

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

CARLOS AUGUSTO PAIVA LAMEIRINHAS DA CONCEIÇÃO

**ALGORITMO PARA TESTE DE EQUIPAMENTOS EM TORRE DE INTEGRAÇÃO
DE VEÍCULOS ESPACIAIS**

SANTOS/SP

2013

CARLOS AUGUSTO PAIVA LAMEIRINHAS DA CONCEIÇÃO

**ALGORITMO PARA TESTE DE EQUIPAMENTOS EM TORRE DE INTEGRAÇÃO
DE VEÍCULOS ESPACIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob orientação de: Prof. Dr. Francisco Carlos Parquet Bizarria

SANTOS/SP

2013

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Conceição, Carlos Augusto Paiva Lameirinhas.

Algoritmo para Teste de Equipamentos em Torre de Integração de Veículos Espaciais / Carlos Augusto Paiva Lameirinhas da Conceição.

-- 2013.
141 f.

Orientador: Francisco Carlos Parquet Bizarria.
Coorientador: Alexandre Rocco.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2013.

1. Algoritmo. 2. Automação. 3. Autoteste. 4. Torre de Integração Vertical. 5. Plataforma de Lançamento de Foguetes. I. Bizarria, Francisco Carlos Parquet, orient. II. Rocco, Alexandre, coorient. III. Algoritmo para Teste de Equipamentos em Torre de Integração de Veículos Espaciais.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA

**ALGORITMO PARA TESTE DE EQUIPAMENTOS EM TORRE DE INTEGRAÇÃO
DE VEÍCULOS ESPACIAIS**

CARLOS AUGUSTO PAIVA LAMEIRINHAS DA CONCEIÇÃO

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de mestre em Engenharia Mecânica, defendida e aprovada em 26/11/2013 pela Banca Examinadora.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alfredo Rocha de Faria
DCTA - ITA

Prof. Dr. Francisco Carlos Parquet Bizarria
UNITAU

Prof. Dr. Alexandre Rocco
UNISANTA

O orientador declara que a Dissertação tem a aprovação para digitalização (02 cópias em CD), a fim de serem entregues na Secretaria para o início do processo de pedido de diploma, com o prazo máximo de **30 dias** a contar da defesa.

O orientador declara que a Dissertação tem a aprovação condicionada às reformulações solicitadas pela Banca Examinadora no prazo máximo de **90 dias** a contar da defesa, tendo o aluno, obrigatoriamente, que apresentar a dissertação com as reformulações aprovadas até ____ / ____ / _____. O aluno tem, a partir desta data-limite, o prazo máximo de **30 dias** para a entrega de 02 cópias em CD da dissertação, a serem entregues na Secretaria para o início do processo de pedido de diploma.

Assinatura do Orientador

Data: ____ / ____ / _____



Universidade Santa Cecília

Reconhecida pela Portaria Ministerial nº 150/96

**Ata da Apresentação Final de Dissertação do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Mecânica
Mestrado em Engenharia Mecânica nº 26/2013**

Aos vinte e seis dias do mês de novembro do ano de dois mil e treze, às onze horas, no Consistório da Chancelaria, reuniram-se os membros da Banca Examinadora, composta por Prof. Dr. Francisco Carlos Parquet Bizarria, orientador, Universidade de Taubaté, Prof. Dr. Alexandre Rocco, indicado pelo orientador, indicado também a presidir a Banca, Prof. Dr. Alfredo Rocha de Faria, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, CTA, ITA, convidado externo, indicado pela CPG, a fim de avaliarem a Apresentação Final de Dissertação do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica - Mestrado em Engenharia Mecânica, do discente **Carlos Augusto Paiva Lameirinhas da Conceição**, sob o tema: **"ALGORITMO PARA TESTE DE EQUIPAMENTOS EM TORRE DE INTEGRAÇÃO DE VEÍCULOS ESPACIAIS"**. Aberta a sessão pelo presidente da mesma, coube ao candidato, na forma regimental, expor o tema de sua dissertação, dentro do tempo regulamentar, sendo em seguida questionado pelos membros da Apresentação Final de Dissertação, tendo dado as explicações que foram necessárias. Após debaterem a Apresentação Final de Dissertação em seção fechada, os membros da Banca consideram o candidato: ☒ Aprovado; ☐ Aprovado com Exigências; ☐ Reprovado. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, assinada pelos membros da Banca na ordem de arguição.

Prof. Dr. Alfredo Rocha de Faria,
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, CTA, ITA,
São José dos Campos

Prof. Dr. Francisco Carlos Parquet Bizarria,
Orientador
Prof. Dr. Alexandre Rocco,
Presidente

*Dedico este trabalho aos que me deram apoio
para alcançar essa minha nova conquista.*

AGRADECIMENTO

Ao professor Dr. Francisco Carlos Parquet Bizarria, pelo profissionalismo, competência e comprometimento na condução da orientação deste trabalho.

Ao meu Co-orientador Professor Dr. Alexandre Rocco pelo incentivo e credibilidade.

Aos que tiveram paciência nos momentos em que eu não estava com paciência e aos que me deram uma palavra de apoio mesmo sem saberem que eram palavras importantes no momento certo.

“O pessimista queixa-se do vento. O otimista espera que ele mude. O realista ajusta as velas”.

Willian George Ward – Teólogo Inglês

RESUMO

As localizações geográficas dos campos de lançamento de foguetes e veículos espaciais, que pertencem ao território brasileiro, abrangem áreas litorâneas que estão próximas da linha do equador para privilegiar requisitos relacionados, principalmente, com o tipo da missão, a segurança e a infraestrutura que estão disponíveis para realizar as atividades de integração, testes e lançamento dos engenhos. Nessas localizações há presença de ambiente com atmosfera úmida e salina, sendo definida situação na qual os equipamentos, sistemas e complexos, presentes nas diversas unidades dos campos de lançamento, têm que suportar as mencionadas intempéries durante a sua vida útil. Dentre as várias unidades contidas nos campos de lançamento, a Torre de Integração Vertical é o complexo utilizado para auxiliar diretamente a realização das tarefas relacionadas com a integração vertical, os testes de equipamentos de bordo e o lançamento do Veículo Lançador de Satélites. A operação dessa torre está automatizada e envolvem aplicações de sistemas mecânicos, elétricos, eletrônicos e computacionais, a fim de minimizar a exposição de seus usuários aos riscos que são inerentes as atividades relacionadas com o setor espacial. Decorrente do extenso período de tempo entre as realizações das campanhas de lançamento do Veículo Lançador de Satélites, os efeitos provocados pelas ações das intempéries ambientais são significativamente potencializados podendo causar não conformidades em sensores e atuadores contidos nos equipamentos e/ou subsistemas instalados nessa torre. Nesse contexto, este trabalho propõe à utilização de um algoritmo para realizar o autoteste dos principais sensores e atuadores presentes nos equipamentos e/ou subsistemas instalados na Torre de Integração Vertical, com a meta de auxiliar a avaliação da condição operacional dos mesmos antes de sua plena utilização durante a campanha de lançamento. Os resultados positivos observados nas simulações realizadas com esse algoritmo mostram que a proposta apresentada neste trabalho é factível e pode ser levada a efeito para aplicação a que se destina.

Palavras-chave: Algoritmo. Automação. Autoteste. Torre de Integração Vertical. Plataforma de Lançamento de Foguetes.

ABSTRACT

The geographical locations of the fields of launching rockets and space vehicles, belonging to the Brazilian territory, covering coastal areas that are near the equator to privilege requirements, mainly related to the type of mission, security and infrastructure that are available for perform integration activities, test and launch of the mills. These locations are present environment with saline and humid atmosphere, defined situation where the equipment, systems and complexes present in the various units of the launch fields, have to bear the aforementioned weather during your lifetime. Among the various units contained in the launch fields, the Tower of Vertical Integration is the complex used to assist directly the tasks related to vertical integration, testing airborne equipment and the launch of Satellite Launch Vehicle. The operation of this tower is automated and involves applications of mechanical, electrical, electronic and computer in order to minimize the exposure of their users to the risks that are inherent in the activities related to the space industry. Resulting from extensive period of time between the achievements of the campaign launch of Satellite Launch Vehicle, the effects caused by the actions of weathering environment are significantly potentiated may cause nonconformities in sensors and actuators contained in the equipment and / or subsystems installed in this tower. In this context, this paper proposes the use of an algorithm to perform the self-test of the main sensors and actuators on the equipment and / or subsystems installed in the Tower of Vertical Integration, with the goal of assisting the evaluation of operating condition of the sensors and actuators before its full use during the launch campaign. The positive results observed in the simulations with this algorithm show that the proposal presented in this paper is feasible and can be carried out for the intended application.

Keywords: Algorithm. Automation. Autotest. Tower Vertical Integration. Rocket. Launching Platform.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de níveis do BIT.....	26
Figura 2 - Arquitetura de autoteste e autoreparo.	29
Figura 3 - Setor de Preparação e Lançamento.	32
Figura 4 - Torre Móvel de Integração.....	34
Figura 5 – Pirâmide da Automação Industrial.....	35
Figura 6– Sensor indutivo.	38
Figura 7- Motor de indução trifásico.	40
Figura 8 – Estrutura básica do CLP.....	40
Figura 9 - Controlador de estrutura fixa.....	42
Figura 10 - Controlador de estrutura modular.....	42
Figura 11 – Unidade de Terminal Remota.	43
Figura 12 - Interfaces Homem-Máquina.....	44
Figura 13 - Arquitetura com sistema SCADA.....	45
Figura 14 – Rede com topologia estrela.....	51
Figura 15 – Rede com topologia em anel.....	52
Figura 16 – Rede com topologia em barramento.	52
Figura 17 – Princípios básicos do BIST.	55
Figura 18 – Classificações do BIST.....	55
Figura 19 - Mapa mental do sistema proposto.	60
Figura 20 – Arquitetura física de referência.....	61
Figura 21 - Vista do protótipo.....	64
Figura 22 – Janela do PhpMyAdmin.	65
Figura 23 – Equipamentos da Torre Móvel de Integração.	66
Figura 24 – Desacoplador do motor de truque.....	71
Figura 25 – Eletrodo de conexão.	72
Figura 26 – Subsistema de ancoragem.	72
Figura 27 – Subsistema de iluminação interna.....	73
Figura 28 – Tomadas de nível.	74
Figura 29 – Tomadas da carreta com sistema hidráulico.....	74
Figura 30 – Portas do primeiro nível.	75
Figura 31 – Plataformas móvel do segundo nível.	75

Figura 32 – Ponte rolante.....	76
Figura 33 – Elevador.	77
Figura 34 - Diagrama de Casos de Uso.	78
Figura 35 - Diagrama de Classe.	80
Figura 36 - Fluxograma para teste de equipamentos.....	100
Figura 37 – Janela de Identificação.	102
Figura 38 - Janela de Parametrização.	104
Figura 39 - Janela de Ajuda.	104
Figura 40 – Simulação Posição TIV.	105
Figura 41 - Janela Principal.	107
Figura 42 - Teste do Subsistema de Truques.	110
Figura 43 - Teste do Cabo de descida dos Pára-raios.	112
Figura 44 – Teste do Subsistema de Ancoragem.....	114
Figura 45 – Teste do Subsistema de Iluminação (acionar).....	115
Figura 46 – Teste das Tomadas de Nível.....	117
Figura 47 – Teste das Tomadas da Carreta.....	118
Figura 48 – Teste das Portas (abrir).	120
Figura 49 – Teste das Plataformas de Nível Móveis (movimentar).	122
Figura 50 – Teste da Ponte Rolante.....	123
Figura 51 – Teste das Plataformas de Nível Móveis (finalizar).....	125
Figura 52 – Teste das Portas (fechar).....	126
Figura 53 – Teste Elevador.....	128
Figura 54 – Teste do Subsistema de Iluminação (desacionar).....	129
Figura 55 – Registros da operação de teste.	130
Figura 56 - Registros da operação.....	131
Figura 57 - Resultados do teste realizado.....	131
Figura 58 – Indicação de falha no teste da porta.....	132
Figura 59 – Relatório com indicação de falha na porta.	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação de atividades com risco.....	24
Tabela 2 - Comparação entre objetos em relação ao número de partes.....	28
Tabela 3 – Protocolos ISO/OSI e TCP/IP.....	54
Tabela 4 - Requisitos lógicos do programa de gerenciamento.....	58
Tabela 5 - Equipamentos submetidos aos testes.....	67
Tabela 6 – Coleta de informações de sensores e atuadores.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Atuador
AI	Atuador Inteligente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ATE	<i>Teste Automático de Equipamento (Automatic Test Equipment)</i>
BIT	<i>Autoteste (Built-In Test)</i>
BISR	<i>Autoreparo (Built-In Self-Repair)</i>
BIST	<i>Autoteste (Built-In Self Test)</i>
CAS	Casamata
CH	Computador Hospedeiro
CLA	Centro de Lançamento de Alcântara
CLP	Controlador Lógico Programável
CNC	Controle Numérico Computadorizado (<i>Computer Numeric Control</i>)
CPU	Unidade Central de Processamento (<i>Central Processing Unit</i>)
DEC	Depósito de Contêiner
DFT	Projeto para a Testabilidade (<i>Design-for-Testability</i>)
DM	Desacoplador do Motor de Truque
DMA	Desacoplador do Motor de Truque do subsistema A
DMB	Desacoplador do Motor de Truque do subsistema B
DMC	Desacoplador do Motor de Truque do subsistema C
DMD	Desacoplador do Motor de Truque do subsistema D
EGSE	Equipamento Elétrico de Suporte em Solo (<i>Electrical Ground Support Equipment</i>)
EL	Elevador
ESA	Agência Espacial Européia (<i>European Space Agency</i>)
ERP	Planejamento de Recursos da Empresa (<i>Enterprise Resource Planning</i>)
E/S	Entrada e Saída
IHM	Interface Homem-Máquina
IL	Iluminação
IRPD	Interface de Rede para Protocolo Determinístico
IRPP	Interface de Rede para Protocolo Probabilístico
ISO	Organização Internacional para Padronização (<i>International Organization for Standardization</i>)
ISOP	Interface de Simulação de Operação
LAN	Redes de Área Local (<i>Local Area Networks</i>)
LCD	Linha de Comunicação Determinística

LCP	Linha de Comunicação Probabilística
MAN	Redes de Área Metropolitana (<i>Metropolitan Area Networks</i>)
MES	Sistema de Execução de Manufatura (<i>Manufacturing Execution System</i>)
ML	Mesa de Lançamento
MMR	Registro de Memória Mapeada (<i>Memory-Mapped Register</i>)
MT	Motor de Truque
MTA	Motor de Truque do subsistema A
MTB	Motor de Truque do subsistema B
MTC	Motor de Truque do subsistema C
MTD	Motor de Truque do subsistema D
MYSQL	Banco de Dados que utiliza: Linguagem de Consulta Estruturada (<i>Structured Query Language</i>)
OSI	Interconexão de Sistemas Abertos (<i>Open Systems Interconnection</i>)
PA	Patola do subsistema de ancoragem
PA1	Patola do subsistema de ancoragem identificada pelo número um
PA2	Patola do subsistema de ancoragem identificada pelo número dois
PA3	Patola do subsistema de ancoragem identificada pelo número três
PA4	Patola do subsistema de ancoragem identificada pelo número quatro
PA5	Patola do subsistema de ancoragem identificada pelo número cinco
PA6	Patola do subsistema de ancoragem identificada pelo número seis
PA7	Patola do subsistema de ancoragem identificada pelo número sete
PA8	Patola do subsistema de ancoragem identificada pelo número oito
PA9	Patola do subsistema de ancoragem identificada pelo número nove
PA10	Patola do subsistema de ancoragem identificada pelo número dez
PBIST	Memória Programável de Autoteste (<i>Programmable Memory BIST</i>)
PC	Computador Pessoal (<i>Personal Computer</i>)
PCU	Preparação da Carga Útil
PEM	Preparação de Motores

PHPMYADMIN	Administrador Pessoal de Página Caseiro (<i>Personal Home Page My Admin</i>)
PIMS	Sistema de Gerenciamento de Informações da Planta (<i>Plant Information Management System</i>)
PL	Plataforma de Lançamento de Nível Móvel
PL1D	Plataforma de Lançamento de Nível Móvel localizada no primeiro nível ao lado direito
PL1E	Plataforma de Lançamento de Nível Móvel localizada no primeiro nível ao lado esquerdo
PL2D	Plataforma de Lançamento de Nível Móvel localizada no segundo nível ao lado direito
PL2E	Plataforma de Lançamento de Nível Móvel localizada no segundo nível ao lado esquerdo
PL3D	Plataforma de Lançamento de Nível Móvel localizada no terceiro nível ao lado direito
PL3E	Plataforma de Lançamento de Nível Móvel localizada no terceiro nível ao lado esquerdo
PL4D	Plataforma de Lançamento de Nível Móvel localizada no quarto nível ao lado direito
PL4E	Plataforma de Lançamento de Nível Móvel localizada no quarto nível ao lado esquerdo
PL5D	Plataforma de Lançamento de Nível Móvel localizada no quinto nível ao lado direito
PL5E	Plataforma de Lançamento de Nível Móvel localizada no quinto nível ao lado esquerdo
PO	Porta da torre
PO1D	Porta da torre localizada no primeiro nível ao lado direito
PO1E	Porta da torre localizada no primeiro nível ao lado esquerdo
PO2D	Porta da torre localizada no segundo nível ao lado direito
PO2E	Porta da torre localizada no segundo nível ao lado esquerdo
PO3D	Porta da torre localizada no terceiro nível ao lado direito
PO3E	Porta da torre localizada no terceiro nível ao lado esquerdo
PO4D	Porta da torre localizada no quarto nível ao lado direito
PO4E	Porta da torre localizada no quarto nível ao lado esquerdo
PR	Pára-raios
PRD	Pára-raios conectado ao lado direito da torre
PRE	Pára-raios conectado ao lado esquerdo da torre
PT	Ponte Rolante
RAM	Memória de Acesso Aleatório (<i>Random Access Memory</i>)

ROM	Memória Exclusiva de Leitura (<i>Read Only Memory</i>)
S	Sensor
SCADA	Supervisão, Controle e Aquisição de Dados
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído
SEE	Subestação de Energia Elétrica
SER	Servidor
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SPL	Setor de Preparação e Lançamento
SQL	Linguagem de Consulta Estruturada (<i>Structured Query Language</i>)
TC	Tomada da Carreta de Transporte com Sistema Hidráulico
TC220	Tomada da Carreta de Transporte com Sistema Hidráulico com tensão elétrica de 220V
TC380	Tomada do Sistema Hidráulico da Carreta de Transporte com tensão elétrica de 380V
TPC/IP	Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Interconexão (<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>)
TIV	Torre de Integração Vertical
TMI	Torre Móvel de Integração
TN	Tomada de Nível
TN11	Tomada de Nível identificada pelo número um localizada no primeiro nível
TN21	Tomada de Nível identificada pelo número dois localizada no primeiro nível
TN31	Tomada de Nível identificada pelo número três localizada no primeiro nível
TN41	Tomada de Nível identificada pelo número quatro localizada no primeiro nível
TN51	Tomada de Nível identificada pelo número cinco localizada no primeiro nível
TN61	Tomada de Nível identificada pelo número seis localizada no primeiro nível
TN71	Tomada de Nível identificada pelo número sete localizada no primeiro nível
TN81	Tomada de Nível identificada pelo número oito localizada no primeiro nível
TN12	Tomada de Nível identificada pelo número um localizada no segundo nível
TN22	Tomada de Nível identificada pelo número dois localizada no segundo nível

TN32	Tomada de Nível identificada pelo número três localizada no segundo nível
TN42	Tomada de Nível identificada pelo número quatro localizada no segundo nível
TN52	Tomada de Nível identificada pelo número cinco localizada no segundo nível
TN62	Tomada de Nível identificada pelo número seis localizada no segundo nível
TN72	Tomada de Nível identificada pelo número sete localizada no segundo nível
TN82	Tomada de Nível identificada pelo número oito localizada no segundo nível
TN13	Tomada de Nível identificada pelo número um localizada no terceiro nível
TN23	Tomada de Nível identificada pelo número dois localizada no terceiro nível
TN33	Tomada de Nível identificada pelo número três localizada no terceiro nível
TN43	Tomada de Nível identificada pelo número quatro localizada no terceiro nível
TN53	Tomada de Nível identificada pelo número cinco localizada no terceiro nível
TN63	Tomada de Nível identificada pelo número seis localizada no terceiro nível
TN73	Tomada de Nível identificada pelo número sete localizada no terceiro nível
TN83	Tomada de Nível identificada pelo número oito localizada no terceiro nível
TN14	Tomada de Nível identificada pelo número um localizada no quarto nível
TN24	Tomada de Nível identificada pelo número dois localizada no quarto nível
TN34	Tomada de Nível identificada pelo número três localizada no quarto nível
TN44	Tomada de Nível identificada pelo número quatro localizada no quarto nível
TN54	Tomada de Nível identificada pelo número cinco localizada no quarto nível
TN64	Tomada de Nível identificada pelo número seis localizada no quarto nível

TN74	Tomada de Nível identificada pelo número sete localizada no quarto nível
TN84	Tomada de Nível identificada pelo número oito localizada no quarto nível
UCP	Unidade Central de Processamento
UML	Linguagem Unificada de Modelagem (<i>Unified Modeling Language</i>)
URES	Unidade Remota de Entrada e Saída
UTR	Unidade de Terminal Remota
V	Tensão elétrica
VLS	Veículo Lançador de Satélites
WAN	Redes de Grandes Áreas (<i>Wide Area Networks</i>)
www	Rede de Alcance Mundial (<i>World Wide Web</i>)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	21
1.1 Descrição do Problema	21
1.2 Solução Proposta	23
1.3 Objetivos do Trabalho.....	23
1.4 Revisão Bibliográfica	23
1.5 Estrutura do trabalho	30
CAPÍTULO 2 - CONCEITOS BÁSICOS	32
2.1 Setor de Lançamento de Veículos Espaciais	32
2.2 Automação Industrial.....	34
2.2.1 Transdutor, sensores e atuadores	36
2.2.1.1 Sensores	37
2.2.1.2 Atuadores	39
2.2.2 Controlador lógico programável.....	40
2.2.2.1 Unidade de terminal remota	43
2.2.3 Interface homem-máquina.....	44
2.2.4 Sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados.....	44
2.2.4.1 Arquitetura com sistema SCADA.....	45
2.3 Algoritmo	45
2.3.1 Representação e desenvolvimento do algoritmo	46
2.3.2 Fluxograma.....	46
2.3.3 Linguagem de programação	46
2.4 Sistema de Banco de Dados	48
2.4.1 Modelos de dados	48
2.4.2 Sistema gerenciador de banco de dados	49
2.5 Redes de comunicação de dados	49
2.5.1 Sistemas operacionais de rede	49
2.5.2 Tipos de redes de comunicação de dados	50
2.5.3 Redes Determinísticas e Probabilísticas	50
2.5.4 Topologias de rede	51
2.5.4.1 Topologia em Estrela.....	51
2.5.4.2 Topologia em Anel.....	52
2.5.4.3 Topologia em Barramento	52
2.6 Protocolos.....	52
2.6.1 Camadas	53
2.6.2 Modelo de Referência OSI	53
2.6.3 Protocolos TCP/IP	53
2.7 Autoteste	54
2.8 Mapa Mental.....	56

CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO	57
3.1 Requisitos Lógicos	57
3.2 Arquitetura Física de Referência	61
3.3 Protótipo	63
3.4 Características dos Equipamentos para Autoteste	65
3.5 Elementos do Algoritmo	77
3.5.1 Diagrama de casos de uso	77
3.5.2 Diagrama de classe	79
3.5.3 Estruturas das bases de dados	81
3.5.4 Relações entre bases de dados	86
3.5.5 Interrupção do teste	87
3.5.6 Equipe de apoio	88
3.5.7 Dependência entre operações	89
3.6 Algoritmo Proposto	91
3.6.1 Etapas principais do algoritmo	93
3.7 Interface Gráfica	101
3.7.1 Janela de identificação	101
3.7.2 Janela de parametrização	102
3.7.3 Interface de simulação	105
3.7.4 Janela principal	106
3.8 Testes Práticos	107
3.8.1 Módulo truques	109
3.8.2 Módulo pára-raios	111
3.8.3 Módulo patolas	112
3.8.4 Módulo subsistema de iluminação (acionar)	114
3.8.5 Módulo tomadas de nível	115
3.8.6 Módulo tomadas da carreta	117
3.8.7 Módulo portas (abrir)	119
3.8.8 Módulo plataformas (movimentar)	120
3.8.9 Módulo ponte rolante	122
3.8.10 Módulo plataformas (finalizar)	124
3.8.11 Módulo portas (fechar)	125
3.8.12 Módulo elevador	127
3.8.13 Módulo subsistema de iluminação (desacionar)	128
3.8.14 Resultado dos testes	129
CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES	134
REFERÊNCIAS	136

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo é composto pela descrição do problema, pela solução proposta, pelos objetivos do trabalho, pela revisão bibliográfica e pela estrutura do trabalho. A descrição do problema enfatiza a importância de efetuar testes em sensores e atuadores presentes nos equipamentos e/ou subsistemas instalados na Torre de Integração Vertical de veículos espaciais, antes da sua plena utilização na campanha de lançamento. Na solução proposta é sugerida a utilização de um algoritmo dedicado para realizar o autoteste dos principais sensores e atuadores presentes nesses equipamentos e/ou subsistemas. Nos objetivos do trabalho é proposto o desenvolvimento e arquitetura lógica capaz de atender os passos desse algoritmo. Na revisão bibliográfica são apresentados resumos de trabalhos técnicos relacionados com a presente dissertação. A estrutura do trabalho mostra a sequência adotada para a distribuição dos capítulos desta dissertação com os respectivos comentários sobre os seus conteúdos.

