 - User Transducer Name TEDS

TEDSID	03 04 00 0C 01 01	TEDS Identifiquer
Transducer Name	50 4F 54 45 4E 54 49 41 4C 44 45 56 49 44 45 52 56 4F 4C 54 41 47 45 53 45 4F 53 4F 52	ASCII Character (POTENTIAL DEVIDER VOLTAGE SENSOR)
User Defined Text	04 01 00	Text Based Data

Fonte: Kamala e Umamaheswari (2010).

Figura 28 – User Transducer Name TEDS - TEDS EASY (Kamala, 2010)



Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.4 Considerações finais sobre o capítulo

De acordo com os testes realizados, o sistema de descrição de TEDS auxilia e agiliza a descrição dos transdutores em redes baseadas no padrão IEEE 1451. Por se tratar de um ambiente *web*, é possível realizar o acesso e a descrição das TEDS de maneira rápida, uma vez que basta ter conexão com a Internet para utilizar o sistema. As TEDS geradas se

comparadas com os valores apresentados nos exemplos utilizados nota-se que os valores obtidos são os mesmos, dessa forma validando a ferramenta.

5 CONCLUSÃO

O sistema de descrição de TEDS é uma ferramenta de fácil acesso e grande utilidade na descrição de transdutores em redes de transdutores, baseadas no padrão IEEE 1451, poupando o usuário do trabalho de estruturar os dados e realizar as conversões para gerar os campos, minimizando assim o tempo para a configuração de transdutores na rede. O acesso ao sistema é realizado por meio da Internet, sendo gratuito para qualquer um que deseje trabalhar na descrição de TEDS. Com isso, pretende-se disseminar o padrão IEEE 1451 para trabalhar com redes de transdutores e incentivando seu uso.

O sistema possibilita acessar e realizar *downloads* das TEDS descritas, independente do usuário que realizou a descrição. Dessa forma, é possível que vários usuários compartilhem as TEDS descritas.

É possível realizar o download das TEDS em arquivos de texto, no qual o usuário, ao usar a opção de download das TEDS, pode embarcar o conteúdo baixado no módulo TIM, facilitando o processo de configuração dos transdutores nas redes baseadas no padrão IEEE 1451.

6 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, pode-se desenvolver e avaliar os seguintes tópicos:

- Desenvolvimento de um módulo de acesso entre o sistema e o módulo TIM, no qual, depois de gerada as TEDS, elas sejam automaticamente embarcadas na memória do módulo TIM, facilitando ainda mais a descrição dos transdutores em uma rede uma vez que o embarque das TEDS será automatizado.
- Desenvolver um módulo para conectar na rede de transdutores, e realizar download das TEDS para o sistema e após altera-las realiza o embarque novamente no módulo. Desta forma, possibilita-se a reconfiguração das TEDS de uma rede de transdutores de forma mais fácil, uma vez que o único trabalho seria alterar os dados da TEDS que desejar.
- Criar um sistema remoto para acesso da rede de transdutores via dispositivo móvel, para realizar a descrição de TEDS, alteração da TEDS e download das TEDS, dessa forma facilitando mais ainda a configuração das TEDS em uma rede de Transdutores.

REFERÊNCIAS

GONÇALVES, E. J. S. P. **Desenvolvimento de aplicações web com servlets, javaserver faces, hibernate, EJB 3 persistence e ajax**, Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007. 776 p.

HARIKRISHNAN, V. S.; IRENE, S.; PITCHIAH, R. Implementation of transducer electronic data sheet for ZigBee wireless sensors in smart building. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE TESTING, 2013, Nova Zelândia. **Proceedings...** Nova Zelândia: [s.n]. 2013. p. 906-911.

HIGUERA, J. E.; POLO, J. **IEEE 1451 standart in 6loWPAN sensor networks using a compact physical-layer transducer electronic datasheet**. [S.l]: IEEE Instrumentation and Measurement Society, 2011. p. 2751 – 2758.

INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT SOCIETY, THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS- IEEE. **IEEE standard for a smart transducer interface for sensors and actuators: common functions, communication protocols, and transducer electronic data sheet (TEDS) formats, (Standard 1451. 0) standards board**. Nova York: IEEE, 2007. 335 p.

INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT SOCIETY, THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS- IEEE. **IEEE standard for a smart sransducer interface for sensors and actuators: network capable application process (NCAP) information model, (Standard 1451. 1) standards board**. Nova York: IEEE, 1999. 341 p.

INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT SOCIETY, THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS- IEEE. **IEEE standard for a smart transducer interface for sensors and actuators: transducer to microprocessor communication protocols and transducer electronic data sheet (TEDS) formats (Standard 1451.2) standards board**. Nova York: IEEE, 1997. 120p.

INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT SOCIETY, THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS- IEEE. **IEEE standard for a smart transducer interface for sensors and actuators: digital communication and transducer electronic data sheet (TEDS) formats for distributed multidrop systems (Standard 1451.3) standards board**. Nova York: IEEE, 2003. 185p.

INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT SOCIETY, THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS- IEEE, **IEEE standard for a smart transducer interface for sensors and actuators: mixed-mode communication protocols and transducer electronic data sheet (TEDS) formats (Standard 1451.4) standards board**. Nova York: IEEE, 2004. 439 p.

INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT SOCIETY, THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS- IEEE, **IEEE standard for a smart transducer interface for sensors and actuators: wireless communication protocols and transducer electronics data sheet (TEDS) formats (Standard 1451.5) standards board**. Nova York: IEEE, 2007. 246 p.

INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT SOCIETY, THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS- IEEE, **Draft standard for a smart transducer interface for sensors and actuators:** transducers to radio frequency identification (RFID) systems communication protocols and transducer electronic data sheets formats(Standard 1451.7) standards board. Nova York: IEEE, 2009. 89 p.

JEVTIC, N.; DRNDAREVIC, V. Development of smart transducers compliant with the IEEE 1451.4 standard. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INSTRUMENTATION AND CONTROL TECHNOLOGY- ISICT, 2012. Londres. **Proceedings...** Londres: IEEE, 2012. p 126-131.

KUMAR, A.; KIM, H.; HANCKE, G. P. environmental monitoring systems: a review. **IEEE Sensors Journal**, Piscataway, v. 13, n. 4, p. 1208-1211, 2012.

LARMAN. **Utilizando uml e padrões:** uma introdução a análise e ao projeto orientado a objetos e ao desenvolvimento iterativo. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LIMIN, C. Design and research of a kind of smart sensor. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND EDUCATION – ICCSE, 2012, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: IEEE, 2012. p. 1208-1211.

MANDA, S.; GURKAN, D. **IEEE 1451.0 compatible TEDS creation using .NET framework.** In: SENSORS APPLICATIONS SYMPOSIUM – SAS, 2009, New Orleans. **Proceedings...** IEEE: New Orleans, 2009. p. 281-286.

NING-CHUAN CHANG; CHIPAN HWANG; MU-SONG CHEN. - **Development of a middleware for exploring practicality of IEEE 1451 protocol family.** In: CROSS STRAIT QUAD-REGIONAL RADIO SCIENCE AND WIRELESS TECHNOLOGY CONFERENCE - CSQRWC, 2013, Chengdu. **Proceedings...** Chengdu: IEEE, 2013. p. 373-376.

NUNES, M.; O'NEILL, H. **Fundamental de UML.** Lisboa: FCA, 2004. 162 p.

PERERA, M. D. R.; MEEGAMA, R. G. N.; JAYANANDA, M. K.; A single-chip solution for interfacing transducers to sensor networks using FPGAs. In: COMPUTER SCIENCE AND EDUCATION INTERNATIONAL CONFERENCE – ICCSE, 8., 2013. **Proceedings...** [S.l.; s.n.], 2013. p. 201-206.

POSTGRESQL 8.4.13 documentation. postgresQL manuals. [S.l ; s.n.], 2010. Disponível em: <<http://www.postgresql.org/docs/8.4/interactive/index.html>>. Acesso em: 28 ago. 2012.

ROSSI, S. R. **Implementação de um nó de IEEE 1451, baseado em ferramentas abertas e padronizadas, para aplicações em ambientes de instrumentação distribuída.** 2012. 213 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Paulista, Ilha Solteira, 2012.

SANTOS FILHO, T. A. **Desenvolvimento de um nó de rede com diferentes interfaces de acordo com o padrão IEEE 1451 utilizando o processador nios II e o sistema operacional embarcado µlinux.** 2012. 183 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Paulista, Ilha Solteira, 2012.

SANTOS FILHO, T. A.; SILVA, A. C. R. Descrição dos TEDS para controle e automação baseado no padrão IEEE 1451. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO, 2010, Bonito. **Anais...** Bonito: IEEE, 2010. p. 4761-4766.

SONG, R.; LEE, K. B. **Sensor network based on IEEE 1451.0 and IEEE p1451.2 - RS 232**. Victoria: IMTC, 2006. p. 72-77.

TORBEN, R. **The IEEE 1451.4 proposed standard emerging compatible Smart transducers and systems. nist.gov**. [S.l]: IEEE, 2012. Disponível em: <<http://ieee1451.nist.gov/>>. Acesso em: 10 maio, 2014.