1.1 Descrição do Problema

As nações que desenvolvem pesquisas espaciais abrem possibilidades para autonomia em relação às demais, situação similar aquelas dos países colonizadores europeus que eram capazes de construir embarcações e realizar navegações pelos oceanos, no século XIV e XV. Essas pesquisas envolvem aspectos econômicos advindos das inúmeras oportunidades comerciais que podem ser obtidas por meio da oferta de produtos e serviços consumidos por sua população e também por grande parcela das nações que ainda não adquiriram esse desenvolvimento (GONÇALVES, 2005).

As localizações geográficas dos campos de lançamento de foguetes e veículos espaciais, que pertencem ao território brasileiro, abrangem áreas litorâneas que estão próximas da linha do equador para privilegiar requisitos relacionados, principalmente, com o tipo da missão, a segurança e a infraestrutura que estão disponíveis para realizar as atividades de integração, testes e lançamento dos engenhos.

Os Veículos Lançadores de Satélites são projetados com a finalidade principal de realizar a injeção de um ou mais satélites em orbitas baixas (de 200 a 10.000 km), médias (de 10.000 a 15.000 km) ou altas (acima de 15.000 km), além de atribuir o movimento circular ou elíptico, definir a inclinação em relação ao plano do equador, com determinada precisão, a partir de um campo de lançamento (PALMÉRIO, 2002).

Os requisitos de segurança considerados para realizar as operações em solo e vôo são complexos e difíceis de serem atendidos simultaneamente. Nesse sentido, existem normas brasileiras que tem por meta prever a segurança operacional em solo e vôo, a fim de minimizar os riscos que estão relacionados com o veículo lançador, as cargas úteis associadas, os equipamentos de apoio de solo, a população em geral, a propriedade pública, privada e o meio ambiente (ABNT NBR ISO 14620-1, 2 e 3, 2009).

Nesses campos de lançamento há presença de ambiente com atmosfera úmida e salina, sendo definida situação na qual os equipamentos, sistemas e complexos, presentes nas diversas unidades dos campos de lançamento, têm que suportar as mencionadas intempéries durante a sua vida útil.

Dentre as várias unidades contidas nos campos de lançamento, a Torre de Integração Vertical (TIV) é o complexo utilizado para auxiliar diretamente a realização das tarefas relacionadas com a integração vertical, os testes de equipamentos de bordo e o lançamento do Veículo Lançador de Satélites.

A operação dessa torre é automatizada e envolvem aplicações de sistemas mecânicos, elétricos, eletrônicos e computacionais, a fim de minimizar a exposição de seus usuários aos riscos que são inerentes as atividades relacionadas com o setor espacial.

Decorrente do extenso período de tempo entre as realizações das campanhas de lançamento do Veículo Lançador de Satélites, os efeitos provocados pelas ações das intempéries ambientais são significativamente potencializados podendo causar não conformidades em sensores e atuadores contidos nos equipamentos e/ou subsistemas instalados nessa torre.

1.2 Solução Proposta

Utilizar um algoritmo capaz de realizar o teste dos principais sensores e atuadores presentes nos equipamentos e/ou subsistemas instalados na Torre de Integração Vertical (TIV), com a meta de auxiliar a avaliação da condição operacional dos mesmos antes de sua plena utilização durante a campanha de lançamento.

1.3 Objetivos do Trabalho

Elaborar um algoritmo com respectiva arquitetura lógica capaz de realizar o teste dos principais sensores e atuadores presentes nos equipamentos e/ou subsistemas instalados na Torre de Integração Vertical (TIV).

Estabelecer protótipo para validar os passos desse algoritmo por meio de testes práticos e apresentar os resultados obtidos na avaliação dos principais componentes dessa arquitetura.

1.4 Revisão Bibliográfica

Em pesquisas realizadas entre os anos de 2012 e 2013 foi observada quantidade limitada de artigos técnicos e literaturas que guardam relação direta com o assunto abordado nesta dissertação, ou seja, sistema para testar equipamentos instalados em complexo de integração vertical de veículos espaciais, sendo que nesta subseção são apresentados os principais trabalhos identificados nessa pesquisa.

Conforme apresentado na publicação do National Research Council (2000), os principais riscos envolvidos com os lançamentos de veículos espaciais estão relacionados com a perda da missão, os danos à propriedade, o comprometimento da integridade física e/ou perda de pessoal envolvido ou não com essa missão. Nesse contexto é necessário elaborar e utilizar um plano de gestão de risco capaz de estabelecer padrões de riscos aceitáveis para as atividades em questão e que seja baseado numa relação adequada de custo e benefício.

Para minimizar os riscos que são inerentes a execução dessas atividades é necessário priorizar a segurança das pessoas durante a fase de lançamento e vôo do veículo espacial. Os principais recursos utilizados para atender essa prioridade estão relacionados com a verificação da área de segurança do pessoal, a fabricação e instalação para atender o lançamento, as condições ambientais durante a contagem regressiva, o monitoramento do veículo durante o vôo, e, se necessário, finalizar o vôo do veículo se ocorrer falha.

O método utilizado para finalizar o vôo depende do veículo, do estágio de vôo e de outras circunstâncias relacionadas com a falha no lançamento. Na grande maioria dos casos, os propulsores são finalizados para atender as condições de segurança que são previstas para a aplicação em questão. Além disso, o veículo poderá ser destruído com a meta de dispersar os propulsores antes do impacto com a superfície, ou poderá ser mantido íntegro para minimizar a dispersão de resíduos sólidos. A finalização do vôo também poderá ser iniciada automaticamente se houver uma prematura separação de estágios. A Tabela 1 apresenta comparação entre várias áreas de atividades com risco.

Tabela 1 - Comparação de atividades com risco.

Máximos de riscos coletivos aceitáveis	
Atividade	Risco coletivo analisado (número esperado de acidentes com óbitos por ano)
Lançamento aeroespacial (leste e oeste - EUA).	1×10^{-3}
Usinas nucleares comerciais (EUA).	2×10^{-6}
Armazenamento de materiais perigosos (Hong Kong).	7×10^{-3}
Indústrias nucleares e químicas (Holanda).	1.1×10^{-3}
Ministério da Defesa Britânico.	6×10^{-3}
Petroquímica (Santa Barbara - EUA).	1×10^{-3}

Fonte: traduzido do National Research Council (2000 e p. 19)

Segundo Hao et al. (2007), para melhorar a capacidade de teste e manutenção de sistemas complexos, como por exemplo, os módulos de controle de lançamento de mísseis, o autoteste (*Built-In Test* - BIT) e teste automático de equipamento (*Automatic Test Equipment* - ATE) são os dois principais meios para obter o diagnóstico técnico, sendo que ambos pertencem à categoria dos testes automatizados. Considerando a condição na qual o sistema e os equipamentos

estão em funcionamento, o BIT pode continuar com a supervisão, porém não tem a tarefa de analisar falhas críticas em todas as situações de operação do sistema, entretanto possui tratamento e registros das análises efetuadas.

O desenvolvimento de projeto abrangente de BIT deve considerar a possibilidade de realizar diagnósticos de falhas durante sua utilização e também isolar os defeitos para reduzir o tempo de reparo dos equipamentos. Além disso, quando o BIT analisa as falhas, poderá ser utilizada a função de redundância para aumentar a eficiência do uso do sistema ou dos equipamentos, com isso majorar a quantidade de horas trabalhadas e a usabilidade¹ do sistema. Com esse recurso aplicado é possível diminuir a necessidade de atividades para reparos e melhorar o período de vida do sistema. Portanto, para modernizar um projeto é necessário considerar como uma das primeiras condições a utilização do BIT.

O ATE é um meio para complementar o teste padrão de equipamentos, sendo que tem por função confirmar a análise realizada pelo BIT e também pode analisar parâmetros, processar dados, analisar falha, avaliar desempenho de modo automático e isolar o problema. Dessa forma os resultados do ATE complementa as análises efetuadas pelo BIT. A Figura 1 apresenta o diagrama analítico com os principais blocos representativos dos níveis contidos no BIT.

¹ Usabilidade – facilidade com que os usuários podem empregar uma ferramenta ou objeto para realizar uma tarefa específica.

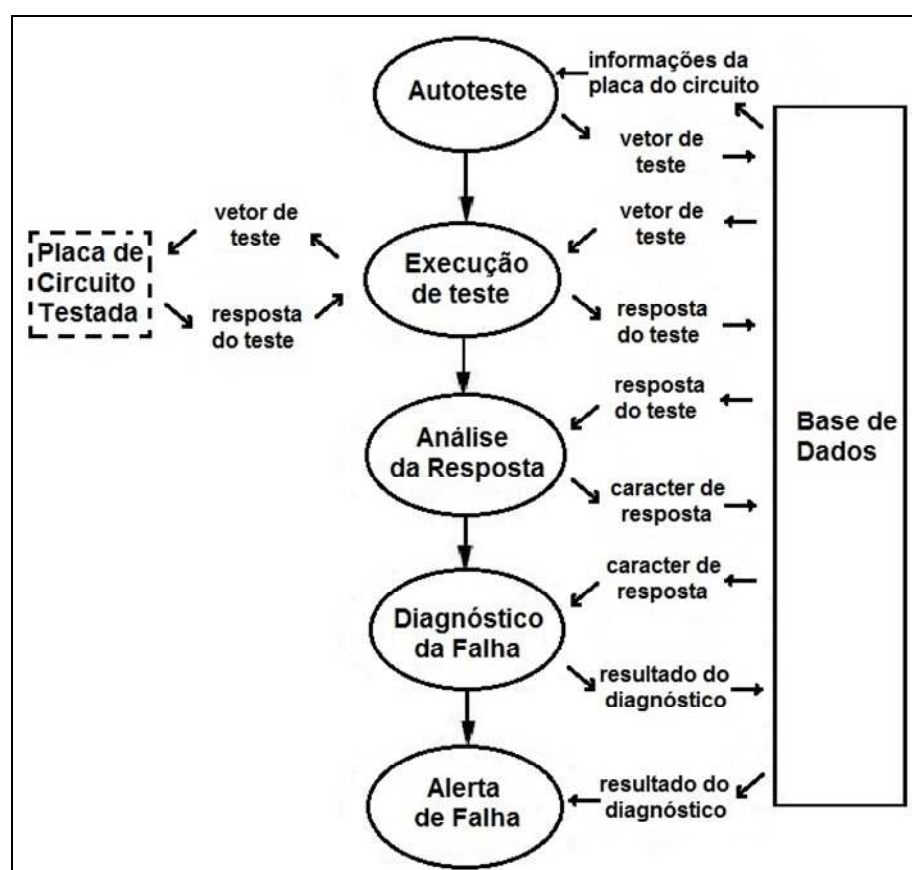


Figura 1 – Diagrama de níveis do BIT.

Fonte: traduzido de Hao et al. (2007 e p. 5)

No diagrama da Figura 1 os blocos possuem as seguintes atribuições básicas: i) autoteste - receber as informações parametrizadas na base de dados para definir o comportamento que deverá ser constatado na placa do circuito submetida à avaliação e gerar o vetor de teste com as características específicas da avaliação em questão, ii) execução de teste – executar o vetor de teste definido para a avaliação em questão e obter a resposta dessa avaliação para armazenamento na base de dados, iii) análise da resposta – comparar a resposta da avaliação com o padrão definido para o teste e gerar informações relacionadas com erros e/ou tolerâncias para armazenamento na base de dados, iv) diagnóstico da falha – analisar se os erros e/ou tolerâncias estão dentro das faixas definidas para o teste em questão e elaborar resultado do diagnóstico para armazenamento em base de dados, e v) alerta de falha – receber resultado de diagnóstico de falha e emitir sinalização de falha se os valores dos erros e/ou das tolerâncias forem ultrapassados.

De acordo com Kayser (2004), uma parte significativa do risco envolvido no lançamento de veículos espaciais está concentrada em solo durante a fase de realização das tarefas relacionadas com o desenvolvimento, a fabricação, os testes, os transportes, a integração do veículo, o carregamento dos propulsores e o lançamento. A tarefa de lançamento é considerada a mais elevada em riscos, pois pode ocorrer a destruição do veículo, da sua carga útil, do complexo de lançamento e/ou da propriedade de terceiros. Na condição do veículo integrado em solo, o risco é significativo no âmbito da integridade física de pessoas, tanto as envolvidas na operação de lançamento quanto para terceiros. Durante as fases de vôo do veículo podem ser identificadas situações nas quais o risco também deve ser considerado, principalmente os relacionados com a inserção da carga útil em órbita e o retorno de objetos espaciais. O retorno desses objetos estabelece condição com potencial de impor risco na terra e no mar e, nesse caso, pode não ser possível prever o exato local onde esse objeto atingirá a Terra.

O lançamento de veículos espaciais e suas atividades correlatas são considerados como uma das atividades de mais longo alcance com relação à abrangência geográfica. Muitos locais são susceptíveis de estar em risco como consequência dessas atividades, e nem sempre é possível prever completamente as operações e delimitar geograficamente o raio dentro do qual seus efeitos podem se materializar. As fases de desenvolvimento e fabricação são mais previsíveis a partir desse ponto de vista.

No lançamento do veículo espacial o principal interesse dos fabricantes de carga útil é reduzir tecnicamente riscos ou gerenciar os riscos para garantir o sucesso completo da missão pretendida, mesmo nos casos em que uma falha acometa o veículo ou lançamento da carga útil. Isso exige atenção rigorosa e disciplina nas fases de projeto e desenvolvimento do veículo espacial. As agências espaciais como a Agência Espacial Européia (*European Space Agency* - ESA) prescreve normas rigorosas com relação a esse respeito, que são aplicáveis em todas as atividades a partir do início da concepção até a entrega definitiva e preparação para o lançamento, bem como para as operações. Essas normas visam obter elevado nível de qualidade em todas as áreas de trabalho, controle estruturado, e tomada de decisão relacionada com as escolhas efetuadas e as exceções que forem acordadas. Essas normas são complementadas por requisitos

específicos prescritos para a conduta de cada projeto exclusivo como, por exemplo, requisitos de: gestão, revisão, verificação, segurança e garantia do produto.

Os veículos lançadores de satélites são sistemas tecnológicos complexos e algumas funções de bordo são redundantes para minimizar as consequências provocadas por possíveis falhas. Como referência para análise, a Tabela 2 apresenta o grau de complexidade entre diferentes objetos a partir da ordem de grandeza do número de partes que os constituem. Cabe mencionar que sistemas complexos geram maior grau de risco. A complexidade do veículo lançador de satélites deve ser combinada com a complexidade da carga útil e da infraestrutura em solo.

Tabela 2 - Comparação entre objetos em relação ao número de partes.

Item	Máquina de Costura	Televisão	Carro	Avião a Jato	Satélite	Lançador de Satélites
Ordem de grandeza do número de partes	10^2	10^3	10^4	10^5	10^5	10^6

Fonte: traduzido de Kayser (2004 e p. 5).

Segundo Dutta et al. (2007), a técnica de autoteste para aplicação automotiva embarcada têm sido amplamente pesquisada e adotada por razões que estão relacionadas com a necessidade de melhorar a execução de teste no âmbito do tempo, do custo, da redução dos recursos que são necessários para a avaliação de circuitos integrados com núcleos incorporados, e da capacidade de teste em campo. Embora a adoção dessas técnicas esteja se tornando predominante, ainda existem desafios para tornar o autoteste (*Built-In Self Test – BIST*) como solução abrangente para atender vários projetos e aplicações dedicadas.

O paradigma de um único teste na fabricação pode ser questionado por três possíveis razões: i) o uso crescente de componentes eletrônicos em sistemas críticos de segurança, nos quais os testes periódicos devem ser executados incluindo a situação de aplicação em campo, ii) a necessidade de verificar os parâmetros de funcionamento do equipamento durante o seu uso para avaliar a conformidade com as especificações previstas é condição decorrente do uso de

mais de um tipo de tecnologia para os componentes semicondutores², e iii) os limites encontrados para avaliar todos os modos de falhas em testes na produção e a necessidade de monitorizar a sua influência durante a operação normal.

Os mencionados requisitos adicionais são motivados pela necessidade de obter elevada confiabilidade e redução de tempo de inatividade em sistemas críticos de segurança. Diversas metodologias no âmbito do circuito integrado e sistemas têm sido propostas, levando o teste em tempo de produção, a correção de erros e a tolerância as falhas. Esses são baseados em redundância de código, redundância de tempo de processamento, e redundância do módulo de execução, sendo associados com a verificação dos mecanismos. Medidas corretivas são baseadas nessas redundâncias, em verificação dos mecanismos e no controle do período de latência³ no qual a recuperação é possível de ser executada.

Um exemplo de módulos básicos que devem ser considerados em arquitetura dedicada para realizar o autoteste com a possibilidade de reparo de dispositivos do tipo memória à semicondutor, com linhas redundantes, é mostrada na Figura 2.

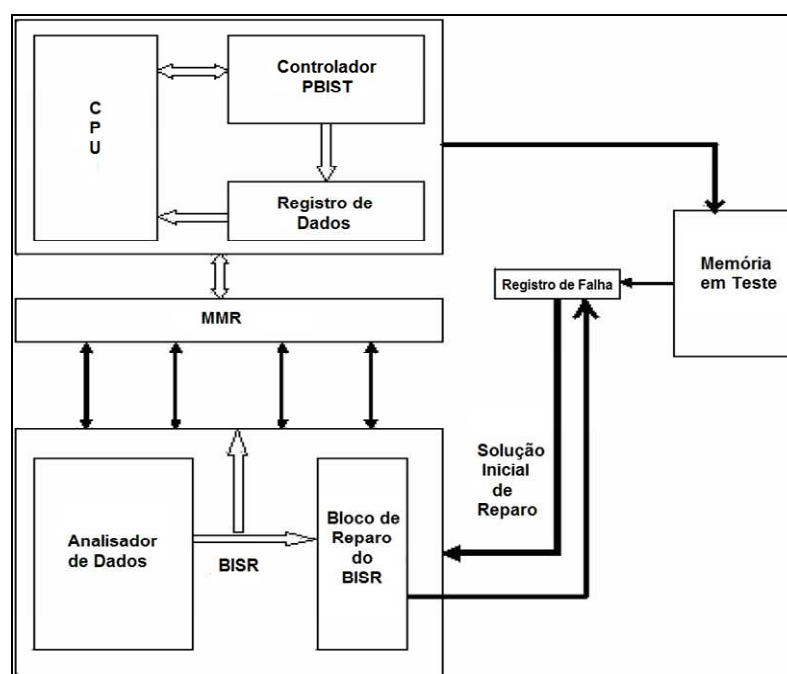


Figura 2 - Arquitetura de autoteste e autoreparo.

Fonte: traduzido de Dutta et al. (2007 e p. 6)

² Semicondutor - material que tem propriedades condutivas entre aquelas de um condutor e um isolante.

³ Latência - intervalo de tempo entre o momento em que uma instrução é passada ao computador até a sua execução ou retorno de um resultado.

Na conexão dos blocos apresentados na Figura 2 pode ser observado que está previsto a interação entre a Unidade Central de Processamento (*Central Processing Unit* - CPU), o Controlador de Memória Programável de Autoteste (*Programmable memory BIST* - PBIST) e o Analisador de Dados (*Data Analyzer*) contido no bloco de Autoreparo (*Built-In Self-Repair* – BISR) para obter uma nova solução de reparo.

A CPU lê as informações de falha do Registro de Falha (*Fail Register*) e os envia por meio da interface de barramento (Registro de Memória Mapeada / *Memory-Mapped Register* - MMR) para o Analisador de Dados (*Data Analyzer*) do BISR. Essa seqüência de ações resulta na determinação do mapa de alocação dos recursos de reposição (linhas / colunas redundantes) para as posições da memória acometida de falha.

1.5 Estrutura do trabalho

O capítulo 1 apresenta a descrição do problema, a solução proposta, os objetivos do trabalho, a revisão bibliográfica e a estrutura deste trabalho. A descrição do problema destaca a importância de avaliar a integridade operacional de sensores e/ou atuadores dos equipamentos instalados na Torre de Integração Vertical de veículos espaciais. Na solução do trabalho é sugerida a utilização de um algoritmo para efetuar os testes dos sensores e/ou atuadores em equipamentos instalados na Torre de Integração Vertical. Nos objetivos do trabalho é estabelecida como meta principal a elaboração de um algoritmo com respectiva arquitetura lógica para realizar o teste dos principais sensores e atuadores presentes nos equipamentos e/ou subsistemas instalados na Torre de Integração Vertical. Na revisão bibliográfica são apresentados os principais artigos e trabalhos que guardam relação com os assuntos tratados neste trabalho. A estrutura do trabalho apresenta a seqüência utilizada para a constituição dos capítulos desta dissertação, com respectivos resumos.

No capítulo 2, são apresentados os conceitos básicos que o leitor deve conhecer para compreender as terminologias e os sistemas apresentados e utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

O capítulo 3 é dedicado para o desenvolvimento do trabalho, o qual apresenta a arquitetura proposta, o protótipo, o algoritmo proposto, o fluxograma analítico desse algoritmo, o diagrama de uso, o diagrama de classe, os diagramas de seqüência, o mapa mental, a tabela de requisitos, a interface gráfica, os testes práticos e os seus resultados.

No capítulo 4, são apresentadas as conclusões do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 - CONCEITOS BÁSICOS

Este capítulo tem como objetivo principal apresentar, de forma sucinta e no contexto deste trabalho, os conceitos básicos sobre: setor de lançamento de veículos espaciais, automação industrial, algoritmo, sistema computacional, banco de dados, rede de comunicação de dados, interligação de redes, protocolos e autoteste.

2.1 Setor de Lançamento de Veículos Espaciais

Nos centros de lançamento implantados no território nacional estão previstos setores com infraestrutura operacional que são dedicados para realizar os lançamentos de veículos espaciais. Nesses setores estão localizados os prédios e complexos nos quais são realizadas as atividades de integração, testes e lançamento dos engenhos. A Figura 3 apresenta exemplo de diagrama de distribuição física adotado para um setor de preparação e lançamento de veículos espaciais.

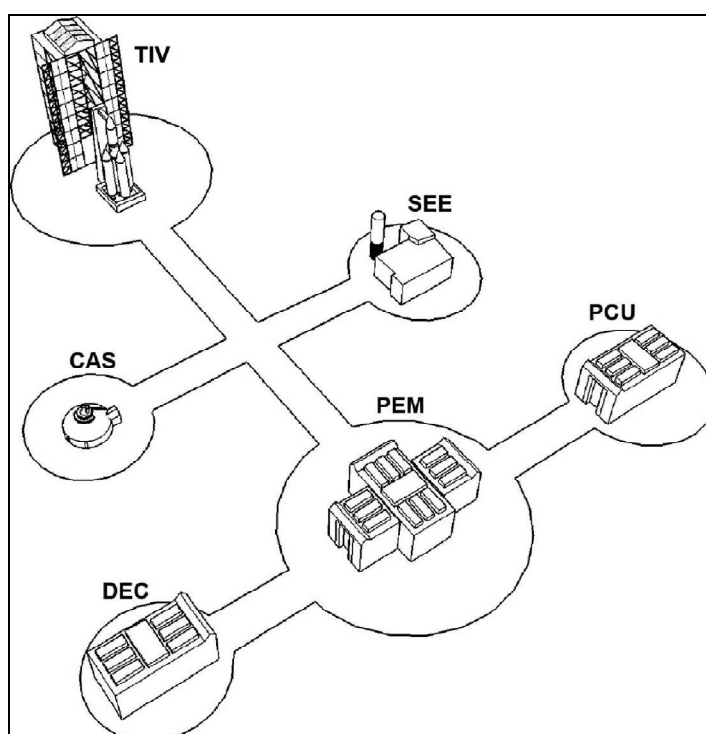


Figura 3 - Setor de Preparação e Lançamento.

Na Figura 3 as nomenclaturas possuem os seguintes significados com as respectivas descrições de funções básicas:

- TIV (Torre de Integração Vertical), complexo no qual é efetuado a integração vertical do veículo espacial.
- CAS (Casamata), prédio que abriga, principalmente, as interfaces gráficas utilizadas para monitoramento e comando das redes elétricas de bordo do veículo.
- SEE (Subestação de Energia Elétrica), prédio onde estão instalados os grupos motos geradores e transformadores abaixadores de tensão.
- PEM (Preparação de Motores), prédio destinado para as atividades de montagem dos sistemas de iniciação e tubeiras dos motores do veículo.
- PCU (Preparação da Carga Útil), prédio para recebimento e testes da carga útil.
- DEC (Depósito de Contêiner), galpão destinado ao armazenamento de contêiner com as partes dos veículos.

No Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) está instalada a Torre Móvel de Integração (TMI), apresentada na Figura 4, na qual são realizadas as tarefas relacionadas com a integração vertical, os testes de equipamentos embarcados e o lançamento do Veículo Lançador de Satélites (VLS), o qual está sendo atualmente desenvolvido no Brasil (YAMANAKA, 2006).

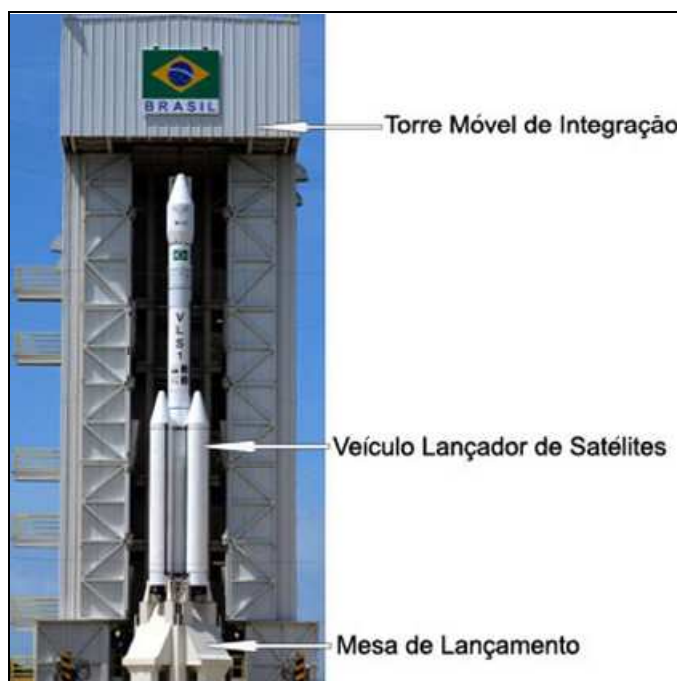


Figura 4 - Torre Móvel de Integração.

Fonte: Rosati (2012)

Na Figura 4, a Mesa de Lançamento (ML) atua como base mecânica para sustentar os motores do veículo durante a montagem vertical, sendo que nos primeiros instantes do lançamento é também utilizada como meio físico para direcionar estrategicamente os gases que são emanados pela operação inicial dos motores do engenho.

2.2 Automação Industrial

O conceito de automação está relacionado com os recursos para tornar automáticas atividades repetitivas usando sistemas e equipamentos que efetuam coleta de informações e atua nos processos, minimizando a necessidade da interferência humana e tornando o gerenciamento eficaz e mais eficiente por meio de resultados com expressiva velocidade nas operações, redução de erros, controle e principalmente em fidelidade de informações. Para facilitar o processo de automação são utilizados computadores ou outros dispositivos. Automatização está relacionada com a profunda integração entre o homem e a máquina, reduzindo-se mão-de-obra e despesas (MARQUES, 2012).

A automação industrial pode ser interpretada como uma tecnologia integradora que está relacionada com a eletrônica responsável pelo hardware, a mecânica na forma de dispositivos mecânicos e a informática responsável pelo software que irá controlar todo o sistema. Nesse sentido, para realizar projetos na área da automação industrial são exigidos conhecimentos, impondo uma formação muito ampla e diversificada dos projetistas, ou então um trabalho de equipe muito bem coordenado com perfis interdisciplinares. Os grandes projetos nessa área envolvem uma infinidade de profissionais e os custos são suportados geralmente por grandes empresas (ROSÁRIO, 2005).

Uma típica versão da pirâmide que é utilizada para representar, de forma hierárquica, os diferentes níveis de produção e gerenciamento de processo aplicados em automação industrial são apresentados na Figura 5.

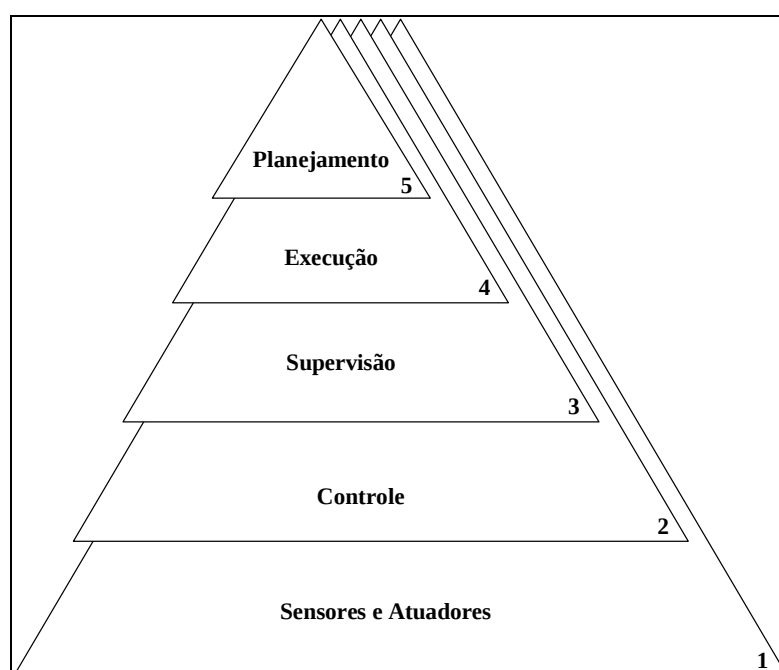


Figura 5 – Pirâmide da Automação Industrial.

Fonte: modificado de Kipper (2010 e p. 40)

Os cinco níveis representados na pirâmide da Figura 5 estão relacionados com as seguintes descrições:

- Nível 1 – Sensores e Atuadores: instalados nos equipamentos presentes na planta de produção para gerarem sinais elétricos relacionados com as

variáveis utilizadas no controle do sistema e aplicarem energia necessária a execução do processo respectivamente.

- **Nível 2 – Controle:** compreende sistemas que realizam o controle automatizado das atividades da planta, sendo que nesse nível estão presentes tipicamente o Controlador Lógico Programável (CLP), Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), e Controle Numérico Computadorizado (CNC).
- **Nível 3 – Supervisão:** camada na qual é realizado o comando, a monitoração e a aquisição de variáveis estratégicas para acompanhamento do processo, sendo comumente utilizado interface homem-máquina e sistemas de supervisão.
- **Nível 4 – Execução:** concentra os meios para controle de produção como o Sistema de Execução de Manufatura (*Manufacturing Execution System* - MES) e Sistema de Gerenciamento de Informações da Planta (*Plant Information Management System* - PIMS), ou seja, controle fabril, produção e programação.
- **Nível 5 – Planejamento:** possui os recursos relacionados com Planejamento de Recursos da Empresa (*Enterprise Resource Planning* - ERP), para realizar a gestão corporativa, ou seja, vendas, controle financeiro e inteligência de negócio para auxiliar a tomada de decisões estratégicas da empresa.

2.2.1 Transdutor, sensores e atuadores

A designação de transdutor pode ser aplicada para dispositivo que transforma um tipo de energia em outro, utilizando para tanto o elemento sensor. Os transdutores, tipicamente, transformam grandezas físicas em sinais elétricos para serem utilizados, por exemplo, na automação e/ou controle de sistemas. Atualmente na área de robótica é utilizada a palavra sensor como referência para o transdutor de entrada e atuador para o transdutor de saída (OKI e MANTOVANI, 2009).

Um sensor é um ente físico que tem a propriedade de alterar suas características de acordo com grandeza física externa como: calor, pressão, luz, magnetismo e outros tipos de variáveis. Tem vasta aplicação na área de automação industrial, bancária e domótica, sendo elemento utilizado para identificar peças, posição, leitura de código de barras, tarjas magnéticas, detecção de vazamento de gás, sensores de presença e outros elementos. De acordo com a grandeza física medida o sensor pode responder direta ou indiretamente em forma de sinal que pode ser processado como tensão elétrica, corrente elétrica, impedância e frequência (ROSÁRIO, 2005).

Com a disponibilidade de microprocessadores⁴ e microcontroladores⁵, ambientes integrados de desenvolvimento e meios para processamento de sistemas digitais, foi implementada a capacidade de computação em transdutores. Nesse contexto originou a designação transdutor inteligente, a qual está relacionada com a integração de sensor analógico⁶ ou digital⁷ ou atuador, com a unidade de processamento de dados e interface de rede. A operação do sensor inteligente envolve fases relacionadas com: transformação dos sinais brutos gerados pelo sensor em representação digital padronizada que é realizado por transdutor inteligente, e transmissão de sinais digitais para os seus usuários por meio de protocolo de comunicação. Relativamente ao atuador, o transdutor inteligente atende comandos padronizados e os transforma em sinais de controle para o atuador (LEÃO, 2007).

2.2.1.1 Sensores

Os sensores digitais podem assumir um número de valores finitos ao longo de uma escala. Normalmente na maioria das aplicações os sensores são binários e esses estados podem ser utilizados como elemento de comando. A Figura 6

⁴ Microprocessador - incorpora as funções de uma unidade central de processamento em um único circuito integrado capaz de realizar as funções de cálculo e tomada de decisão de um computador.

⁵ Microcontrolador - sistema que inclui a unidade central de processamento, memórias e meios de entrada e saída de dados.

⁶ Analógico – representação e medição de dados numéricos por meio da variação contínua de quantidades físicas, o qual pode assumir qualquer valor entre dois limites.

⁷ Digital – não varia continuamente ao longo do tempo, apenas pode assumir dois valores, exemplo: 0 ou 1; é essencialmente uma representação codificada da informação original.

apresenta um exemplo de sensor capaz de medir a proximidade de objetos metálicos.



Figura 6– Sensor indutivo.

Fonte: Balluff (2013)

A especificação de sensores envolve muitas características, sendo que as principais estão relacionadas com: erro, sensibilidade, exatidão, precisão, linearidade, alcance, estabilidade, velocidade de resposta e repetibilidade. Conforme descrito a seguir:

- i) Erro pode ser definido como a diferença entre o valor lido ou transmitido pelo instrumento com relação ao valor real da variável medida.
- ii) Sensibilidade é a razão entre a magnitude da variação do sinal de saída e a variação correspondente do sinal de entrada, ou seja, um sensor mais sensível tem maior percepção de variação na entrada.
- iii) Exatidão está relacionada com a aptidão do instrumento de medição para fornecer respostas próximas a um valor verdadeiro.
- iv) Precisão é o grau de conformidade entre o valor numérico atribuído e uma grandeza qualquer e o valor real dessa mesma grandeza, expressada em termos do limite de erro permissível.
- v) Linearidade está relacionada com o grau de proporcionalidade entre o sinal gerado e a grandeza física.

vi) Alcance é a região determinada pelos limites em que uma variável é medida, transmitida ou recebida, expressa pela designação dos valores inferior e superior correspondentes.

vii) Estabilidade expressa a capacidade do instrumento de medição em manter constantes suas características metrológicas, ou seja, está relacionada à flutuação em relação ao valor medido na saída do dispositivo.

viii) Velocidade de resposta está relacionado com a velocidade com que um sinal de saída de um dispositivo qualquer varia em resposta a variação do sinal de entrada correspondente.

ix) Repetibilidade é o grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo mensurando efetuadas sob as mesmas condições de medição.

2.2.1.2 Atuadores

Atuador é o elemento responsável em proporcionar a força motriz necessária ao funcionamento de um equipamento como, por exemplo: válvula de controle e bombas, a partir de um sinal de controle de baixa potência, sendo parte integrante do sistema de controle (SMAR, 2006).

O atuador que é freqüentemente utilizado na indústria é o motor elétrico de indução trifásico, sendo que o seu princípio de funcionamento é por meio da interação de campos magnéticos. No âmbito estrutural o motor é constituído de uma parte fixa (estator), o qual é composto de chapas magnéticas, montadas em carcaça metálica, com ranhuras onde são posicionados os fios das bobinas do enrolamento trifásico, alimentado pela rede elétrica, por meio de uma caixa de ligação. Uma parte girante (rotor), montados em chapas magnéticas e curto-circuitados em formato de gaiola. A Figura 7 mostra exemplo de transdutor elétrico do tipo motor de indução trifásico de rotor em gaiola.



Figura 7- Motor de indução trifásico.

Fonte: WEG (2013)

Os atuadores freqüentemente utilizados na indústria classificam-se em cinco principais tipos: i) pneumático à mola e diafragma, ii) pneumático a pistão, iii) elétrico, iv) elétrico - hidráulico, e v) hidráulico.

2.2.2 Controlador lógico programável

O Controlador Lógico Programável (CLP) é um sistema baseado em componentes eletrônicos digitais que utiliza memória programável para armazenamento de instruções relacionadas com aplicações específicas, como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética. Dessa forma, por meio de módulos de entradas e saídas controla vários modelos de máquinas ou processos (MARTINS, 2012).

A arquitetura básica de um CLP é formada por uma Unidade Central de Processamento (*Central Processing Unit* - CPU), um sistema de memórias para armazenamento de programa e dados, e módulos de entrada e saída, conforme apresentado na Figura 8.

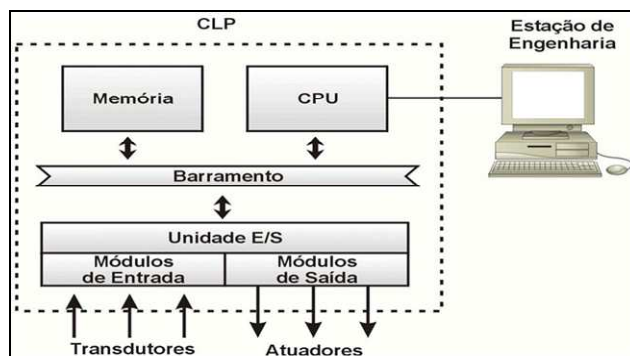


Figura 8 – Estrutura básica do CLP.

Fonte: Raysaro (2012 e p. 37)

A unidade de entrada e saída (E/S), representada na Figura 8, realiza a comunicação entre o controlador e o meio externo (transdutores e/ou atuadores), com possibilidade de adotar a isolamento galvânica⁸ como proteção para a CPU. Os módulos de entrada recebem os sinais elétricos oriundos dos sensores instalados nos equipamentos da planta do processo e os condicionam para o processamento interno no sistema. Os módulos de saída são responsáveis por enviar os sinais elétricos para os dispositivos de atuação, em conformidade com os passos contidos no algoritmo do programa em execução no CLP (GEORGINI, 2003). Esses módulos podem operar com sinais digitais e/ou analógicos e, geralmente, são isolados da planta do processo por meio de isoladores galvânicos, como acopladores ópticos, relés e outros (SILVEIRA, 2002).

O sistema de memórias é constituído por memórias do tipo RAM⁹ e ROM¹⁰. Esse sistema é tipicamente estruturado da seguinte forma:

- Memória Fixa: não acessível pelo usuário, contém os programas desenvolvidos pelo fabricante do CLP, os quais supervisionam e executam a seqüência de operações, as atividades de controle e comunicação com os dispositivos periféricos.
- Memória do Usuário: armazena o programa aplicativo do usuário.
- Memória de Dados: são armazenados os dados associados ao processamento do programa do usuário, tais como valores de temporizadores, contadores, constantes e outros.
- Memória de Imagem das Entradas e Saídas: reproduz o estado de todos os dispositivos periféricos de entrada e saída durante a operação do controlador (MORAES e CASTRUCCI, 2010).

⁸ Isolação galvânica - princípio de isolamento de seções funcionais de sistemas elétricos para evitar o fluxo de corrente; não existindo caminhos de condução metálicos.

⁹ RAM (*Random Access Memory*) Memória de Acesso Aleatório - mantém os dados armazenados enquanto houver suprimento de energia elétrica e permite acesso a qualquer endereço e em qualquer ordem.

¹⁰ ROM (*Read Only Memory*) Memória Exclusiva de Leitura - mantém os dados armazenados independentemente de haver suprimento de energia elétrica.

Dependendo do fabricante e modelo do equipamento, o controlador pode ser de estrutura fixa, no qual os seus componentes básicos estão em um único bloco, ou modular, onde as suas partes são separadas e dispostas em bastidor com barramentos para interligação. A Figura 9 apresenta um exemplo comercial de Controlador Lógico Programável com estrutura fixa, o qual é tipicamente aplicado em soluções de automação de pequeno porte, como as que envolvem projeto de máquina-ferramenta.

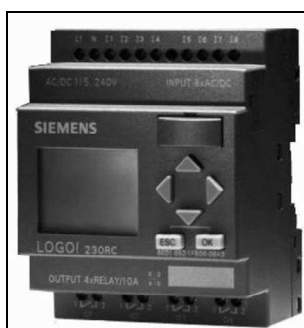


Figura 9 - Controlador de estrutura fixa

Fonte: Siemens (2008 e p. 49)

Nas aplicações que envolvem projeto de automação de porte complexo e com diversificados tipos de sinais elétricos de entrada e saída são utilizados Controladores Lógicos Programáveis com estrutura modular, conforme apresentado na Figura 10.



Figura 10 - Controlador de estrutura modular

Fonte: Siemens (2010 e p. 7)

O controlador realiza a leitura dos estados dos sinais dos módulos de entrada, gravando essa informação na área definida para a memória-imagem de entrada. Em seguida ocorre o processamento do algoritmo considerando os estados desses dados de entrada, e, por fim, o resultado dos estados relacionados com as saídas desse algoritmo é armazenado na memória-imagem de saída, a qual atualiza os estados dos módulos de saída. Essa sequência de operações é definida como o ciclo de varredura do controlador, o qual consiste de uma série de operações realizadas de forma seqüencial e repetidas.

A programação de um CLP pode ser elaborada em vários tipos de linguagens, sendo que a linguagem intitulada Ladder¹¹ é a mais utilizada para a programação (GEORGINI, 2003).

2.2.2.1 Unidade de terminal remota

A Unidade de Terminal Remota (UTR) ou Unidade Remota de Entrada e Saída (URES) é aplicada para adquirir dados de variáveis e controlar equipamentos do processo que estão afastados fisicamente da Unidade Central de Processamento do CLP, por meio de canal de comunicação dedicado para esse fim. A Figura 11 apresenta um exemplo comercial de unidade de terminal remota (RAYSARO, 2012).

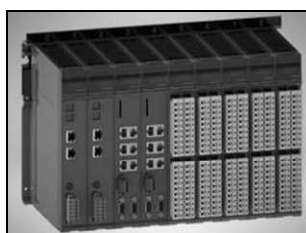


Figura 11 – Unidade de Terminal Remota.

Fonte: Altus (2013)

A Unidade de Terminal Remota possui processador, memória, módulos analógicos de entradas e saídas, módulos digitais de entrada e saída, além de vários meios para realizar interface de comunicação.

¹¹ Ladder - linguagem de programação utilizada para Controladores Lógicos Programáveis, baseada em símbolos análogos aos encontrados em esquemas elétricos constituídos por contatos e bobinas de relés.

2.2.3 Interface homem-máquina

A Interface Homem-Máquina (IHM) é recurso comumente empregado na arquitetura de automação para apresentar de forma gráfica as variáveis relacionadas com eventos ou situação operacional de um equipamento e/o processo. Essa interface gráfica quando deve possuir componentes intuitivos, expressivos e ergonômicos de modo que a equipe encarregada pela operação do sistema possa identificar os estados e situações relacionadas com o processo sob monitoramento. As principais aplicações das IHMs são voltadas para: i) apresentar falhas em máquinas e/ou equipamentos, ii) indicar estado de operação em máquinas e/ou equipamentos, iii) servir de meio para o operador iniciar ou interromper ciclos, e iv) monitorar contagens de componentes ou afins.

A Figura 12 mostra exemplos de interfaces homem-máquina aplicadas em automação industrial.

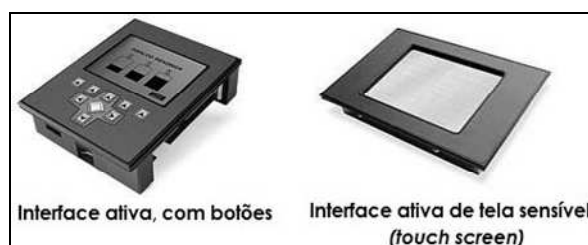


Figura 12 - Interfaces Homem-Máquina.

Fonte: Martins (2012 e p. 130)

O sistema de supervisão pode ser considerado com nível mais elevado em complexidade quando comparado com a IHM, pois apresenta vários recursos suplementares, como exemplo recursos relacionados com as ocorrências no processo (MARTINS, 2012).

2.2.4 Sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados

O sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (*Supervisory Control And Data Acquisition – SCADA*) tem por principal finalidade monitorar e comandar as operações de processos complexos, por meio de interfaces gráficas

que facilita a compreensão dos usuários, possibilita o armazenar informações de estados de variáveis em bases de dados dedicadas para a aplicação (MORAES e CASTRUCCI, 2007).

2.2.4.1 Arquitetura com sistema SCADA

A arquitetura física na qual o sistema SCADA pode ser instalado inclui basicamente os seguintes componentes: sensores e atuadores, sistemas de controle de processo, redes de comunicação de dados, estações remotas e monitoração central por meio do sistema de supervisão (RAYSARO, 2012). A Figura 13 apresenta esses componentes físicos.

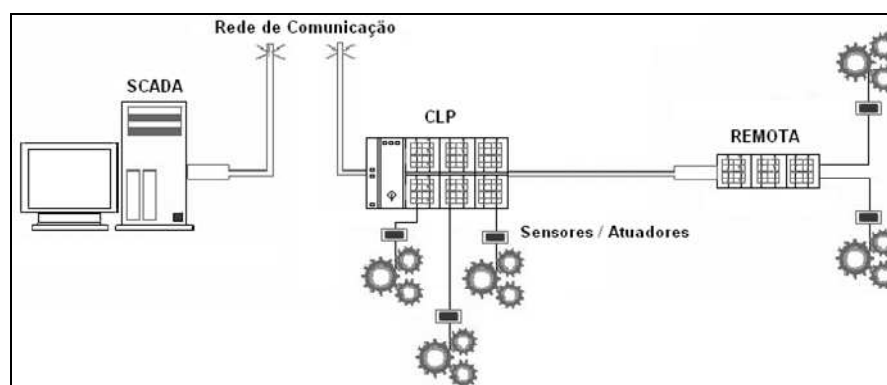


Figura 13 - Arquitetura com sistema SCADA.

Fonte: modificado de Martins (2012 e p. 140)

A rede de comunicação é o meio que efetua transferência de dados do CLP e REMOTA para o sistema SCADA. As IHMs (Interfaces Homem-Máquina) estão alojadas na camada do aplicativo do computador hospedeiro que atende o sistema de supervisão.

2.3 Algoritmo

O algoritmo pode ser definido como uma sequência finita de instruções para solucionar um determinado problema, sendo estabelecido um modelo de procedimentos que deverão ser seguidos para alcançar o resultado em questão.

Um algoritmo que visa atingir a eficiência deve obedecer as seguintes premissas básicas: i) definir ações simples e sem ambigüidade, ii) organizar as ações de forma ordenada, e iii) estabelecer ações dentro de uma sequência finita de passos.

2.3.1 Representação e desenvolvimento do algoritmo

A implementação dos passos de um algoritmo no computador envolve três partes básicas: i) entrada de dados, ii) processamento de dados, e iii) saída de dados.

2.3.2 Fluxograma

O fluxograma pode representar os passos de um algoritmo em forma gráfica. Cada ação ou situação é representada por uma caixa, sendo que as tomadas de decisões são representadas por caixas diferenciadas, pois possibilitam que o fluxo de ações tome caminhos distintos (FERRARI, 2008).

2.3.3 Linguagem de programação

A linguagem de programação pode ser definida como sendo um conjunto limitado de instruções, o qual está relacionado com regras que definem como as instruções podem ser associadas. Essas instruções ao serem organizadas para solucionar um problema com a utilização de computador são comumente denominadas por aplicativo ou programa de computador.

O expressivo crescimento ocorrido na área de computação permitiu o desenvolvimento de várias linguagens de programação, sendo que algumas são direcionadas para uso geral e outras elaboradas para aplicação específicas (WILLRICH, 2002).

Níveis de linguagens de programação

- Linguagens de Baixo Nível: possuem instruções com relação próxima ao código de máquina que será enviado à Unidade Central de Processamento para execução. Exemplo: *Assembly* (linguagem de montagem).
- Linguagens Não-Estruturadas: são mais avançadas que as linguagens de baixo nível, com maior facilidade de escrita, seus comandos não estão totalmente vinculados com a Unidade Central de Processamento. Exemplo: COBOL (*COmmon Business Oriented Language* - linguagem orientada a negócios comuns).
- Linguagens Procedurais: possuem recursos para chamadas de procedimentos e algoritmos. Exemplo: C.
- Linguagens Orientadas a Objeto: baseadas em princípios que estão relacionados com a organização de programa voltados para representar a comunicação que é utilizada pelo usuário. Exemplo: Java.
- Linguagens Específicas a Aplicações: Linguagem de Consulta Estruturada (*Structured Query Language* – SQL). A SQL possui recursos necessários para acesso a banco de dados em computadores.
- Linguagens Visuais: permite a elaboração de programa por meio de diagramas e outros recursos gráficos (GUDWIN, 1997).
- Linguagem Unificada de Modelagem: (*Unified Modeling Language* – UML) linguagem desenvolvida para visualizar, especificar, construir e documentar os componentes de um sistema computacional (PIMENTEL, 2007).

A Linguagem Unificada de Modelagem (UML) possui diagramas, sendo os seus componentes estabelecidos por meio de notação e com comportamentos

definidos dentro de cada representação. Nesse contexto, são utilizados os seguintes diagramas para o desenvolvimento do algoritmo apresentado neste trabalho:

- **Diagrama de Casos de Uso:** documenta o comportamento do sistema que está em desenvolvimento, ilustra as funções pretendidas do sistema (casos de uso), algo ou alguém que deve interagir com o sistema (atores) e relacionamentos entre os casos de uso e atores (diagramas de casos de uso), sendo a sua principal representação a comunicação. A modelagem inicia na Fase de Concepção com a identificação dos atores e casos de uso principais do sistema. Posteriormente informações mais detalhada são acrescentadas aos casos de uso identificados, e casos de uso adicionais são introduzidos à medida que forem necessários, sendo essa a Fase de Elaboração (FOWLER, 2005).
- **Diagrama de Classes:** descreve os tipos de objetos envolvidos no sistema em desenvolvimento e os diversos tipos de relacionamentos estáticos existentes entre eles (FOWLER, 2005).

2.4 Sistema de Bando de Dados

O Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) surgiu da necessidade para armazenar informações nos discos dos computadores, porém com limitado nível de controle ao acesso. Decorrente da evolução, os SGBD's passaram a utilizar diferentes formas de representação, ou modelos de dados, para descrever a estrutura das informações contidas em seus bancos de dados (TAKAI, O. K., ITALIANO, I. C., FERREIRA, J. E., 2005).

2.4.1 Modelos de dados

Os modelos de dados que atualmente estão sendo utilizados pelo SGDB são:

- i) modelo hierárquico ou árvore, o modelo obedece a hierarquia de baixo para cima,
- ii) modelo em redes, permite que um mesmo registro esteja envolvido em várias associações,
- iii) modelo relacional, aumentar a independência de dados nos

sistemas gerenciadores de banco de dados, e iv) modelo orientado a objetos, usado para documentar o padrão que contém a descrição geral das facilidades de um conjunto de linguagens de programação orientadas a objetos e a biblioteca de classes que pode formar a base para o sistema de banco de dados (TAKAI, O. K., ITALIANO, I. C., FERREIRA, J. E., 2005).

2.4.2 Sistema gerenciador de banco de dados

Uma maneira de utilizar o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) orientado a objeto é por meio dos recursos contidos no aplicativo denominado Minha Linguagem de Consulta Estruturada (*My Structured Query Language* – MySQL), como interface que facilita a manipulação do banco de dados pelo usuário.

O aplicativo denominado Meu Administrador Pessoal de Página Caseiro (*Personal Home Page My Admin* – PhpMyAdmin) é um dos sistemas utilizados para facilitar o gerenciamento do banco de dados por meio da MySQL (PHPMYADMIN, 2009).

2.5 Redes de comunicação de dados

Uma rede de comunicações de dados pode ser definida como um conjunto de dispositivos eletrônicos, objetos e pessoas conectadas tendo como objetivo básico o compartilhamento de recursos (NUNES, 2007).

2.5.1 Sistemas operacionais de rede

Um sistema operacional de rede controla e permite a comunicação entre os sistemas e dispositivos dos computadores conectados em rede de comunicação de dados. Normalmente o modelo de operação do sistema operacional de rede é o modelo Cliente/Servidor, ou seja, o ambiente onde o processamento da aplicação é compartilhado com outro cliente que solicita um serviço e um ou mais servidores os quais prestam esses serviços (MIRANDA, 2008).

Em uma forma simples, as comunicações entre computadores, envolvem a codificação de informações em uma forma de energia e o envio dessa energia por meio de um modo de transmissão (NUNES, 2007).

2.5.2 Tipos de redes de comunicação de dados

As tecnologias de rede de comunicação de dados podem ser classificadas conforme três categorias genéricas, de acordo com o tamanho físico da rede.

- Redes de Área Local (*Local Area Networks* - LAN) – abrange um edifício único ou campus.
- Redes de Área Metropolitana (*Metropolitan Area Networks* - MAN) – abrange uma cidade (Poucas tecnologias se inserem nesta categoria).
- Redes de Grandes Áreas (*Wide Area Networks* - WAN) – abrange múltiplas cidades, países ou continentes (NUNES, 2007).

As redes de comunicação de dados industrial estão sendo amplamente utilizadas em substituição das redes ponto a ponto devido ao avanço tecnológico. As utilizações dessas redes apresentam vantagens como: i) diminuição de custo com condutores, conseqüentemente redução de instalação, ii) melhoria quanto a manutenção, com redução dos pontos físicos, iii) aumento da robustez do sistema, iv) flexibilidade na configuração da rede, e v) diagnóstico dos dispositivos.

Com a utilização de protocolos de comunicação digital padronizados, essas redes apresentam grandes vantagens possibilitando a integração entre equipamentos distintos (MORAES e CASTRUCCI, 2007).

2.5.3 Redes Determinísticas e Probabilísticas

Redes determinísticas são aquelas cuja transmissão de dados ou de informações ocorre em instantes e intervalos de tempo determinados. Redes desse

tipo permitem que o tempo de resposta seja cuidadosamente conhecido, evitando não conformidades de iniciação e atrasos.

As redes probabilísticas permitem apenas calcular a probabilidade de transferência de informações, que ocorrem em um determinado intervalo de tempo (MORAES e CASTRUCCI, 2007).

2.5.4 Topologias de rede

As tecnologias de Redes de Área Local (*Local Area Networks* - LAN) são a forma mais popular de rede de comunicação entre computadores. Essas redes interligam mais computadores do que qualquer outro tipo de rede. As redes locais são agrupadas em categorias de acordo com a forma genérica, ou topologia. As principais topologias utilizadas são: i) estrela, ii) anel, e iii) barramento (NUNES, 2007).

2.5.4.1 Topologia em Estrela

Suas principais características são: i) cada computador é ligado a um ponto central, ii) o equipamento central pode ser um equipamento que amplie o sinal de transmissão de dados possuindo várias portas para comunicação entre os computadores (ex.: *hub*), e iii) a falha parcial de uma ligação não tem impacto sobre a rede. A Figura 14 apresenta uma representação de rede com topologia em estrela.

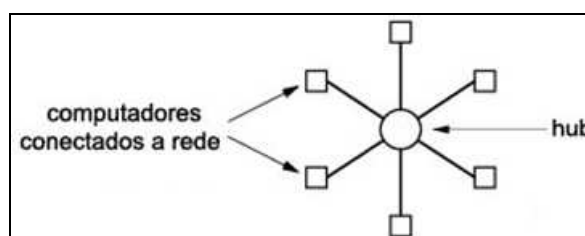


Figura 14 – Rede com topologia estrela.

Fonte: Nunes (2007 e p. 32)

2.5.4.2 Topologia em Anel

Suas principais características são: i) os computadores são interligados em um circuito fechado, ii) existência de repetidores em cada ponto, iii) coordenação de acessos é simplificada, e iv) baixa tolerância a falhas nas ligações. A Figura 15 apresenta uma representação de rede com topologia em anel.

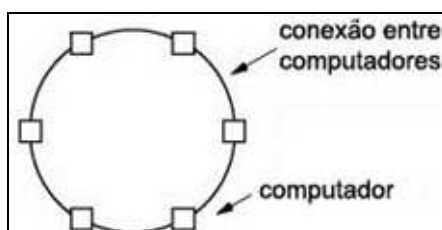


Figura 15 – Rede com topologia em anel.

Fonte: Nunes (2007 e p. 33)

2.5.4.3 Topologia em Barramento

Suas principais características são: i) ligação por meio de um único cabo, aos quais os computadores são interligados, ii) requer menos cabo na instalação, e iii) baixa tolerância a falhas nas ligações. A Figura 16 apresenta uma representação de rede com topologia em barramento.

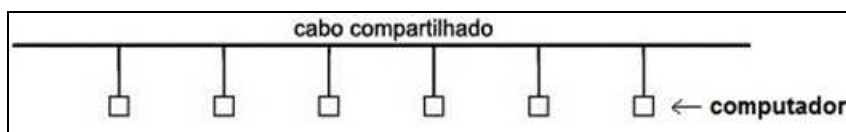


Figura 16 – Rede com topologia em barramento.

Fonte: Nunes (2007 e p. 35)

2.6 Protocolos

Protocolo de comunicação pode ser definido como um acordo que especifica o formato e o significado das mensagens que serão trocadas em uma rede de comunicação de dados.

Os aplicativos que utilizam a rede de comunicação de dados não interagem diretamente com os computadores. Esses aplicativos recorrem a programas que implementam complexos protocolos de comunicação. Nesse contexto, não é suficiente a existência do computador para a implementação de redes de comunicação, são necessários programas que implementam os protocolos de comunicação.

Os protocolos foram desmembrados e organizados em módulos independentes e divididos em camadas originando famílias de protocolos para resolver o problema de lidar com diversas formas possíveis de comunicação entre computadores (NUNES, 2007).

2.6.1 Camadas

Uma família de protocolos pode ser representada de forma que cada protocolo corresponda a uma camada.

A Organização Internacional para Padronização (*International Organization for Standardization* - ISO) definiu um modelo de referência com sete camadas.

2.6.2 Modelo de Referência OSI

O Modelo de Referência para Interconexão de Sistemas Abertos (*Open Systems Interconnection* - OSI) estabelece uma referência para o desenvolvimento de equipamentos por parte dos diversos fabricantes. Esse modelo define conceitos básicos que são importantes para descrever protocolos.

2.6.3 Protocolos TCP/IP

Os protocolos mais importantes desenvolvidos para a interligação de redes de comunicação de dados são conhecidos como Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Interconexão (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol* – TCP/IP). Esse modelo é designado por Modelo de Camadas TCP/IP ou Modelo de Referência Internet e contém cinco camadas. A Tabela 3 apresenta as camadas de rede e serviços dos protocolos ISO/OSI e TCP/IP (NUNES, 2007).

Tabela 3 – Protocolos ISO/OSI e TCP/IP.

	REDE DE COMUNICAÇÃO DE DADOS	
Modelo ISO/OSI		Modelo TCP/IP
Camadas	Serviços	Camadas
7. Aplicação	Funções especialistas (transferência de arquivos, envio de e-mail, terminal virtual).	5. Aplicação
6. Apresentação	Formatação de dados, conversão de códigos e caracteres.	
5. Sessão	Negociação e conexão com outros nós.	
4. Transporte	Oferece métodos para a entrega de dados ponto-a-ponto.	4. Transporte
3. Rede	Roteamento de pacotes em uma ou várias redes.	3. Internet
2. Enlace	Detecção e correção de erros do meio de transmissão.	2. Acesso à rede
1. Física	Transmissão e recepção de bits ¹² brutos através do meio de transmissão.	1. Acesso à rede

A tecnologia TCP/IP tornou viável a realização de interconexão global entre sistemas computacionais.

2.7 Autoteste

O Autoteste (*Built-in Self Test* – BIST) é um recurso que está relacionado com a técnica de projetar sistemas com característica adicional no âmbito de hardware¹³ e software¹⁴, a fim de possibilitar a realização do seu próprio teste, ou seja, realizar auto avaliação funcional e/ou paramétrica utilizando os seus próprios recursos, reduzindo assim a dependência da utilização de um sistema externo para executar o Teste Automático de Equipamento (*Automatic Test Equipment* - ATE).

O BIST está fundamentado nos conceitos de Projeto para a Testabilidade (*Design-for-Testability* - DFT). O sistema que detém essa característica no projeto é capaz de realizar o seu teste de modo mais fácil, mais rápido, mais eficiente e com menos custo. O conceito de BIST é aplicável a praticamente qualquer tipo de sistema, dessa forma sua implementação pode variar em diversidades de produtos.

¹² Bit (*Binary Digit* - Dígito Binário) - menor unidade na notação numérica binária, que pode ter o valor 0 ou 1.

¹³ *Hardware* - está associado à parte física do sistema (os circuitos e dispositivos) que suporta o processamento da informação.

¹⁴ *Software* - corresponde ao conjunto de programas responsáveis pela pilotagem do sistema para a execução das tarefas consideradas.

Os principais fatores para o desenvolvimento e implementação generalizada das técnicas do BIST é o crescimento dos custos para realização de testes ATE e a crescente complexidade dos sistemas.

As principais vantagens da implementação do BIST incluem: i) menor custo de teste, uma vez que a necessidade de testes externo usando um ATE será reduzido, sendo que para algumas aplicações esse pode ser eliminado, ii) melhor cobertura de falhas, uma vez que as estruturas de testes especiais podem ser incorporadas nos sistemas, iii) menor tempo de teste, sendo que o BIST pode ser projetado para testar equipamentos em paralelo, iv) maior facilidade em dar apoio ao cliente, e v) capacidade para realizar testes fora do ambiente de testes elétricos de produção. Essa última vantagem pode efetivamente permitir que os próprios consumidores possam testar os equipamentos. A Figura 17 apresenta os princípios básicos do BIST (SILICONFAREAST, 2005).

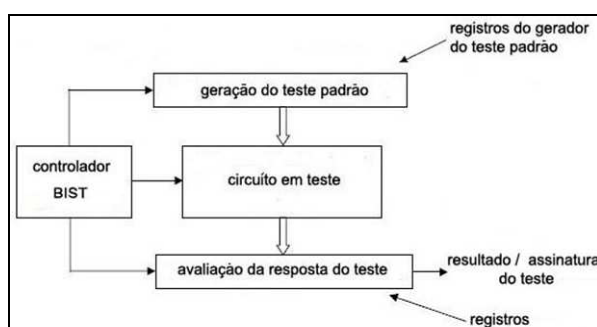


Figura 17 – Princípios básicos do BIST.

Fonte: traduzido de Mohamed, A. R. (2012 e p. 5)

As principais classificações do BIST são apresentadas na Figura 18 (SILICONFAREAST, 2005).

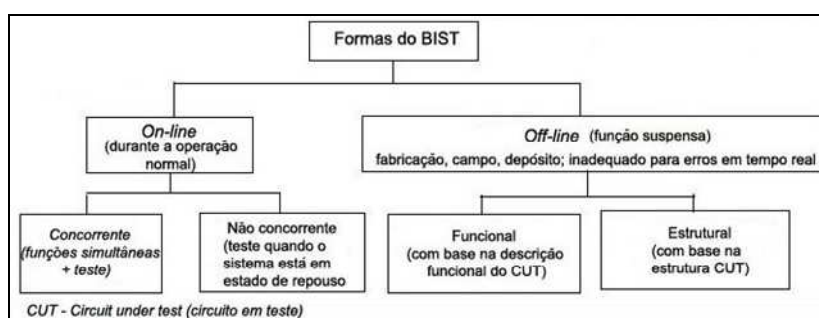


Figura 18 – Classificações do BIST.

Fonte: traduzido de Mohamed, A. R. (2012 e p. 6)

2.8 Mapa Mental

O aplicativo denominado Mente Livre (*Freemind*) é utilizado para elaborar mapas mentais. O mapa mental é um meio voltado para auxiliar a realização da tarefa de organizar, ligar e integrar as idéias e/o hipóteses e/ou propostas de um ou mais usuários de forma gráfica e nos moldes semelhante à estrutura de uma árvore. O foco principal do mapa mental envolve a elaboração de arranjo de palavras com imagens, que tem o conceito chave no centro ou no topo, as quais estão relacionadas por meio de linhas e setas.

O aludido aplicativo possui recursos para conceituar, expandir e estruturar as idéias e/ou hipóteses e/ou propostas. Também pode ser utilizado como editor de estrutura do tipo árvore. Permite realizar melhorias das informações contidas nas árvores com notas, ícones, nuvem, formas e outros elementos gráficos (FREEMIND, 2006).

CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO

Este capítulo contém requisitos lógicos, arquitetura de referência, protótipo, equipamentos para autoteste, algoritmo proposto, interface gráfica, e testes práticos relacionados com o desenvolvimento de sistema para realizar o autoteste dos equipamentos e/ou subsistemas instalados na Torre de Integração Vertical (TIV).

3.1 Requisitos Lógicos

Os principais requisitos lógicos que devem ser atendidos pelo programa de gerenciamento que será implementado na arquitetura de automação para executar o autoteste dos principais sensores e/ou atuadores presentes nos equipamentos na Torre de Integração Vertical, de um setor de preparação e lançamento de veículos espaciais estão listados na Tabela 4.

Nessa tabela a coluna intitulada “Descrição dos Requisitos” contém as principais necessidades lógicas que devem ser atendidas pelo programa que realizará o gerenciamento da arquitetura de automação em conformidade com o algoritmo proposto neste trabalho.

Nas células da coluna denominada “Tipo”, quando contiver a indicação “Funcional” significa que o respectivo requisito é considerado capaz de comprometer diretamente a operação do programa que realizará o gerenciamento da arquitetura de automação em questão, e quando contiver a indicação “Não Funcional” essa operação não é afetada.

Tabela 4 - Requisitos lógicos do programa de gerenciamento.

ITEM	DESCRIÇÃO DE REQUISITOS	TIPO
1	Possuir interface gráfica dedicada para permitir o acesso do operador aos recursos do sistema de automação, com validação de usuário e senha. Permitir utilização de recursos de acordo com o nível do usuário validado.	Funcional
2	Permitir o acesso, o comando, e a supervisão dos equipamentos previstos no sistema por meio dos recursos gráficos presentes nas janelas do sistema, conforme descrição apresentada nos itens seguintes.	Funcional
3	Janela de Parametrização: 3.1 Permitir a parametrização de estados e/ou tempos dos sensores e/ou atuadores dos principais equipamentos que serão submetidos ao teste. 3.2 Permitir a parametrização da posição na qual a Torre de Integração Vertical (TIV) será submetida ao teste. 3.3 Permitir a definição do tempo de validade do teste que a Torre de Integração Vertical (TIV) será submetida. 3.4 Permitir a seleção de equipamentos que terão os estados dos seus sensores e/ou atuadores testados. 3.5 Permitir o registro de códigos dos responsáveis pelas operações de apoio que serão executadas nos equipamentos que necessitarem desse recurso.	Funcional
4	Janela Principal: 4.1 Permitir apagar os resultados nas janelas do último teste realizado. 4.2 Permitir iniciar o teste do estado de sensores e/ou atuadores dos equipamentos selecionados na Torre de Integração Vertical (TIV). 4.3 Permitir o registro de código do responsável por autorizar o teste. 4.4 Permitir o registro de código do responsável pelos comandos de testes que serão executados. 4.5 Permitir a determinação de qual tipo de operação de teste	Funcional

	será realizado. 4.6 Permitir o registro de comentários julgados necessários para a execução do teste. 4.7 Possuir meios para visualizar o estado inicial de parametrização de sensores e/ou atuadores que serão testados. 4.8 Possuir meios para visualizar a data do último teste que foi executado com sucesso e a validade do último teste.	
5	Janela de Operação: 4.1 Possuir meios para visualizar o estado dos equipamentos que serão testados. 4.2 Possuir meios para sinalizar a sequência de operações que deverão ser executadas no decorrer do teste. 4.3 Possuir meios para sinalizar o estado e/ou tempo de sensores e/ou atuadores dos equipamentos que serão testados. 4.4 Possuir meios para visualizar o resultado que será obtido ao decorrer de cada teste. 4.5 Possuir meios para sinalizar o resultado que será obtido após a realização de cada teste em equipamento.	Funcional
6	Janela de Ajuda: Conter informações para auxiliar o usuário na utilização do sistema.	Não Funcional

O mapa mental elaborado para apresentar os principais recursos contidos na arquitetura lógica que está vinculada com o algoritmo proposto para realizar o autoteste dos principais sensores e atuadores presentes nos equipamentos e/ou subsistemas instalados na Torre de Integração Vertical (TIV), no contexto da hierarquia estrutural e das janelas previstas para a operação do sistema, é apresentado na Figura 19.

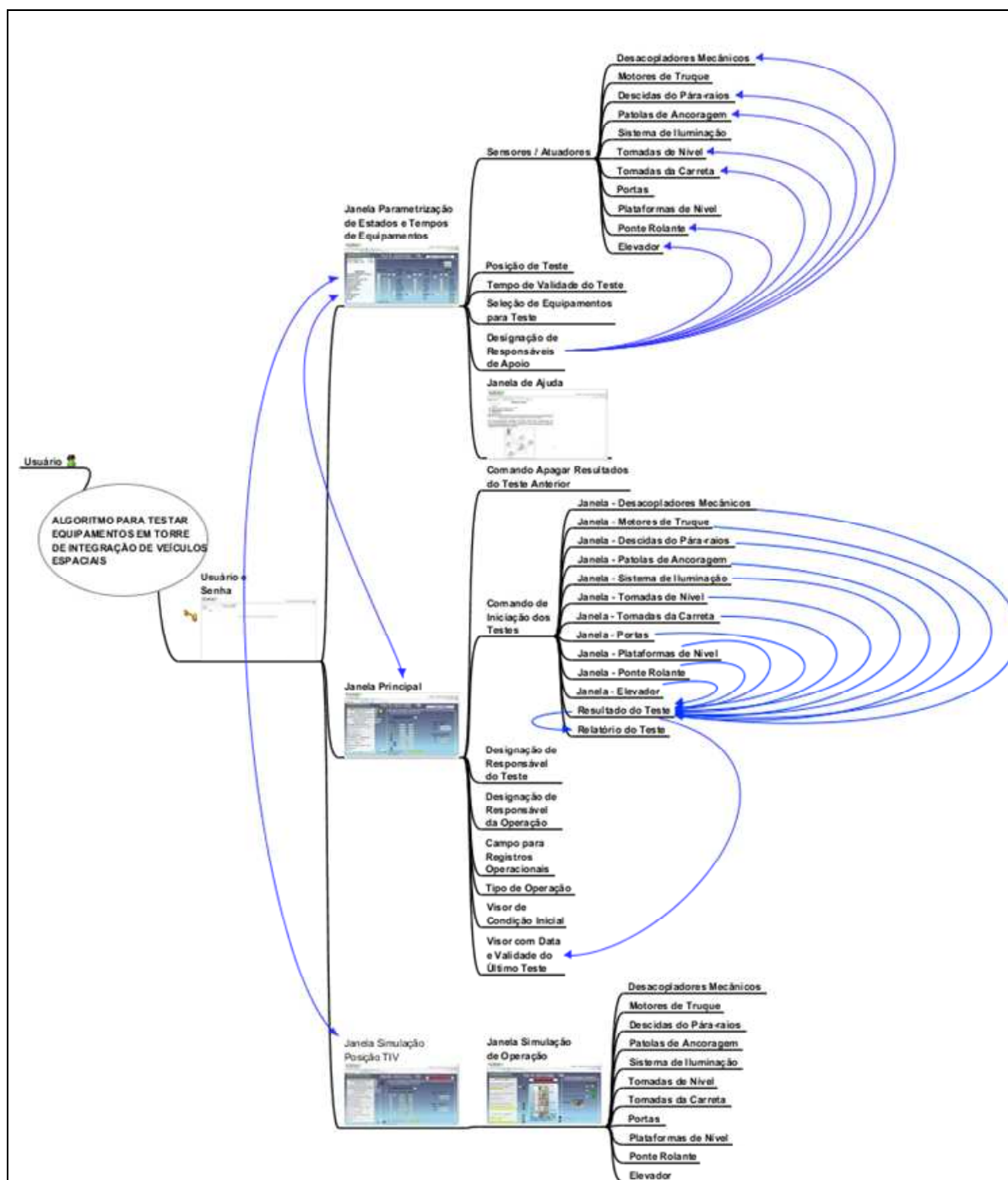


Figura 19 - Mapa mental do sistema proposto.

Os campos contidos no mapa mental apresentado na Figura 19 retratam os principais requisitos lógicos mencionados na Tabela 4, bem como as setas indicam os compartilhamentos de informações entre os recursos previstos nas janelas.

3.2 Arquitetura Física de Referência

Os principais componentes previstos na arquitetura física que é utilizada como referência para implementação da proposta do algoritmo capaz de automatizar o autoteste de sensores e/ou atuadores em equipamentos na Torre de Integração Vertical (TIV) de um setor de preparação e lançamento de veículos espaciais são mostrados na Figura 20.

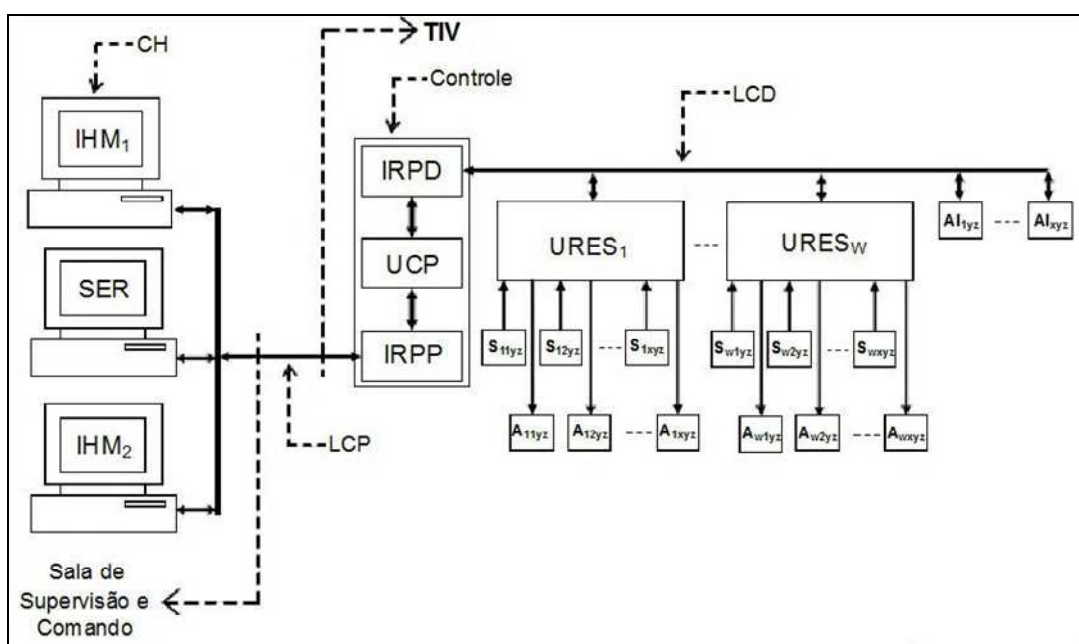


Figura 20 – Arquitetura física de referência.

O bloco denominado Controle, representado na Figura 20, tem como função principal efetuar o gerenciamento das atividades desenvolvidas pela arquitetura física da Torre de Integração Vertical (TIV), a fim de atender os procedimentos estabelecidos para a execução das tarefas de integração, testes e lançamento do veículo.

As partes mais destacadas que estão presentes nesse bloco são denominadas: Interface de Rede para Protocolo Determinístico (IRPD), Unidade Central de Processamento (UCP) e Interface de Rede para Protocolo Probabilístico (IRPP).

A Interface de Rede para Protocolo Determinístico (IRPD) tem a função de gerar e receber sinais, relacionados ao protocolo determinístico, para permitir o

estabelecimento da comunicação entre o módulo de Controle e as Unidades Remotas de Entrada e Saída (URES) e/ou os Atuadores Inteligentes (AI).

A função principal da Unidade Central de Processamento (UCP) é gerar os sinais necessários para executar o programa de gerenciamento do sistema (ROSARIO, 2005).

A Interface de Rede para Protocolo Probabilístico (IRPP) gera e recebe sinais, relacionados ao protocolo probabilístico, para permitir o estabelecimento da comunicação entre o módulo de Controle e o Computador Hospedeiro (CH) do Servidor (SER).

A Linha de Comunicação Determinística (LCD) é meio físico que transporta os sinais entre a Interface para Rede com Protocolo Determinístico (IRPD) e as Unidades Remotas de Entrada e Saída (URES) e/ou os Atuadores Inteligentes (AI), de modo bidirecional.

As Unidades Remotas de Entrada e Saída (URES) tem a função de gerar e receber sinais, relacionados ao protocolo determinístico, para permitir o estabelecimento da comunicação entre a Interface de Rede para Protocolo Determinístico (IRPD) e os sensores e/ou atuadores presentes nos equipamentos instalados na Torre de Integração Vertical (TIV), porém que não possuem sistema de autoteste. Essas unidades podem operar com entradas e saídas, digitais e/ou analógicas, que atendem vasta faixa de amplitudes e frequências de sinais (MIYAGI, 1996).

Os Sensores (S) presentes no subsistema de desacoplamento de truques, cabo de descida do pára-raios, subsistema de ancoragem, portas, plataformas, tomadas de níveis, tomadas de carreta, ponte rolante e elevador instalados na Torre de Integração Vertical (TIV), porém que não possuem sistema de autoteste, são respectivamente representados por: Swxyz, sendo w a identificação da URES, x a identificação da posição de parametrização do equipamento que será testado, y a identificação do número do dispositivo, e z a identificação de qual equipamento o mesmo pertence.

Os Atuadores (A) presentes nas portas e plataformas de nível móvel da mencionada torre que possuem atuadores não inteligentes, sem autoteste, são representados por Awxyz.

Os Atuadores Inteligentes (AI) presentes no subsistema de motor de truques da mencionada torre que possuem atuadores inteligentes, com autoteste, são representados por Alxyz.

A Linha de Comunicação Probabilística (LCP) é meio físico que transporta os sinais entre: i) a Interface para Rede com Protocolo Probabilístico (IRPP) e o Computador Hospedeiro (CH) do Servidor (SER), ii) o Computador Hospedeiro (CH) do Servidor (SER) e o Computador Hospedeiro (CH) da Interface Homem-Máquina 1 (IHM₁), e iii) o Computador Hospedeiro (CH) do Servidor (SER) e o Computador Hospedeiro (CH) da Interface Homem-Máquina 2 (IHM₂), de modo bidirecional (SILVEIRA, 2002).

As funções principais do Computador Hospedeiro (CH) do Servidor (SER) estão concentradas em: i) gerenciar a camada de supervisão do sistema, ii) armazenar e dispor informações relacionadas com banco de dados, e iii) atender as solicitações originadas da Interface Homem-Máquina 1 (IHM₁) e Interface Homem-Máquina 2 (IHM₂). Essas interfaces são os meios que o operador utiliza para supervisionar, realizar as operações de teste e comandar o acionamento dos equipamentos instalados na Torre de Integração Vertical (TIV).

3.3 Protótipo

É apresentada na Figura 21 uma vista dos principais módulos previstos no protótipo que foi montado para validar a proposta de algoritmo para realizar o autoteste de sensores e/ou atuadores em equipamentos na Torre de Integração Vertical (TIV). Nesse protótipo foram realizados os testes para constatar a eficácia das principais etapas previstas no algoritmo proposto neste trabalho, sendo dada especial atenção na elaboração, operação e avaliação dos componentes gráficos que estão presentes na interface homem-máquina (IHM), os quais participam diretamente da tarefa de análise das operações de acionamento e desacionamento dos sensores e/ou atuadores dos equipamentos que necessitam ser avaliados para atender a campanha de lançamento de veículos espaciais.

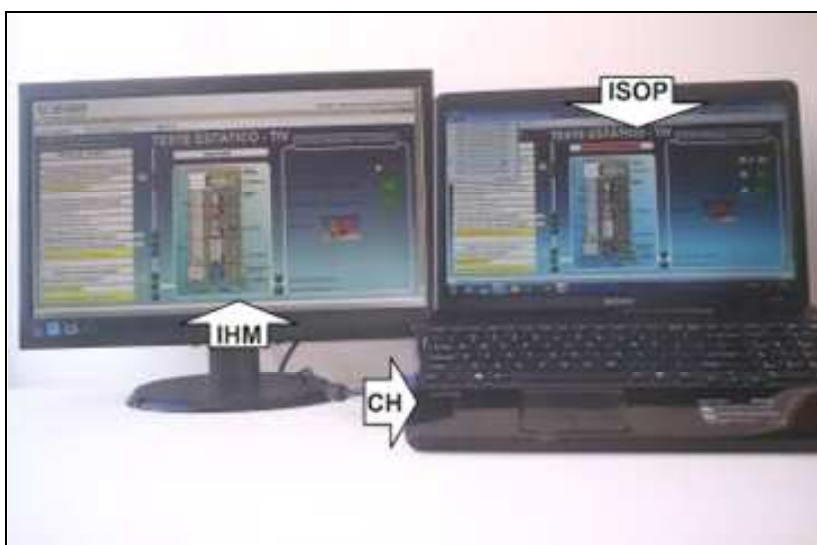


Figura 21 - Vista do protótipo.

Conforme apresentado nessa figura, os principais módulos previstos no protótipo são: i) interface homem-máquina (IHM), ii) computador hospedeiro (CH) e iii) interface para simulação de operação (ISOP). Cabe mencionar que a quantidade de módulos definidos no protótipo é inferior àquela prevista na arquitetura da Figura 20, porém essa condição não é limitante para a validação do algoritmo e dos componentes virtuais que estão presentes na interface homem-máquina (IHM).

O computador hospedeiro (CH) utilizado para atender o protótipo é do tipo portátil (*notebook*), adota a arquitetura Intel® de 64 bits e sistema operacional Windows 7®. A interface homem-máquina (IHM) e interface para simulação de operação (ISOP) foram elaboradas com os recursos disponíveis no ambiente integrado de desenvolvimento de um sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (*Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA*) (SILVEIRA, 2002).

A interface homem-máquina (IHM) e interface para simulação de operação (ISOP) utilizam os recursos do aplicativo PhpMyAdmin, conforme apresentado na Figura 22. Esse aplicativo administra o banco de dados MySQL, o qual mantém os registros e atualiza as informações dos resultados que são obtidos durante a realização de testes nos principais sensores e/ou atuadores dos equipamentos na mencionada torre.

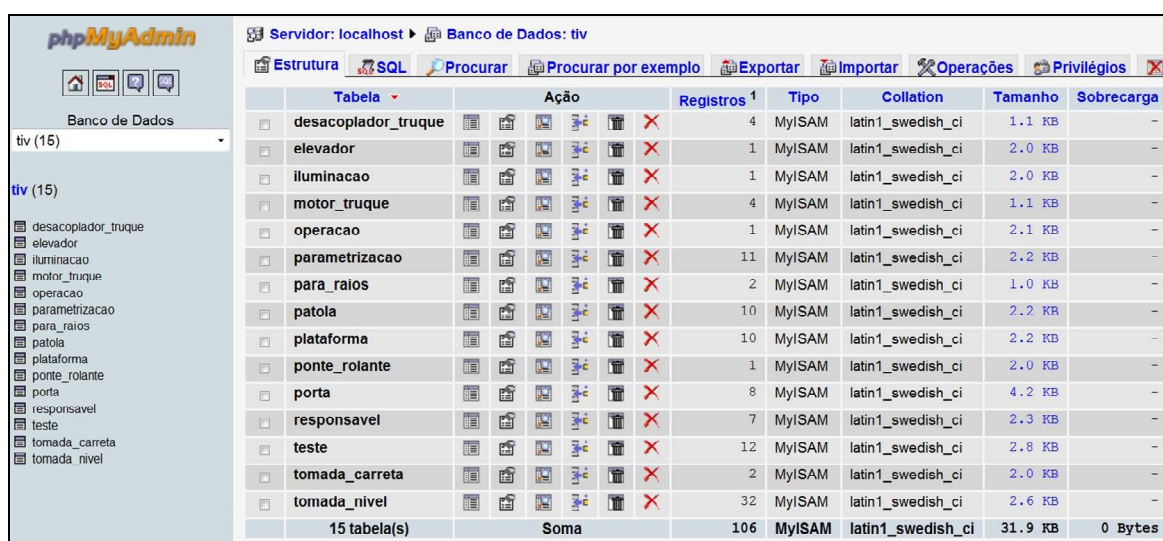


Tabela	Ação	Registros	Tipo	Collation	Tamanho	Sobrecarga
desacoplador_truque		4	MyISAM	latin1_swedish_ci	1.1 KB	-
elevador		1	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.0 KB	-
iluminacao		1	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.0 KB	-
motor_truque		4	MyISAM	latin1_swedish_ci	1.1 KB	-
operacao		1	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.1 KB	-
parametrizacao		11	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.2 KB	-
para_raios		2	MyISAM	latin1_swedish_ci	1.0 KB	-
patola		10	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.2 KB	-
plataforma		10	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.2 KB	-
ponte_rolante		1	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.0 KB	-
porta		8	MyISAM	latin1_swedish_ci	4.2 KB	-
responsavel		7	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.3 KB	-
teste		12	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.8 KB	-
tomada_carreta		2	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.0 KB	-
tomada_nivel		32	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.6 KB	-
15 tabela(s)	Soma	106	MyISAM	latin1_swedish_ci	31.9 KB	0 Bytes

Figura 22 – Janela do PhpMyAdmin.

3.4 Características dos Equipamentos para Autoteste

Para que o algoritmo seja capaz de realizar o autoteste é necessário, preliminarmente, obter e registrar informações minuciosas sobre os possíveis estados que podem ser estabelecidos pelos sensores e/ou atuadores dos equipamentos instalados na Torre de Integração Vertical (TIV) durante a execução das tarefas que estão relacionadas com a fase de integração, testes e lançamento de veículo espacial, a partir de um conjunto de situações que é considerado inicial, e nas condições de operação normal e em contingência do sistema.

Os principais equipamentos e/ou subsistemas que são considerados neste trabalho para realização de autoteste estão previstos na Torre Móvel de Integração (TMI) do Veículo Lançador de Satélites (VLS) que está sendo atualmente desenvolvido no Brasil (YAMANAKA, 2006), conforme segue: i) subsistema de truques, ii) cabos de descida do pára-raios, iii) subsistema de ancoragem (patolas), iv) subsistema de iluminação, v) tomadas de nível, vi) tomadas da carreta de transporte com sistema hidráulico, vii) portas, viii) plataformas de nível móvel, ix) ponte rolante, e x) elevador, os quais são referenciados na Figura 23.

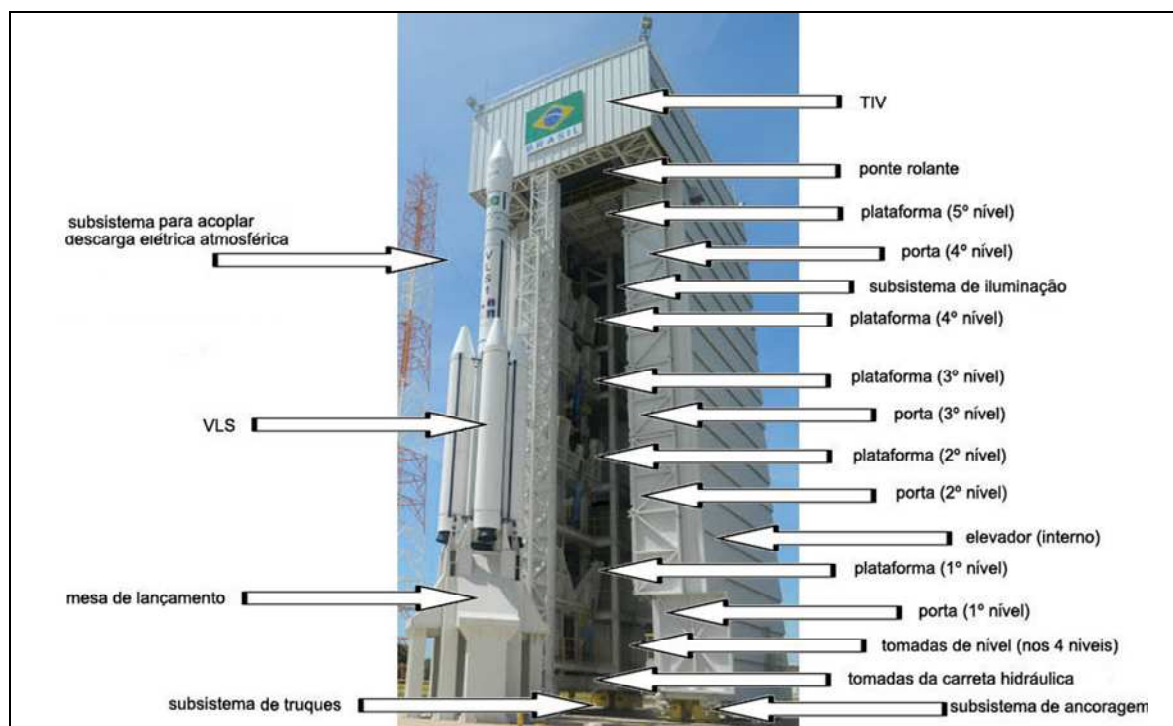


Figura 23 – Equipamentos da Torre Móvel de Integração.

Fonte: modificado do CLA (2012 e p. 13)

Os equipamentos e/ou subsistemas referenciados na Figura 23 possuem sensores, os quais convertem estímulos físicos em sinais elétricos, analógicos ou digitais, que são enviados para as estações remotas, e/ou atuadores providos de módulo controle inteligentes ou não inteligentes, os quais aplicam a energia necessária para o sistema realizar ações relacionadas principalmente com movimentação horizontal, vertical e rotacional de elementos físicos, acionamento de iluminação interna e externa, e ativação de pontos de energia elétrica para uso específico e geral. Esses equipamentos devem ter seus estados de funcionamento avaliados antes da plena utilização na campanha de lançamento para minimizar a ocorrência de interrupções inesperadas durante a execução das tarefas de integração, testes e lançamento.

A Tabela 5 apresenta os equipamentos e/ou subsistemas que terão os seus sensores e/ou atuadores submetidos aos testes.

Tabela 5 - Equipamentos submetidos aos testes.

Equipamento e/ou Substema	Complemento	Nível TIV	Lado	Identificação (acrônimo)
1. Desacoplador do Motor de Truque	Motor A			DMA
	Motor B			DMB
	Motor C			DMC
	Motor D			DMD
2. Motor de Truque	Motor A			MTA
	Motor B			MTB
	Motor C			MTC
	Motor D			MTD
3. Cabo de descida do Pára- raios			Direito	PRD
			Esquerdo	PRE
4. Substema de Ancoragem	Patola 1			PA1
	Patola 2			PA2
	Patola 3			PA3
	Patola 4			PA4
	Patola 5			PA5
	Patola 6			PA6
	Patola 7			PA7
	Patola 8			PA8
	Patola 9			PA9
	Patola 10			PA10
5. Substema de Iluminação				IL
6. Tomada de Nível	Tomada 1	1		TN11
	Tomada 2	1		TN21
	Tomada 3	1		TN31
	Tomada 4	1		TN41
	Tomada 5	1		TN51
	Tomada 6	1		TN61
	Tomada 7	1		TN71
	Tomada 8	1		TN81
	Tomada 1	2		TN12
	Tomada 2	2		TN22
	Tomada 3	2		TN32
	Tomada 4	2		TN42
	Tomada 5	2		TN52
	Tomada 6	2		TN62
	Tomada 7	2		TN72
	Tomada 8	2		TN82
	Tomada 1	3		TN13
	Tomada 2	3		TN23
	Tomada 3	3		TN33
	Tomada 4	3		TN43
	Tomada 5	3		TN53
	Tomada 6	3		TN63
	Tomada 7	3		TN73
	Tomada 8	3		TN83
	Tomada 1	4		TN14
	Tomada 2	4		TN24
	Tomada 3	4		TN34

	Tomada 4	4		TN44
	Tomada 5	4		TN54
	Tomada 6	4		TN64
	Tomada 7	4		TN74
	Tomada 8	4		TN84
7. Tomada da Carreta de Transporte com Sistema Hidráulico	220 V			TC220
	380 V			TC380
8. Porta		1	Direito	PO1D
			Esquerdo	PO1E
		2	Direito	PO2D
			Esquerdo	PO2E
		3	Direito	PO3D
			Esquerdo	PO3E
		4	Direito	PO4D
			Esquerdo	PO4E
9. Plataforma de Nível Móvel		1	Direito	PL1D
			Esquerdo	PL1E
		2	Direito	PL2D
			Esquerdo	PL2E
		3	Direito	PL3D
			Esquerdo	PL3E
		4	Direito	PL4D
			Esquerdo	PL4E
10. Ponte Rolante				PT
				EL
11. Elevador				

A coleta de informações que reflete a condição normal de operação dos sensores e atuadores presentes nos equipamentos e/ou subsistemas que estão instalados na torre em questão é obtida por meio de avaliação local ou especificação operacional do sistema.

Na avaliação local é adotada basicamente a seguinte sequência de ações:

- A equipe responsável pela coleta de informações define os estados iniciais que serão considerados para realizar os testes com os mencionados equipamentos e/ou subsistemas, em conformidade com a estrutura estabelecida no algoritmo apresentado neste trabalho.
- A partir da condição inicial definida é efetuada no local de instalação do equipamento ou subsistemas a primeira coleta das informações, a qual está relacionada com os sinais elétricos apresentados pelos respectivos sensores

nessa condição de avaliação. Cabe mencionar, que necessariamente esses sensores deverão estar em condição de operação normal, ou seja, sem apresentarem não conformidades.

- Nos equipamentos e/ou subsistemas que possuem atuadores são realizados comandos de movimentação para estabelecer os primeiros graus de utilização dos mesmos, sendo coletados os respectivos tempos que são utilizados para executarem esses movimentos. Cabe mencionar, que necessariamente esses atuadores deverão estar em condição de operação normal, ou seja, sem apresentarem não conformidades.
- Na etapa em que os equipamentos e/ou subsistemas estão definidos nos primeiros graus de utilização é efetuado nova coleta de informações dos sinais elétricos apresentados pelos respectivos sensores.
- Terminado a fase de coleta de informações dos sensores nos primeiros graus de utilização dos equipamentos e/ou subsistemas que possuem atuadores, são realizados comandos de movimentação que estabelecem os próximos graus de utilização dos mesmos, sendo coletados os respectivos tempos que são utilizados para executarem esses movimentos.
- A sequência de coleta de informações dos sinais apresentados pelos sensores e tempos utilizados por atuadores é finalizada quando é realizado o comando de movimentação para os equipamentos e/ou subsistemas retornarem as condições iniciais que foram definidas.

A opção por utilizar a especificação operacional do sistema é menos trabalhosa que a avaliação local, pois as informações relacionadas com os sinais que deverão ser apresentados pelos sensores e tempos utilizados por atuadores, nos diversos graus de operação do sistema são previamente definidas em projeto. Nesse sentido, cabe mencionar que se houver qualquer equívoco nessas informações o teste será comprometido.

Decorrente das características de risco envolvidas com as tarefas de integração, testes e lançamento de veículos espaciais, neste trabalho é adotada a avaliação local como meio de coleta de informações para parametrizar o algoritmo de testes de equipamentos e/ou subsistemas. A Tabela 6 apresenta sequência de sinais de sensores e tempos utilizados por atuadores para os principais equipamentos instalados na torre em questão.

Tabela 6 – Coleta de informações de sensores e atuadores.

Equipamento	Estado Inicial e Final				Estado Atuado			
	Sensor 1	Sensor 2	Estado	Atuador 1º tempo (seg.) Inicial p/ Atuado	Sensor 1	Sensor 2	Estado	Atuador 2º tempo (seg.) Atuado p/ Final
Desacopladores Mecânicos dos Motores	ON	OFF	Acoplado		OFF	ON	Desacoplado	
Motor de Truque				10.0				10.0
Descidas dos cabo de Pára-raios	ON		Conectado		OFF		Desconectado	
Patola de Ancoragem	ON		Acoplada		OFF		Desacoplada	
Iluminação	OFF		Desacionado		ON		Acionado	
Tomada de Nível	OFF		Desenergizada		ON		Energizada	
Tomada da Carreta	OFF		Desenergizada		ON		Energizada	
Porta	ON	OFF	Fechada	15.0	OFF	ON	Aberta	15.0
Plataforma de Nível	ON	OFF	Abaixada: 1à4 Levantada: 5	1à4 18.0 5 12.0	OFF	ON	Levantada: 1à4 Abaixada: 5	1à4 12.0 5 18.0
Ponte Rolante	OFF		Desacionada		ON		Acionada	
Elevador	OFF		Desacionado		ON		Acionado	

Os detalhes considerados na coleta de informações dos sensores e atuadores presentes nos equipamentos da Tabela 6 são apresentados a seguir:

i) Desacoplador do Motor de truque – recurso pelo qual é realizado o desacoplamento manual entre o pinhão instalado no eixo de saída do motoredutor¹⁵ com a coroa que pertence ao conjunto mecânico de acionamento da roda do subsistemas de truque que realiza a movimentação da torre sobre trilhos. São quatro subsistemas de truques instalados na torre, sendo dois na parte frontal e dois na parte traseira, sendo que nesses últimos estão instalados quatro motores elétricos, ou seja, dois para cada truque. O controle de operação do motor elétrico é realizado

¹⁵ Motoredutor- dispositivo mecânico que reduz a velocidade (por exemplo: rotação) de um acionador.

por meio de inversor de frequência, o qual é classificado por atuador inteligente, sendo que o desacoplador possui dois sensores de indicação de estado, os quais são classificados como não inteligentes. A Figura 24 apresenta detalhes do desacoplador do motor de truque.

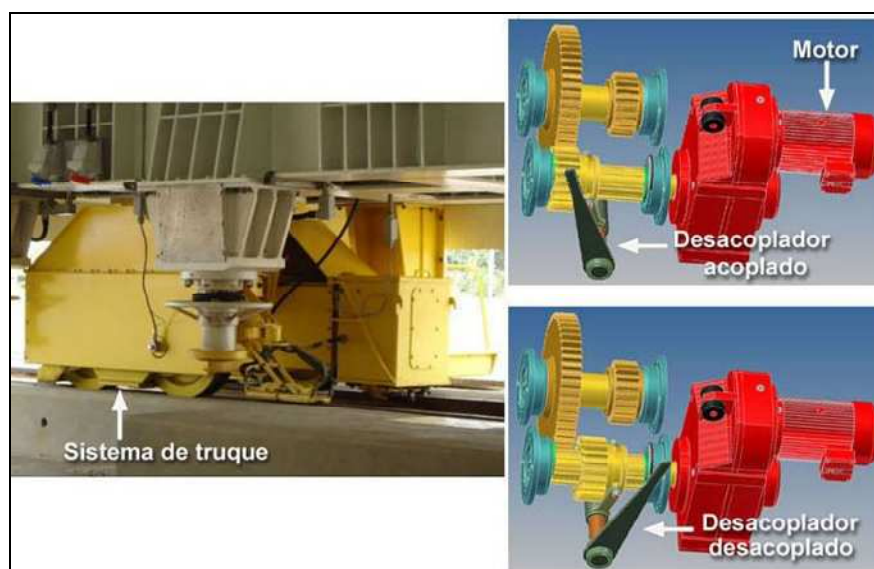


Figura 24 – Desacoplador do motor de truque.

Fonte: IAE (2012)

ii) Cabo de descida do pára-raios – elemento presente no sistema de proteção contra descargas atmosféricas diretas. A torre possui dois cabos de descida para conectar o captor¹⁶ com o eletrodo de aterramento, sendo previsto dois pontos de conexão para cada posição de parada programada, ou seja, posição de integração, testes e lançamento. Em cada ponto de conexão do cabo de descida com o eletrodo de aterramento há uma caixa de inspeção, na qual está instalado o sensor que monitora o estado de conexão ou não do cabo de descida. Esse sensor não está equipado com módulo de inteligência. A Figura 25 apresenta detalhes da mencionada caixa de inspeção.

¹⁶ Captor - parte do sistema de proteção contra descargas atmosféricas diretas que é destinada a interceptar as descargas atmosféricas.



Figura 25 – Eletrodo de conexão.

Fonte: IAE (2012)

iii) Subsistema de ancoragem (Patolas) - apoios mecânicos projetados para atender a torre quando essa estiver em uma das posições de parada programada. Esses apoios têm a finalidade de majorar a estabilidade mecânica da torre a fim de minimizar as possíveis conseqüências causadas por elevada incidência de vento nas superfícies expostas. A torre possui dez subsistemas de ancoragem instalados na sua estrutura inferior de sustentação. Em cada subsistema de ancoragem está previsto um sensor, sem módulo de inteligência, para monitorar o estado que indica a situação de liberado para movimentação. A Figura 26 apresenta vista do subsistema de ancoragem utilizado na torre.



Figura 26 – Subsistema de ancoragem.

Fonte: IAE (2012)

iv) Subsistema de iluminação – elaborada para gerar iluminância¹⁷ compatível com as atividades que são executadas na parte interna e externa da torre. Os estados de operação dos seus circuitos são monitorados por meio de sensores que não possuem módulos de inteligência. A Figura 27 vista do subsistema de iluminação interno da torre acionado.



Figura 27 – Subsistema de iluminação interna.

Fonte: IAE (2012)

v) Tomadas de nível – estrategicamente distribuídas nos quatro níveis de trabalho da torre, a fim de suprir equipamentos elétricos e/ou eletrônicos utilizados principalmente na execução da tarefa de integração vertical do veículo espacial. Os estados de operação dos seus circuitos são monitorados por meio de sensores que não possuem módulos de inteligência. Uma vista desse tipo de tomada é apresentada na Figura 28.

¹⁷ Iluminância - quantidade de fluxo luminoso que atinge uma unidade de área de uma superfície por segundo.



Figura 28 – Tomadas de nível.

Fonte: IAE (2012)

vi) Tomadas da carreta com sistema hidráulico - são dois pontos específicos com disponibilidade de energia elétrica, trifásica¹⁸ em 220V ou 380V, para atenderem a carreta de transporte de motor, sendo equipada com sistema eletro-hidráulico de elevação horizontal. Os estados de operação dos seus circuitos são monitorados por meio de sensores que não possuem módulos de inteligência. A Figura 29 apresenta vista destacando essas tomadas.



Figura 29 – Tomadas da carreta com sistema hidráulico.

Fonte: IAE (2012)

vii) Portas – meios pelos quais a torre aloja no seu interior o veículo espacial, totalmente ou parcialmente integrado sobre a Mesa de Lançamento, com a meta de limitar as consequências possíveis de serem provocadas por intempéries do local. Em quatro níveis da torre são instaladas portas no lado direito e esquerdo, as quais possuem individualmente atuador e dois sensores, sem módulos de inteligência, conforme vista apresentada na Figura 30.

¹⁸ Sistema trifásico - utiliza três ondas senoidais balanceadas, defasadas em 120 graus entre si, de forma a balancear o sistema.

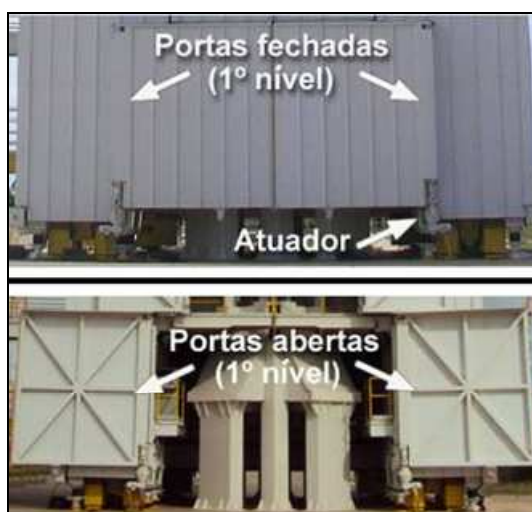


Figura 30 – Portas do primeiro nível.

Fonte: IAE (2012)

viii) Plataformas de nível móvel – são os principais meios físicos estabelecidos para permitir o acesso de especialistas aos estágios do veículo espacial para realizarem as tarefas relacionadas com a integração dos módulos do engenho. Em cinco níveis da torre são instaladas plataformas móveis no lado direito e esquerdo, as quais possuem individualmente atuador e dois sensores, sem módulos de inteligência, conforme vista apresentada na Figura 31.

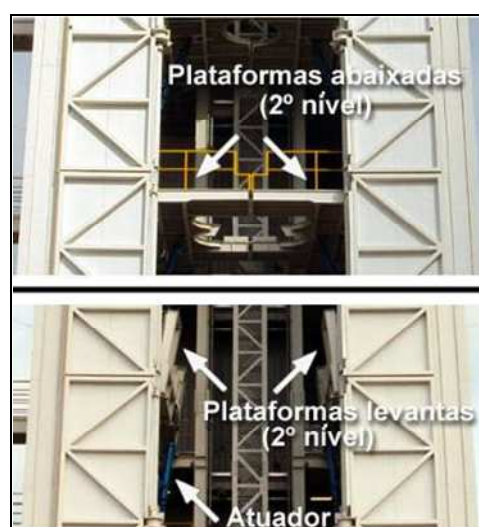


Figura 31 – Plataformas móvel do segundo nível.

Fonte: IAE (2012)

ix) Ponte rolante - meio utilizado para realizar os deslocamentos verticais e horizontais, internos na torre, das partes do veículo espacial durante a execução das tarefas de integração do engenho. Nessa ponte estão instalados atuadores e sensores para atenderem cada grau de liberdade, sendo que os atuadores são acionados por inversor de frequência que realizam autoteste e sensores sem módulos de inteligência. A Figura 32 apresenta vistas da ponte rolante utilizada na integração do veículo espacial.



Figura 32 – Ponte rolante.

Fonte: IAE (2012)

x) Elevador – além da escada é meio que os usuários têm para acesso aos níveis da torre, conforme vista apresentada na Figura 33. A avaliação desse sistema é realizada de modo não automático e por monitoração de sensor, sem módulo de inteligência, que indica a presença da cabina no primeiro nível da torre.



Figura 33 – Elevador.

Fonte: IAE (2012)

3.5 Elementos do Algoritmo

A execução das atividades para a elaboração do algoritmo foi precedida da realização de levantamentos que estão relacionados principalmente com as necessidades operacionais, o planejamento logístico e as estimativas de situações que deverão ser alcançadas no decorrer do desenvolvimento da campanha de lançamento do veículo espacial, as quais estão direcionadas para a execução do teste estático da Torre de Integração Vertical (TIV).

3.5.1 Diagrama de casos de uso

Com as informações obtidas nesses levantamentos foi idealizado o Diagrama de Casos de Uso para identificar o quadro de especialistas responsáveis com suas ações e seus relacionamentos, conforme apresentado na Figura 34. Esses diagramas foram desenvolvidos com a Modelagem de Linguagem Unificado (*Unified Modeling Language – UML*).

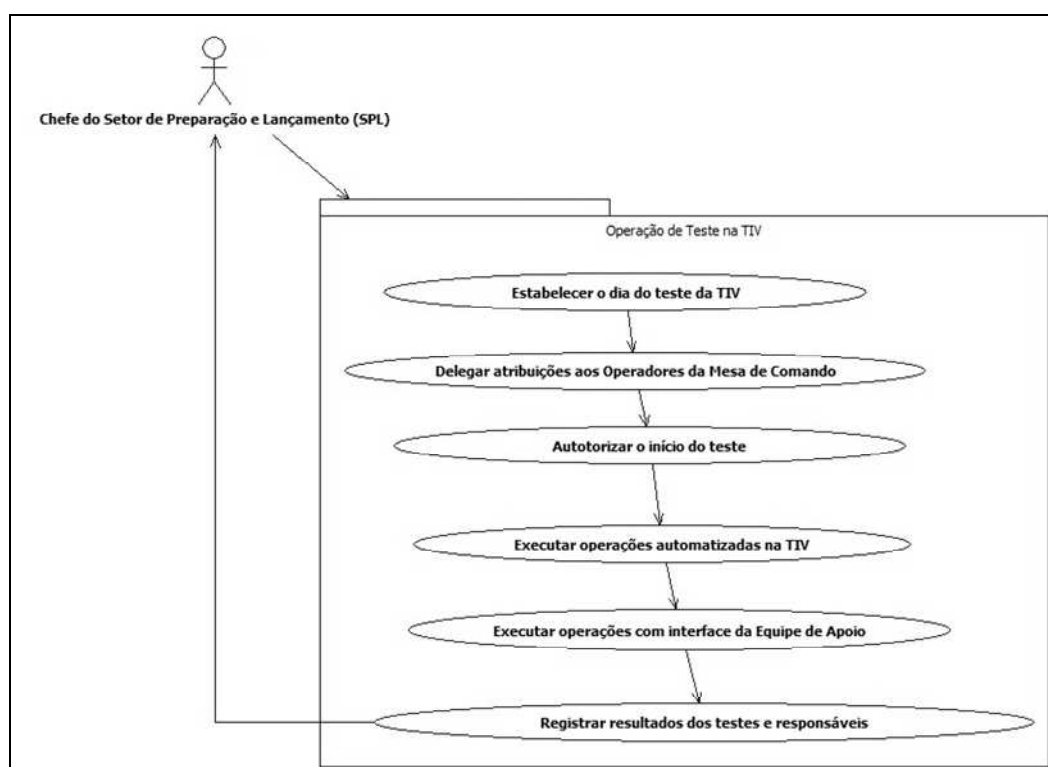


Figura 34 - Diagrama de Casos de Uso.

O Chefe do Setor de Preparação e Lançamento (SPL), representado na Figura 34, é responsável por: i) estabelecer o dia em um determinado período tempo, que reúne as condições mais adequadas para realizar o teste da torre, ou seja, quando as condições climatológicas são mais favoráveis, o contingente de funcionários está disponível para operação em questão e há logística suficiente para atender as fases exigidas no teste, ii) delegar atribuições e níveis de acesso aos operadores da mesa de comando para realizar os testes que são realizados de modo automatizado e também outros testes que necessitam da interação com a equipe de apoio, e iii) autorizar os operadores da mesa de comando para iniciar as atividades relacionadas com a execução dos testes.

Os operadores iniciam as atividades com a avaliação preliminar dos equipamentos e/ou subsistemas que são considerados críticos para a realização segura dos testes da torre, ou seja, se esses não estiverem íntegros estará comprometida a realização da seqüência de validação da integridade operacional de outros equipamentos e/ou subsistemas. Atendida essa condição preliminar são realizados testes em equipamentos e/ou subsistemas conforme a seguinte seqüência: i) os que podem ser testados de modo totalmente automatizado, ou seja,

não necessitam realizar interface com a equipe de apoio, e ii) aqueles que necessitam fazer interface com a equipe de apoio para realizar toda a seqüência de avaliação operacional.

Independente do tipo de avaliação, todas as operações relacionadas com os testes são registradas ao longo do tempo, com os nomes dos seus responsáveis, para análise posterior do Chefe do Setor de Preparação e Lançamento (SPL).

3.5.2 Diagrama de classe

Considerando as informações que são necessárias para atender a entrada, o processo e a saída do teste em questão, além do conteúdo expresso no Diagrama de Casos de Uso foi elaborado o Diagrama de Classe para identificar os tipos de informações, ou seja, quais são as de entrada no algoritmo, quais seus relacionamentos e que resultados irão gerar, conforme apresentado na Figura 35.

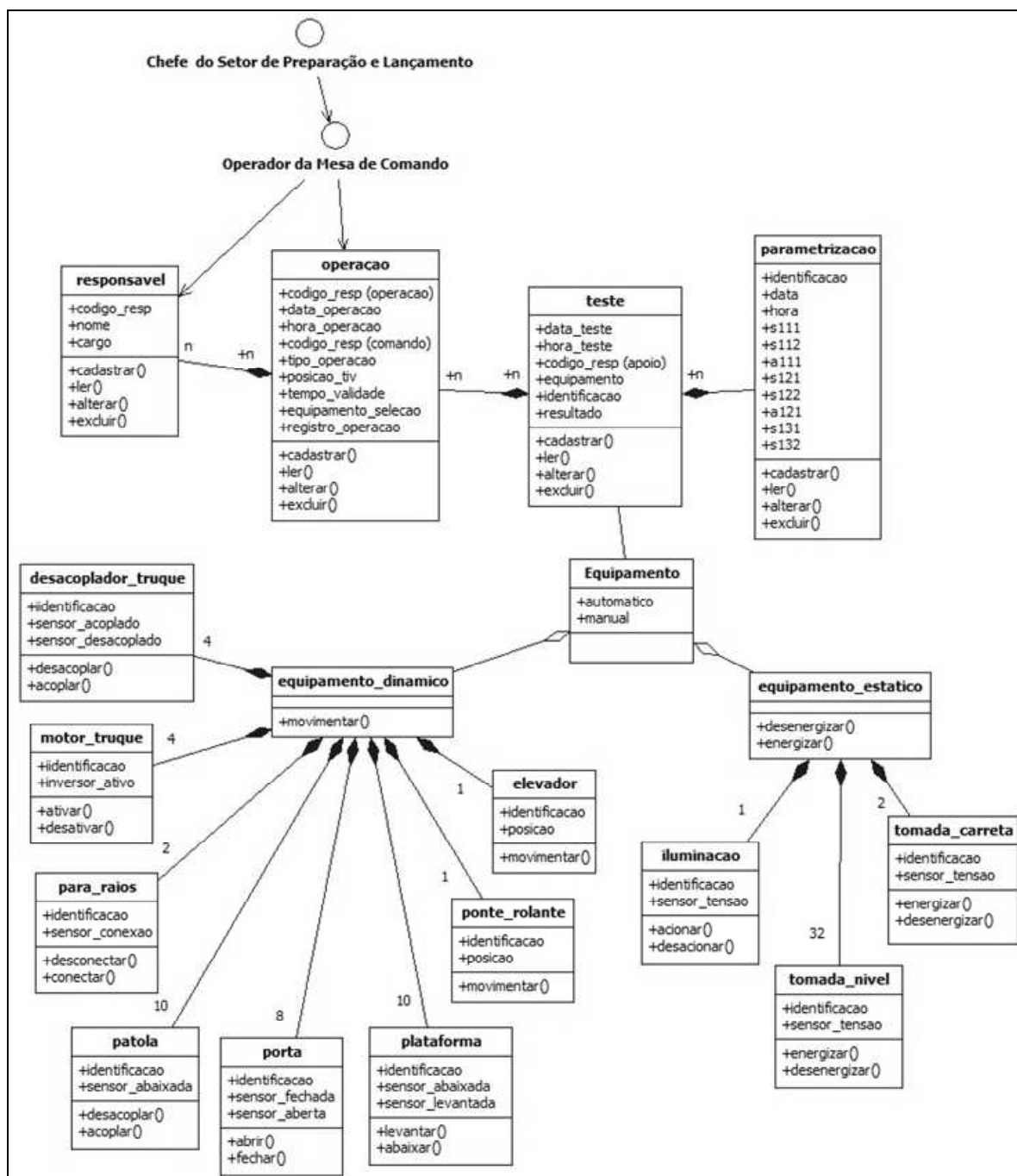


Figura 35 - Diagrama de Classe.

O Chefe do Setor de Preparação e Lançamento (SPL), representado na Figura 35, autoriza os operadores da mesa de comando quanto ao início das atividades relacionadas com a execução dos testes. Nessa fase, algumas informações serão solicitadas para armazenamento em uma base de dados, outras informações serão recebidas de outras bases de dados para serem analisadas e os

resultados que serão gerados pelo teste são armazenados em base de dados diferente das anteriores.

3.5.3 Estruturas das bases de dados

As informações que são solicitadas para serem armazenadas na base de dados denominada “responsavel” são: i) “codigo_resp”, nessa variável é inserido número que identifica o nome do responsável por uma operação de teste da torre (exemplo: 10 = nome do chefe SPL, 20 = nome do responsável pela mesa de comando, 30 = nome do responsável por uma operação de apoio, e outros), ii) “nome”, nome do responsável pela referida operação, e iii) “cargo”, cargo do responsável pela referida operação. As informações dessa base de dados poderão ser cadastradas, lidas, alteradas ou excluídas.

As informações que são solicitadas para serem armazenadas na base de dados denominada “operacao” são: i) “codigo_resp (operacao)”, nessa variável é inserido o mesmo número da base de dados “responsavel”, que irá identificar o responsável pela operação de teste da torre. Esse código interliga a base de dados “operacao” com a base “responsavel”, ii) “data_operacao”, data da execução da operação em questão, iii) “hora_operacao”, hora da execução da operação em questão, iv) “codigo_resp (comando)”, o mesmo número da base de dados “responsavel” que identifica o responsável pelos comandos de testes em equipamentos e/ou subsistemas. Esse código interliga a base de dados “operacao” com a base “responsavel”, v) “tipo_operacao”, identificação do tipo de operação que será realizada (exemplo: Teste estático da TIV), vi) “posicao_tiv”, identifica em que posição a TIV está posicionada (posição de Integração, Teste ou Lançamento), vii) “tempo_validade”, número relacionado com a quantidades de meses para validade da operação que será realizada (exemplo: o teste estático da TIV será valido por três meses após a execução ser concluída sem ocorrer não conformidades), viii) “equipamento_selecao”, define a seleção de quais equipamentos serão testados na operação que será realizada (exemplo: todos, somente as portas, e outras possibilidades), e ix) “registro_operacao”, campo para registro opcional de situação considerada relevante ao teste. As informações dessa base de dados poderão ser cadastradas, lidas, alteradas ou excluídas.

As informações que serão solicitadas para serem armazenadas na base de dados denominada “teste” são: i) “data_teste”, nessa variável é inserido a data da execução do teste. Essa data interliga a base de dados “teste” com a base “operacao”, ii) “hora_teste”, hora da execução do teste em questão, iii) “codigo_resp (apoio)”, o mesmo número da base de dados “responsavel”, o qual irá identificar o responsável por uma operação de apoio ao teste em questão, iv) “equipamento”, equipamento selecionado na base de dados “operacao” para o teste em questão (exemplo: Portas, e outros equipamentos), v) “identificacao”, identificação do equipamento que será testado (exemplo: PO1D = porta no primeiro nível do lado direito, e outras identificações), e vi) “resultado”, resultado do teste (exemplo: Portas abriram e fecharam corretamente, e outros resultados). As informações dessa base de dados poderão ser cadastradas, lidas, alteradas ou excluídas.

As informações que são armazenadas na base de dados denominada “parametrizacao” são: i) “identificacao”, nessa variável são inseridas as letras que identificam o equipamento que será parametrizada, ou seja, desacoplador do motor (DM), motor de truque (MT), pára-raios (PR), patola (PA), subsistema de iluminação (IL), toma de nível (TN), tomada da carreta (TC), porta (PO), plataforma (PL), ponte rolante (PE) e elevador (EL), ii) “data”, registro de data da parametrização com discriminação numérica do dia, mês e ano, iii) “hora”, registro de hora da parametrização com discriminação numérica da hora, minuto e segundo, iv) “s111”, definição de estado para o sensor previsto na primeira Unidade Remota de Entrada e Saída (URES), na condição inicial, do primeiro elemento, v) “s112”, definição de estado para o sensor previsto na primeira Unidade Remota de Entrada e Saída (URES), na condição inicial, do segundo elemento, vi) “a111”, tempo de operação do atuador previsto na primeira Unidade Remota de Entrada e Saída (URES), entre a condição inicial e atuado, do primeiro elemento, vii) “s121”, definição de estado para o sensor previsto na primeira Unidade Remota de Entrada e Saída (URES), exclusive condição inicial, do primeiro elemento, viii) “s122”, definição de estado para o sensor previsto na primeira Unidade Remota de Entrada e Saída (URES), exclusive condição inicial, do segundo elemento, ix) “a121”, tempo de operação do atuador previsto na primeira Unidade Remota de Entrada e Saída (URES), entre a condição atuado e final, do primeiro elemento, x) “s131”, definição de estado para o sensor previsto na primeira Unidade Remota de Entrada

e Saída (URES), na condição final, do primeiro elemento, e xi) “s132”, definição de estado para o sensor previsto na primeira Unidade Remota de Entrada e Saída (URES), na condição final, do segundo elemento.

As bases de dados denominadas “desacoplador_truque”, “motor_truque”, “para_raios”, “patola”, “porta”, “plataforma”, “ponte_rolante”, “elevador”, “iluminacao”, “tomada_nivel” e “tomada_carreta” contêm informações que simulam os estados nos sensores dos equipamentos que serão testados.

As informações contidas na base de dados denominada “desacoplador_truque” são: i) “identificacao”, nessa variável são inseridas as letras que identificam o desacoplador do motor de truque em questão (DMA, DMB, DMC e DMD), sendo que as duas primeiras letras identificam o equipamento como desacoplador do truque e a terceira letra está relacionada como a identificação do motor elétrico, ii) “sensor_acoplado”, indica o atual estado do sensor em questão, ou seja, ligado (ON) ou desligado (OFF), e iii) “sensor_desacoplado”, indica o atual estado do sensor em questão, ou seja, ligado (ON) ou desligado (OFF). O responsável da equipe de apoio poderá, manualmente, acoplar ou desacoplar a operação do eixo do moto redutor em conformidade com a fase do teste. Na torre estão instalados quatro subsistemas de truques, sendo dois na parte frontal e dois na parte traseira. Nesses últimos estão instalados quatro desacopladores, ou seja, dois para cada truque.

As informações contidas na base de dados denominada “motor_truque” são: i) “identificacao”, nessa variável são inseridos as letras que identificam o motor de truque em questão (MTA, MTB, MTC e MTD), sendo que as duas primeiras letras identificam o equipamento em questão e a terceira letra está relacionada com a identificação do motor elétrico, e ii) “inversor_ativo”, contém o atual estado do inversor de frequência que atende o motor do truque em questão, ou seja, ativo (ON) ou não ativo (OFF). Cada um dos quatro motores dos truques poderá ser ativado ou desativado pelo respectivo inversor de frequência, o qual é capaz de efetuar acionamento do eixo do motor no sentido horário e anti-horário.

As informações contidas na base de dados denominada “para-raios” são: i) “identificacao”, nessa variável são inseridos as letras que identificam os cabos de descida do subsistema de pára-raios em questão (PRD e PRE), sendo que as duas primeiras letras identificam o subsistema pára-raios e a terceira letra identifica o lado

para conexão direito ou esquerdo, e ii) “sensor_conexao”, contem o atual estado do sensor de conexão do cabo de descida do subsistema de pára-raios em questão, ou seja, conectado ao respectivo eletrodo (ON) ou desconectado (OFF). Os cabos de descida do pára-raios são conectados ou desconectados manualmente pelo responsável da equipe de apoio, em conformidade com a fase de teste. Estão previstos dois pontos de conexão para a terra em cada posição de operação da torre (integração, testes e lançamento) a fim de atender cada cabo de descida.

As informações contidas na base de dados denominada “patola” são: i) “identificacao”, nessa variável são inseridos as letras e o número que identificam a patola em questão (PA1, PA2, PA3, PA4, PA5, PA6, PA7, PA8, PA9 e PA10), sendo que as duas primeiras letras identificam o equipamento patola e a terceira letra a identificação do número da patola, e ii) “sensor_abaixada”, contem o atual estado do sensor em questão, ou seja, ligado (ON) ou desligado (OFF). A patola poderá ser levantada ou abaixada manualmente pelo responsável da equipe de apoio em conformidade com a fase do teste. A torre possui dez subsistemas de ancoragem (patolas) instalados na sua estrutura inferior de sustentação.

As informações contidas na base de dados denominada “porta” são: i) “identificacao”, nessa variável são inseridos as letras e o número que identificam o nível e lado da porta em questão (PO1D, PO1E, PO2D, PO2E, PO3D, PO3E, PO4D e PO4E), sendo que as duas primeiras letras identificam o equipamento porta, o número identifica o nível da porta e a terceira letra a identifica o lado direito ou esquerdo, ii) “sensor_fechada”, contem o atual estado do sensor em questão, ou seja, ligado (ON) ou desligado (OFF), e iii) “sensor_aberta”, contem o atual estado do sensor em questão, ou seja, ligado (ON) ou desligado (OFF). Em quatro níveis da torre são instaladas portas no lado direito e esquerdo, as quais possuem individualmente atuador para operação automática.

As informações contidas na base de dados denominada “plataforma” são: i) “identificacao”, nessa variável são inseridos as letras e o número que identificam o nível e lado da plataforma em questão (PL1D, PL1E, PL2D, PL2E, PL3D, PL3E, PL4D, PL4E, PL5D e PL5E), sendo que as duas primeiras letras identificam o equipamento plataforma, o número identifica o nível da plataforma e a terceira letra a identifica o lado direito ou esquerdo, ii) “sensor_abaixada”, contem o atual estado do sensor em questão, ou seja, ligado (ON) ou desligado (OFF), e

iii) “sensor_levantada”, contem o atual estado do sensor em questão, ou seja, ligado (ON) ou desligado (OFF). Em cinco níveis da torre são instaladas plataformas móveis no lado direito e esquerdo, as quais possuem individualmente atuador para operação automática.

As informações contidas na base de dados denominada “ponte_rolante” são:

- i) “identificacao”, nessa variável são inseridos as letras que identificam o equipamento ponte rolante (PE), e ii) “posicao”, posição atual do equipamento em questão (exemplo: posição na qual o gancho está no máximo retraído e deslocado longitudinalmente ao fundo e transversalmente no centro da torre, ou outras possibilidades). A única ponte rolante instalada na torre é movimentada por comando manual do responsável da equipe de apoio e em conformidade com a realização do teste.

As informações contidas na base de dados denominada “elevador” são:

- i) “identificacao”, nessa variável são inseridos as letras que identificam o equipamento elevador (EL), e ii) “posicao”, contem a atual posição do equipamento em questão (primeiro nível, segundo nível, terceiro nível, quarto nível e quinto nível). O único elevador instalado na torre é movimentado por comando manual do responsável da equipe de apoio e em conformidade com a realização do teste.

As informações contidas na base de dados denominada “iluminacao” são:

- i) “identificacao”, nessa variável são inseridos as letras que identificam o subsistema de iluminação (IL), e ii) “sensor_tensao”, contem o estado atual da presença de tensão elétrica no subsistema de iluminação, ou seja, ligado (ON) ou desligado (OFF). O subsistema de iluminação atende toda a parte interna e externa da torre, sendo que os seus circuitos podem ser acionados ou desacionados por comando manual do responsável da equipe de apoio e em conformidade com a realização do teste.

As informações contidas na base denominada “tomada_nivel” são:

- i) “identificacao”, nessa variável são inseridos as letras e os números que identificam as tomadas de nível (exemplo: TN11, TN21, até TN84), sendo que a duas primeiras letras identificam o equipamento tomada de nível, o primeiro número identifica a tomada e o segundo número identifica o nível na torre, e ii) “sensor_tensao”, contem o estado atual da presença de tensão elétrica no circuito da tomada de nível, ou seja, energizada (ON) ou desenergizada (OFF). As oito tomadas instaladas em cada

um dos quatro primeiros níveis da torre poderão ser energizadas ou desenergizadas por comando manual do responsável da equipe de apoio e em conformidade com a realização do teste.

As informações contidas na base de dados denominada “tomada_carreta” são: i) “identificacao”, nessa variável são inseridos as letras e o número que identificam a tomada do sistema hidráulico da carreta (TC220 e TC380), sendo que as duas primeiras letras identificam o equipamento tomada da carreta e os números identificam a tensão elétrica nominal da tomada, e ii) “sensor_tensao”, contem o estado atual da presença de tensão elétrica no circuito da tomada da carreta, ou seja, energizada (ON) ou desenergizada (OFF). Os dois pontos com tomadas elétricas com tensão nominal, trifásica, de 220V e 380V para atender o sistema hidráulico da carreta poderão ser energizados ou desenergizados por comando manual do responsável da equipe de apoio e em conformidade com a realização do teste.

3.5.4 Relações entre bases de dados

As relações entre as bases de dados foram definidas considerando as seguintes situações: i) poderá haver mais de um responsável (“n”¹⁹) cadastrado na base de dados denominada “responsavel” e cada responsável cadastrado poderá executar mais de uma operação (“n”) que será definida na base de dados denominada “operacao”, ii) cada operação executada poderá testar um ou mais equipamentos e/ou subsistemas em conformidade com a realização do teste, e iii) haverá parametrização relacionada com sensores e atuadores de cada equipamento submetido ao teste.

Os equipamentos e/ou subsistemas que não dependem da equipe de apoio para operação serão testados de forma automatizada, ou seja, portas, plataformas de nível móvel, e motores de truques. Para aqueles que operam de forma não automatizada será utilizada a equipe de apoio para auxiliar a execução dos testes, ou seja, desacopladores dos motores de truques, cabos de descida do pára-raios, patolas, subsistema de iluminação da torre, tomadas de nível, tomadas da carreta, ponte rolante, e elevador.

¹⁹ n - número de cadastros de informações em base de dados.

Os testes do conjunto de equipamentos e/ou subsistemas da torre estabelecem situações dinâmicas e estáticas. As dinâmicas são caracterizadas por envolverem deslocamentos físicos ou rotacionais, como por exemplo, para testar: desacopladores dos motores de truques, motores de truques, patolas, cabos de descida do pára-raios, portas, plataformas de nível móvel, ponte rolante, e elevador. Nas estáticas esses deslocamentos não são necessários para realizarem os testes, como por exemplo, para testar: subsistema de iluminação da torre, tomadas de nível, e tomadas da carreta.

3.5.5 Interrupção do teste

Existem três situações de manifestação de erro na execução dos testes que é necessária a imediata interrupção dos acionamentos dos equipamentos e/ou subsistemas da torre, conforme descrito a seguir:

- Incapacidade e/ou limite operacional no funcionamento do desacoplador, ou seja, considerando a hipótese de não haver a correta separação física entre o eixo de saída do moto redutor e as rodas do truque poderá ocorrer movimentação inesperada da torre por acionamento do motor elétrico desse subsistema. Cabe mencionar o acionamento do motor elétrico é necessário para a realização do teste em questão, entretanto a torre não deve ser movimentada.
- Impossibilidade de efetuar as conexões dos cabos de descida do subsistema de proteção contra descargas atmosféricas diretas com os respectivos pontos de aterramento. Na hipótese de ocorrer essa situação a execução dos testes devem ser imediatamente paralisadas e efetuadas as medidas saneadoras pertinentes, pois as descargas atmosféricas diretas tem potencial para afetar drasticamente os subsistemas da torre e/ou veículo espacial.
- Incapacidade e/ou limite operacional no funcionamento das patolas de ancoragem, ou seja, na hipótese de não haver o correto engaste da

ancoragem a torre poderá sofrer solicitações dinâmicas por incidência de vento no acabamento da estrutura vertical e por operação da ponte rolante.

Para outras de manifestações de erros ou em qualquer situação que julgar necessário, o operador do sistema poderá interromper a realização dos testes a fim de privilegiar a segurança e a integridades de equipamentos e/ou subsistemas.

3.5.6 Equipe de apoio

Os equipamentos e/ou subsistemas que não possuem atuadores e/ou unidade de controle capaz de realizar o autoteste são avaliados com a participação da equipe de apoio.

São utilizados os membros da equipe de apoio para realizar, principalmente, as seguintes tarefas que auxiliam a realização dos testes dos equipamentos e/ou subsistemas da torre:

- Retirada dos guarda-corpos e proteções nas plataformas de nível.
- Desacoplar e acoplar os subsistemas de movimentação dos truques.
- Desconectar e conectar os cabos de descida dos pára-raios.
- Desacoplar e acoplar as patolas de ancoragem.
- Ativar e desativar circuitos parciais do subsistema de iluminação da torre.
- Energizar e desenergizar as tomadas de níveis.
- Energizar e desenergizar as tomadas que atende a carreta de transporte com sistema hidráulico dos motores do veículo espacial.
- Liberar, operar e colocar em condição de repouso a ponte rolante.
- Liberar e operar o elevador.

Os testes totalmente automatizados que não necessitam a participação da equipe de apoio são:

- Acionamento e desacionamento dos motores de movimentação dos truques de forma desacoplados. Cabe salientar que a torre não será movimentada.
- Abertura e fechamento das portas.
- Movimentação das plataformas de nível móvel.

3.5.7 Dependência entre operações

As condições mínimas necessárias para executar toda a sequência de testes dos equipamentos e/ou subsistemas dependem do êxito individual obtido nas seguintes fases:

- Desacopladores do motor de truque – quando acionados garantem a condição de desacoplamento entre os eixos dos motos redutores e as rodas dos truques, pois se ocorrer movimento inesperado da torre durante a realização dos testes poderá causar como principais conseqüências: a colisão de portas e/ou plataforma de nível e/ou torre de umbilicais e/ou mesa de lançamento e/ou o rompimento dos cabos de descida dos pára-raios. Após o teste do motor do truque a condição de acoplamento do eixo do moto redutor será restabelecida. Cabe mencionar que a sequência de teste será realizada sem movimentação da torre, ou seja, de modo estático.
- Cabos de descida do pára-raios – a desconexão é condição necessária para permitir movimentação da torre até os pontos padrões de operação (integração, testes e lançamento) e a conexão desses cabos com os respectivos pontos de aterramento é condição que visa minimizar as conseqüências causadas por ocorrência de possíveis descargas atmosféricas diretas na torre. Nesse contexto, a manifestação de não conformidades na conexão desses cabos é situação que expõem ao risco pessoas e bens materiais, sendo necessário paralisar a sequência de testes de equipamentos

e/ou subsistemas. A retomada de sequência de testes somente deverá ser efetuada após o saneamento das não conformidades.

- Patola de ancoragem – a manifestação de não conformidades na operação de mais de uma patola de ancoragem define situação com potencial suficiente para submeter a torre as vibrações por ventos e/ou utilização da ponte rolante, sendo paralisada a sequência de testes dos equipamentos e/ou subsistemas. Nessa situação, a retomada de sequência de testes somente deverá ser efetuada após o saneamento das não conformidades.
- Portas – as operações de abertura e fechamento de portas são condições básicas para utilização da torre. O comprometimento de qualquer fase dessas operações é condição para não utilização da torre. O comprometimento na abertura das portas prejudica a realização do teste da ponte rolante. O comprometimento no fechamento das portas limita a capacidade de proteção da torre no veículo espacial. A sequência de testes de outros equipamentos e/ou subsistemas poderá ser realizada mesmo com o comprometimento das operações das portas, entretanto a validade dos testes somente deverá ser atribuída com êxito na avaliação de todos os equipamentos e/ou subsistemas.
- Plataformas de nível - as operações de levantar e abaixar as plataformas de nível são condições básicas para utilização da torre. O comprometimento de qualquer fase dessas operações é condição para não utilização da torre. O comprometimento na atuação das plataformas de nível prejudica a realização do teste da ponte rolante. O comprometimento no retorno das plataformas de nível para as condições iniciais impedem a realização das tarefas de integração do veículo espacial. A sequência de testes de outros equipamentos e/ou subsistemas poderá ser realizada mesmo com o comprometimento das operações das plataformas de nível, entretanto a validade dos testes somente deverá ser atribuída com êxito na avaliação de todos os equipamentos e/ou subsistemas.

- Ponte rolante – o êxito na realização dos testes dos atuadores e sensores da ponte rolante é condição básica para utilização da torre. Na hipótese de ocorrer não conformidades na realização dos testes da ponte rolante que apresente potencial para prejudicar a avaliação das portas e/ou plataformas de nível, a sequência de testes de outros equipamentos e/ou subsistemas poderá ser realizada, entretanto a validade dos testes somente deverá ser atribuída com êxito na avaliação de todos os equipamentos e/ou subsistemas.
- Todas as operações pela equipe de apoio serão registradas com os códigos dos operadores responsáveis.

Cabe mencionar que todas as operações realizadas pela equipe de apoio para atender a sequência de testes serão registradas por meio dos códigos dos operadores responsáveis.

3.6 Algoritmo Proposto

No algoritmo proposto para realizar os testes dos sensores e atuadores presentes nos equipamentos e/ou subsistemas da Torre de Integração Vertical (TIV) são pré-estabelecidas condições que estão relacionadas com os estados de sensores e tempos de operação de atuadores conforme apresentado a seguir:

- Posição da Torre de Integração Vertical (TIV) – nesse parâmetro é definida a posição para a realização dos testes de equipamentos e/ou subsistemas. No algoritmo é considerada a posição de integração, a qual é o marco zero para movimentação da torre, onde o veículo espacial é integrado sobre a mesa de lançamento.
- Desacopladores dos motores de truques – é definido para esses equipamentos o estado acoplado, ou seja, condição que permite a movimentação da torre.
- Motores de truques – considerados desacionados, ou seja, no estado inicial para movimentação da torre.

- Cabos de descida do pára-raios – são considerados conectados aos respectivos pontos de aterramento, ou seja, condição de segurança para minimizar as consequências de eventuais descargas elétricas diretas de origem atmosféricas.
- Subsistema de ancoragem – são considerados engastados nas respectivas posições de fixação, ou seja, condição para minimizar as vibrações na estrutura da torre por ventos ou operação da ponte rolante.
- Subsistema de iluminação – definido no estado desligado, pois essa é a condição de repouso desse subsistema.
- Tomadas de nível – consideradas no estado desenergizadas, pois essa é a condição de repouso desse subsistema.
- Tomadas do sistema hidráulico da carreta de transporte dos motores – definidas no estado desenergizadas, pois essa é a condição de repouso dessas tomadas.
- Portas – consideradas no estado fechado, ou seja, condição que visa proteger o ambiente interno da torre das intempéries atmosféricas.
- Plataformas de nível – as plataformas instaladas nos níveis um ao quatro são consideradas abaixadas e a do nível cinco levantada, pois essas são as condições de repouso dessas plataformas.
- Ponte rolante – é considerada na posição em que o gancho está no máximo retraído e deslocado longitudinalmente ao fundo e transversalmente no centro da torre, pois essa é a condição de repouso da mesma.
- Elevador – definido no primeiro nível da torre, pois essa é a condição de repouso do mesmo.

3.6.1 Etapas principais do algoritmo

As etapas principais do algoritmo proposto neste trabalho são apresentadas a seguir:

Etapa 1 – Designar os responsáveis pela realização dos testes, validar a parametrização contida na base dados e definir o tempo de validade do teste.

Etapa 2 – Verificar se os equipamentos e/ou subsistemas estão nas condições pré-estabelecidas para iniciar a realização do teste estático na torre.

Etapa 3 – A torre está nas condições pré-estabelecida?

Não, executar Etapa 57 (FIM).

Sim, executar Etapa 4.

Etapa 4 – Há desacoplador de motor do truque para testar?

Não, executar Etapa 11.

Sim, executar Etapa 5.

Etapa 5 – Posicionar o desacoplador para o estado desacoplado.

Etapa 6 – Desacoplador está no estado desacoplado?

Não, registrar erro e executar Etapa 57 (FIM).

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 7.

Etapa 7 – Comandar o acionamento do motor de truque em questão no sentido horário, interromper acionamento por tempo parametrizado, acionar motor no sentido anti-horário e interromper acionamento por tempo parametrizado.

Etapa 8 – O motor movimentou corretamente nos dois sentidos?

Não, registrar erro, comandar o desacionamento do motor e executar Etapa 9.

Sim, registrar operação correta, comandar o desacionamento do motor e executar Etapa 9.

Etapa 9 – Posicionar o desacoplador para o estado acoplado.

Etapa 10 – Desacoplador está no estado acoplado?

Não, registrar erro e executar Etapa 4.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 4.

Etapa 11 – Há conector de cabo de descida do pára-raios para testar?

Não, executar Etapa 16.

Sim, executar Etapa 12.

Etapa 12 – Posicionar o conector para o estado desconectado.

Etapa 13 – Conector está no estado desconectado?

Não, registrar erro e executar Etapa 14.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 14.

Etapa 14 – Posicionar o conector para o estado conectado.

Etapa 15 – Conector está no estado conectado?

Não, registrar erro e executar Etapa 57 (FIM).

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 11.

Etapa 16 – Há patola para testar?

Não, executar Etapa 22.

Sim, executar Etapa 17.

Etapa 17 – Posicionar patola para o estado desacoplado.

Etapa 18 – Patola está no estado desacoplado?

Não, registrar erro e executar Etapa 19.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 19.

Etapa 19 – Posicionar patola para o estado acoplado.

Etapa 20 – Patola está no estado acoplado?

Não, registrar erro e executar Etapa 21.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 16.

Etapa 21 – Menos de duas Patolas não estão acopladas?

Não, registrar erro e executar Etapa 57 (FIM).

Sim, executar Etapa 16.

Etapa 22 – Acionar subsistema de iluminação.

Etapa 23 – Subsistema de iluminação está no estado acionado?

Não, registrar erro e executar Etapa 24.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 24.

Etapa 24 – Há tomada de nível para testar?

Não, executar Etapa 29.

Sim, executar Etapa 25.

Etapa 25 – Energizar tomada de nível.

Etapa 26 – Tomada de nível está no estado energizado?

Não, registrar erro e executar Etapa 27.

Sim, verificar corrente e tensão elétricas, registrar resultado e executar Etapa 27.

Etapa 27 – Desenergizar tomada de nível.

Etapa 28 – Tomada de nível está no estado desenergizado?

Não, registrar erro e executar Etapa 24.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 24.

Etapa 29 – Há tomada da carreta para testar?

Não, executar Etapa 34.

Sim, executar Etapa 30.

Etapa 30 – Energizar tomada da carreta.

Etapa 31 – Tomada da carreta está no estado energizado?

Não, registrar erro e executar Etapa 32.

Sim, verificar corrente e tensão elétricas, registrar resultado e executar Etapa 32.

Etapa 32 – Desenergizar tomada da carreta.

Etapa 33 – Tomada da carreta está no estado desenergizado?

Não, registrar erro e executar Etapa 29.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 29.

Etapa 34 – Há porta para testar?

Não, executar Etapa 37.

Sim, executar Etapa 35.

Etapa 35 – Acionar atuador para abertura da porta.

Etapa 36 – Porta está no estado aberta?

Não, registrar erro e executar Etapa 34.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 34.

Etapa 37 – Há plataforma de nível para testar?

Não, executar Etapa 40.

Sim, executar Etapa 38.

Etapa 38 – Acionar atuador da plataforma de nível para posição de movimento da torre.

Etapa 39 – Plataforma de nível está na posição de movimento da torre?

Não, registrar erro e executar Etapa 37.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 37.

Etapa 40 – Ocorreu erro na abertura de portas ou movimentação de plataformas de nível?

Não, executar Etapa 41.

Sim, registrar alerta que não será executado teste da ponte rolante e executar Etapa 45.

Etapa 41 – Acionar os atuadores da ponte rolante.

Etapa 42 – Ponte rolante movimentou corretamente?

Não, registrar erro e executar Etapa 43.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 43.

Etapa 43 – Retornar ponte rolante para a posição inicial.

Etapa 44 – Ponte rolante retornou a posição inicial?

Não, registrar erro e executar Etapa 51.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 45.

Etapa 45 – Há plataforma de nível não avaliada para retornar a posição inicial?

Não, executar Etapa 48.

Sim, executar Etapa 46.

Etapa 46 – Acionar atuador da plataforma de nível para retornar a posição inicial.

Etapa 47 – Plataforma de nível retornou para a posição inicial?

Não, registrar erro e executar Etapa 45.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 45.

Etapa 48 – Há porta não avaliada para retornar a posição inicial?

Não, executar Etapa 51.

Sim, executar Etapa 49.

Etapa 49 – Acionar atuador da porta para retornar a posição inicial.

Etapa 50 – Porta retornou para a posição inicial?

Não, registrar erro e executar Etapa 48.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 48.

Etapa 51 – Acionar o atuador do elevador.

Etapa 52 – Elevador movimentou corretamente?

Não, registrar erro e executar Etapa 53.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 53.

Etapa 53 – Retornar elevador para a posição inicial.

Etapa 54 – Elevador retornou a posição inicial?

Não, registrar erro e executar Etapa 55.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 55.

Etapa 55 – Desacionar subsistema de iluminação.

Etapa 56 – Subsistema de iluminação está no estado desacionado?

Não, registrar erro e executar Etapa 57.

Sim, registrar operação correta e executar Etapa 57.

Etapa 57 – Apresentar resultados e finalizar teste estático.

O fluxograma analítico que representa uma sequência específica de ações previstas nesse algoritmo, as quais foram utilizadas na realização dos testes práticos executados para validar a proposta deste trabalho são apresentados na Figura 36.

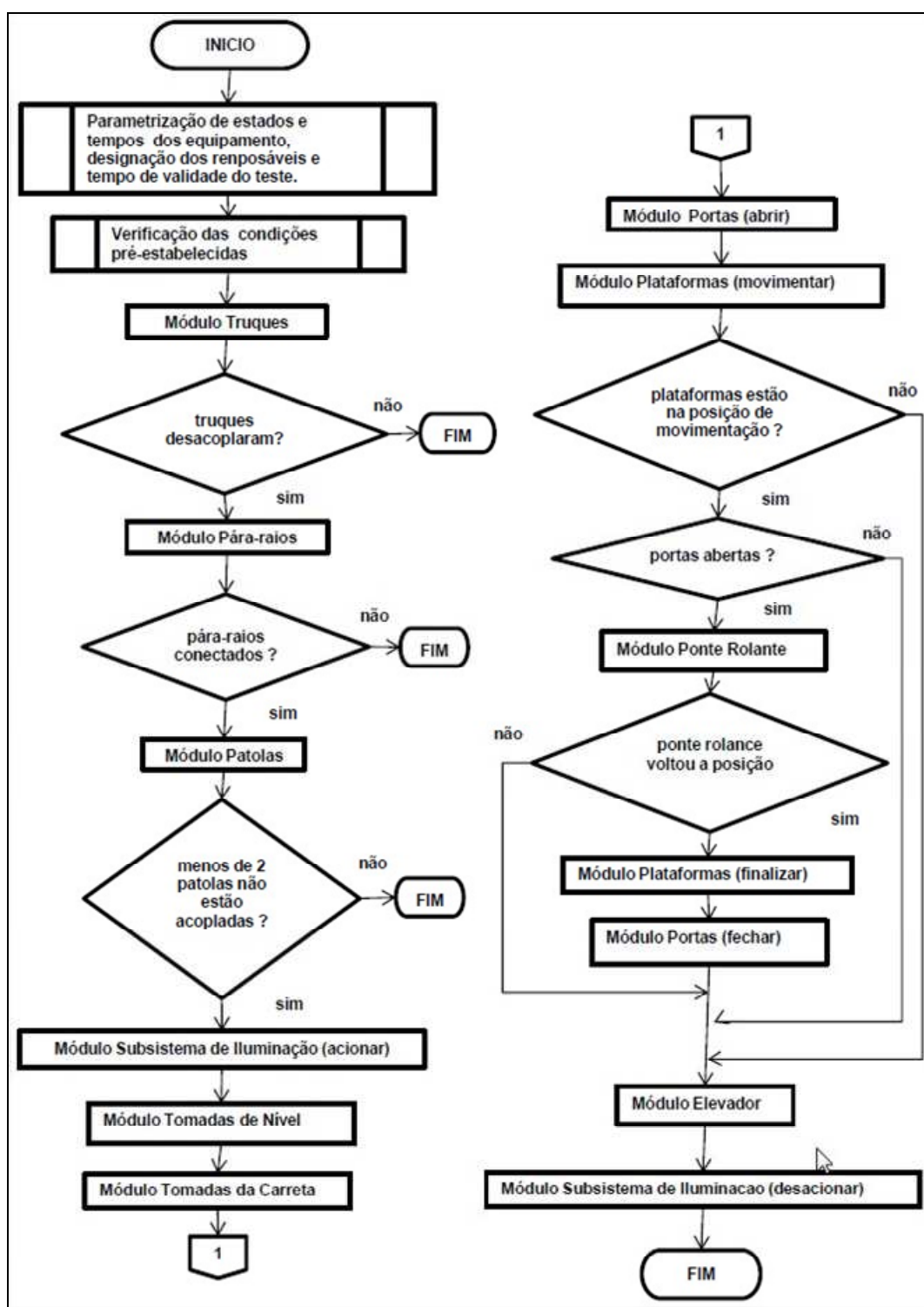


Figura 36 - Fluxograma para teste de equipamentos.

Na hipótese de manifestar não conformidade na execução das operações de avaliação dos equipamentos e/ou subsistemas da torre o operador do sistema poderá interromper imediatamente a sequência de teste a fim de preservar a segurança de pessoas e bens materiais.

3.7 Interface Gráfica

A principal função da interface gráfica está concentrada em servir de meio para o operador do sistema parametrizar, comandar e supervisionar as operações relacionadas com os testes dos principais sensores e atuadores presentes nos equipamentos e/ou subsistemas instalados na Torre de Integração Vertical (TIV).

A interface que foi elaborada para atender este trabalho considerou a hierarquia apresentada no mapa metal da Figura 19 e utilizou os recursos contidos no ambiente de desenvolvimento de um sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (*Supervisory Control And Data Acquisition* - SCADA), que está disponível no mercado nacional (SCADABR, 2010).

Os componentes virtuais previstos nessa interface foram elaborados para estabelecer uma conjuntura que durante a execução do autoteste os resultados são apresentados por meio de texto explicativo e sinalizações coloridas. As sinalizações coloridas estão relacionadas com os seguintes estados:

- Azul - desligado ou resposta negativa ou sem resultado.
- Verde - resposta afirmativa ou resultado correto.
- Amarelo - ligado ou alerta.
- Vermelho - resultado incorreto.

3.7.1 Janela de identificação

A janela de identificação do sistema é o primeiro nível para o usuário ter acesso aos recursos do sistema. Nessa janela deve ser registrado o nome de usuário e senha válidos, conforme apresentado na Figura 37.

A principal função da janela de identificação é assegurar que somente os usuários previamente cadastrados tenham acesso aos recursos da interface gráfica, de acordo com o seu nível de acesso, garantindo que as alterações e/ou

parametrizações e/ou operações sejam realizadas somente por pessoas habilitadas e capacitadas para esse fim.



Figura 37 – Janela de Identificação.

A partir da janela de identificação o usuário tem acesso à janela de parametrização, a qual possui os recursos necessários para definir as condições iniciais que serão consideradas para os equipamentos e/ou subsistemas da torre na fase de teste.

3.7.2 Janela de parametrização

Na janela de parametrização, apresentada na Figura 38, estão presentes componentes virtuais que permitem ao usuário do sistema efetuar definição para os seguintes campos relacionados com a operação dos equipamentos e/ou subsistemas da torre:

- **Sensores:** são campos destinados para parametrizar as seqüências de estados que os sensores de cada equipamento deverão alcançar durante a execução dos testes.

- Atuadores: nesses campos são parametrizados os tempos previstos de operação dos atuadores de cada equipamento durante a execução dos testes.
- Posição da TIV para Teste: campo para definir uma das seguintes posições de teste: i) Integração, ou seja, adjacente a mesa de lançamento, ii) Testes, ou seja, afastada $\cong 12$ metros da mesa de lançamento, e iii) Lançamento, ou seja, afastada $\cong 53$ metros da mesa lançamento. É condição implícita no teste para esse campo a posição de integração.
- Tempo de Validade do Teste: atribui o período de tempo que o teste é válido. Esse tempo somente será validado se for obtido êxito completo no teste realizado com os equipamentos da torre.
- Seleção: coluna destinada para selecionar os equipamentos que serão submetidos aos testes. A condição implícita na realização dos testes é a seleção de todos os equipamentos.
- Oper. Apoio: nessa coluna são designados os responsáveis da equipe de apoio que auxiliarão as realizações de testes específicos. Está previsto uma relação com códigos e nomes dos possíveis auxiliares que poderão auxiliar a realização dos testes.

Os componentes previstos na janela de parametrização apresentada na Figura 38 possibilitam que as informações definidas nos campos e colunas sejam armazenadas em base de dados para posterior uso na realização dos testes dos equipamentos e/ou subsistemas da torre.



Figura 38 - Janela de Parametrização.

Decorrente da importância para a execução dos testes em questão e complexidade para a definição de parâmetros está previsto nessa janela o recurso ("Ajuda?"), que possibilita ao usuário do sistema obter informações relacionadas com a operação dos equipamentos e/ou subsistemas presentes na torre, conforme apresentado na Figura 39.

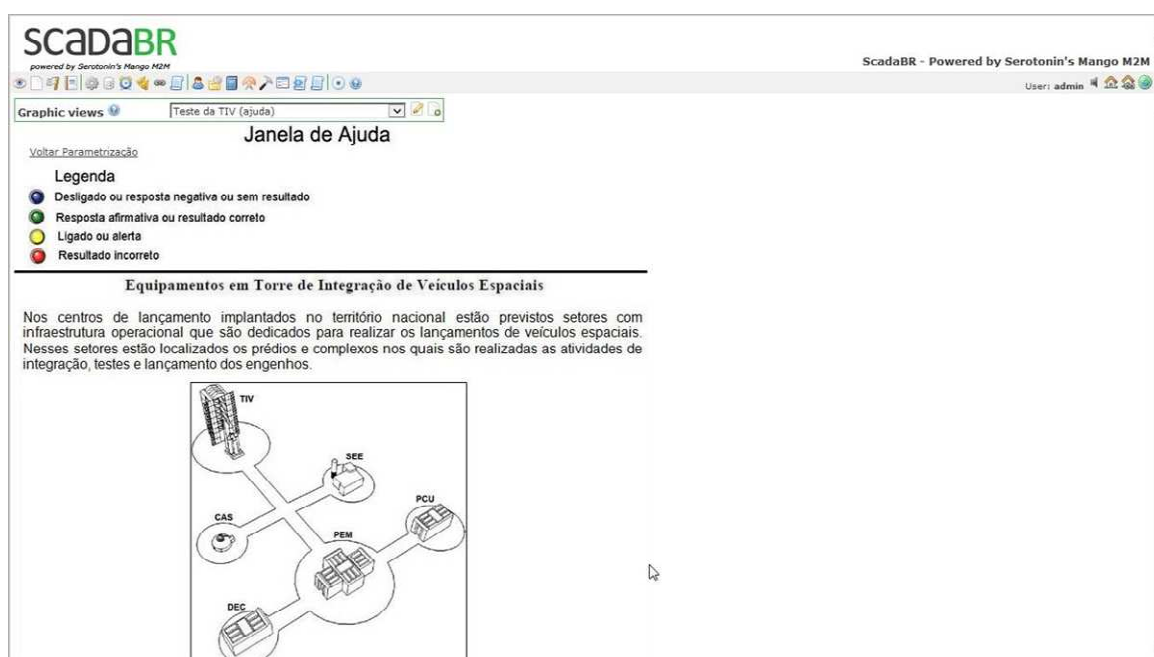


Figura 39 - Janela de Ajuda.

Nessa janela de ajuda também são apresentadas informações sobre os sensores e atuadores dos equipamentos e/ou subsistemas instalados na torre.

3.7.3 Interface de simulação

Para auxiliar a avaliação dos recursos previstos no algoritmo proposto neste trabalho, em conformidade com as características da arquitetura física que está sendo implementada na atual Torre Móvel de Integração (TMI), foi elaborado um simulador, conforme janela apresentada na Figura 40. Esse simulador possui janelas específicas para refletir as interações com as ações executadas pelos responsáveis da equipe de apoio, os sinais gerados pelos sensores e os estados alcançados pelos atuadores que estão instalados nos equipamentos e/ou subsistemas da torre em questão, durante a realização dos testes.

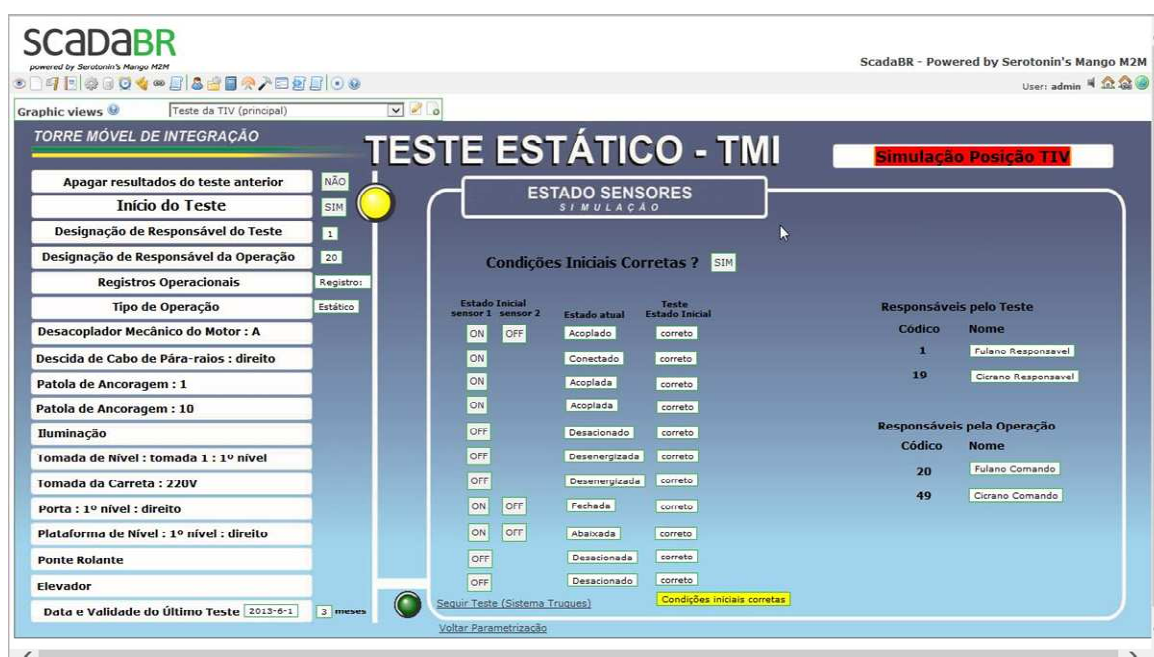


Figura 40 – Simulação Posição TIV.

As principais colunas apresentadas na janela da Figura 40 são denominadas: i) “Estado Inicial”, ii) “Estado atual” e iii) “Teste Estado Inicial”. A coluna “Estado Inicial” está subdividida em campos intitulados “sensor 1” e “sensor 2”, os quais possuem sinais relacionados com a condição operacional dos equipamentos

e/ou subsistemas. Na coluna “Estado atual” são retratadas as presentes condições operacionais dos equipamentos e/ou subsistemas. A coluna denominada “Teste Estado Inicial” contém o resultado da comparação entre as condições iniciais previstas na parametrização com aquelas estabelecidas nessa janela de simulação.

3.7.4 Janela principal

Na janela principal, mostrada na Figura 41, estão presentes recursos que permitem ao usuário do sistema definir e/ou visualizar os seguintes campos relacionados com os testes dos equipamentos e/ou subsistemas da torre:

- Apagar resultados do teste anterior – quando ativado irá apagar os resultados apresentados nas janelas do teste anterior.
- Início do Teste - comando para iniciar a execução dos testes nos equipamentos e/ou subsistemas.
- Designação de Responsável do Teste - campo para registro do código do responsável por autorizar a execução do teste. Está previsto uma relação com códigos e nomes dos possíveis responsáveis pela autorização da realização dos testes.
- Designação de Responsável da Operação – define o registro do código do responsável por comandar os testes. Está previsto uma relação com códigos e nomes dos possíveis responsáveis pela realização dos comandos de execução dos testes.
- Registros Operacionais - utilizado para registrar comentários considerados necessários na execução do teste.
- Tipo de Operação - campo dedicado para estabelecer uma das seguintes operações de testes: i) estático, aonde a torre não será movimentada sobre os trilhos, e ii) dinâmico, aonde a torre será movimentada sobre os trilhos. É

condição implícita para esse campo a seleção da operação estático, pois o escopo deste trabalho é considerada somente a condição estática.

- Condições Iniciais Corretas? – sinalização visual que informa se os sensores estão no estado inicial de parametrização. É condição imperativa para realizar os testes que os sensores dos equipamentos e/ou subsistemas estejam no estado inicial considerados.
- Data e Validade do Último Teste - apresenta a data do último teste que foi executado com sucesso em todos os equipamentos e o período de validade do teste em questão.



Figura 41 - Janela Principal.

Cabe mencionar que na Janela Principal o início dos testes somente ocorrerá se no campo denominado “Condições Iniciais Corretas?” estiver a indicação “SIM”.

3.8 Testes Práticos

A avaliação da eficácia dos passos previstos no algoritmo proposto neste trabalho foi realizada por meio de testes práticos que utilizaram os recursos contidos

nas janelas das interfaces gráficas, conforme apresentada na seguinte sequência de ações:

- i) Elaborado o conjunto de programas para atender os passos contidos no fluxograma analítico mostrado na Figura 36.
- ii) Configuradas as interfaces gráficas instaladas no computador hospedeiro do protótipo apresentado na Figura 21 para efetuar comunicação com o conjunto de programas de gerenciamento de operações do sistema, o qual possui rotinas específicas para receber e enviar as informações relacionadas com os sensores e atuadores contidos nas janelas apresentadas no subitem “3.7.3 Interface de simulação”, ou seja, de modo equivalente a operação apresentada na arquitetura da Figura 20.
- iii) Executada a sequência de testes dos equipamentos e/ou subsistemas da torre, com a utilização dos recursos pertinentes que estão disponíveis nas interfaces gráficas.

Os testes práticos foram iniciados com a realização de parametrizações dos campos mostrados na Figura 38, os quais estão relacionados com as sequências de estados que deverão ser alcançados pelos sensores e os tempos previstos de operação de atuadores pertencentes aos equipamentos e/ou subsistemas instalados na torre.

Com as informações definidas na janela de parametrização, o simulador da arquitetura física, mostrado na Figura 40, está apto para realizar a primeira comparação entre as condições iniciais previstas na parametrização dos sensores com aquelas estabelecidas na janela de simulação da posição da Torre de Integração Vertical (TIV) para a condição inicial de operação.

O resultado da primeira comparação é mostrado no campo denominado “Condições Iniciais Corretas ?” contido na Janela Principal que é mostrada na Figura 41, sendo que a execução da sequência posterior de testes é efetuada por meio da habilitação do campo “Início do Teste” contido na mesma janela.

3.8.1 Módulo truques

Após a seleção da habilitação do campo “Início do Teste” contido na Janela Principal, o algoritmo permite o acesso à janela que contém os campos de teste do Subsistema de Truques, conforme apresentado na Figura 42.

É necessário que o responsável pelo teste no desacoplador de truque e respectivo motor realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja desacoplado o motor de truque em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Desacoplador Desacoplado?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações:
 - i) verifica se os estados dos sensores do módulo avaliado estão conforme a parametrização, ii) efetua o registro dos atuais estados, e iii) apresenta os resultados obtidos.

o Se ocorrer divergências com relação aos valores parametrizados, o algoritmo interromperá a sequência do teste, e enviará comando para a interface gráfica emitir sinalização visual com alerta dessa situação, além de efetuar o registro do atual estado do desacoplador.

o Se não ocorrer essas divergências, o algoritmo acionará cada motor do truque em questão no sentido horário, anti-horário e finalizará essa operação.

- Se ocorrer desconformidades na operação de acionamento dos motores, o algoritmo registrará o erro, apresentará esse resultado na interface e permitirá a execução da próxima tarefa que está relacionada com acoplar o motor de truque.

- Se não ocorrerem desconformidades no acionamento dos motores será efetuado o registro do tempo de funcionamento, apresentada a sinalização

de êxito na operação e realizado o registro na base de dados desses resultados.

- Solicitar para a equipe de apoio que seja acoplado o motor de truque em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Desacoplador Acoplado?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) verifica se o estado dos sensores do módulo avaliado está conforme a parametrização, ii) efetua o registro dos atuais estados, e iii) apresenta os resultados obtidos.

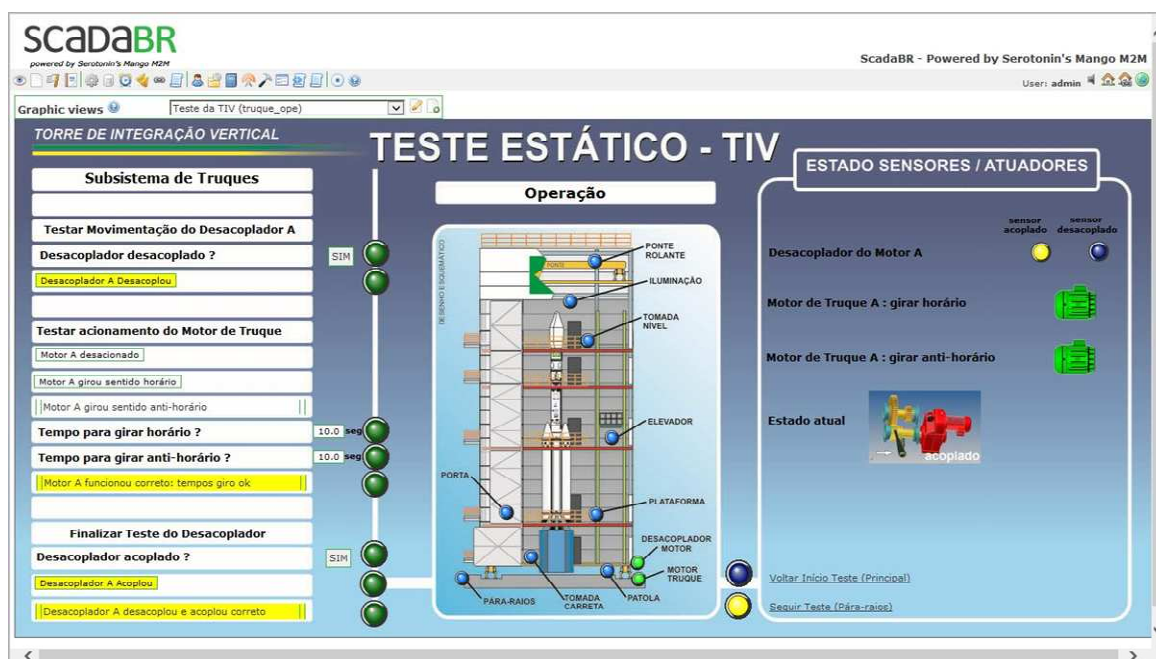


Figura 42 - Teste do Subsistema de Truques.

Exemplo de resultado com êxito dos testes do Subsistema de Truques é apresentado na Figura 42.

3.8.2 Módulo pára-raios

Após a seleção do campo “Desacoplador Acoplado?” contido na janela do teste do Subsistema de Truques, o algoritmo permite o acesso à janela que contém os campos de teste do Cabo de descida dos Pára-raios, conforme apresentado na Figura 43.

É necessário que o responsável pelo teste do cabo de descida dos pára-raios realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja desconectado o cabo de descida do pára-raios em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
 - Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Cabo Desconectado?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações:
 - i) verifica se o estado do sensor do módulo avaliado está conforme a parametrização, ii) efetua o registro do atual estado, e iii) apresenta o resultado obtido.
 - Solicitar para a equipe de apoio que seja conectado o cabo de descida do pára-raios em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
 - Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Cabo Conectado?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações:
 - i) verifica se o estado do sensor do módulo avaliado está conforme a parametrização, ii) efetua o registro do atual estado, e iii) apresenta os resultados obtidos.
- o Se ocorrer divergências com relação aos valores parametrizados, o algoritmo interromperá a sequência do teste e enviará comando para a interface gráfica emitir sinalização visual com alerta dessa situação, além de efetuar o registro do atual estado do cabo de descida do pára-raios.

o Se não ocorrerem desconformidades na conexão do cabo de descida do pára-raios em questão será efetuado o registro de funcionamento, apresentada a sinalização de êxito na operação e realizado o registro na base de dados desses resultados.

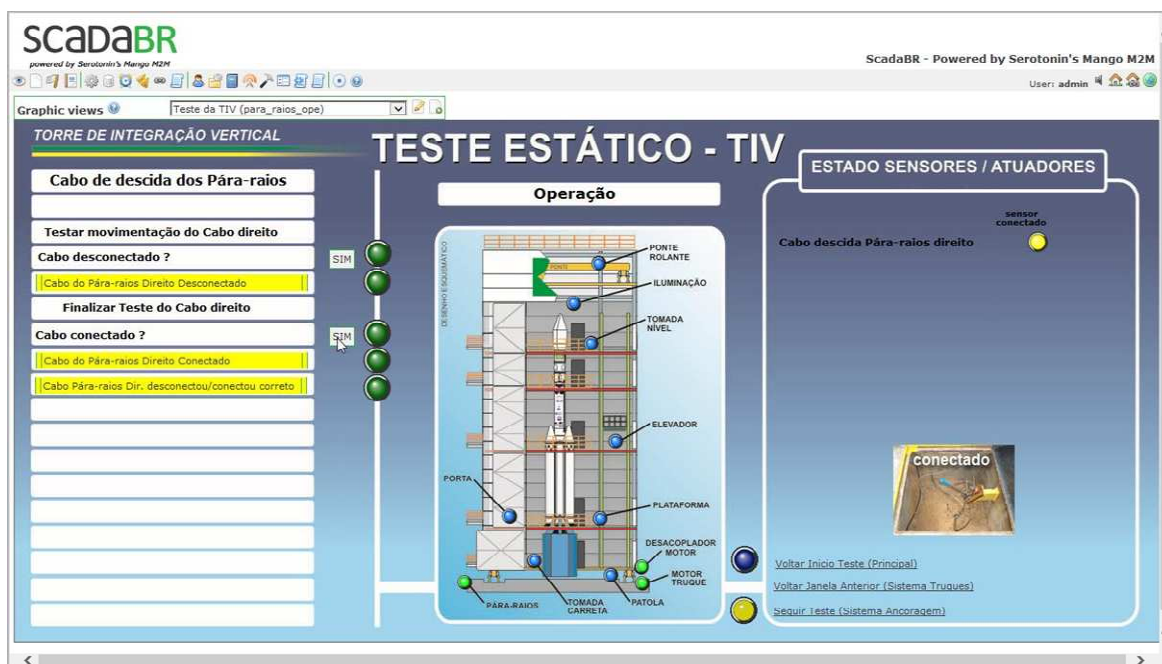


Figura 43 - Teste do Cabo de descida dos Pára-raios.

Exemplo de resultado com êxito dos testes do Cabo de descida dos Pára-raios é apresentado na Figura 43.

3.8.3 Módulo patolas

Após a seleção do campo “Cabo Conectado?” contido na janela do teste do Cabo de descida dos Pára-raios, o algoritmo permite o acesso à janela que contem os campos de teste do Subsistema de Ancoragem, conforme apresentado na Figura 44.

É necessário que o responsável pelo teste do subsistema de ancoragem realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja desacoplado a patola em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.

- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Patola 1 Desacoplada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações:
i) verifica se o estado do sensor do módulo avaliado está conforme a parametrização, ii) efetua o registro do atual estado, e iii) apresenta o resultado obtido.

- Solicitar para a equipe de apoio que seja acoplada a patola em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.

- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Patola 1 Acoplada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações:
i) verifica se o estado do sensor do módulo avaliado está conforme a parametrização, ii) efetua o registro do atual estado, e iii) apresenta o resultado obtido.

- o Se ocorrer divergências com relação aos valores parametrizados, o algoritmo interromperá a sequência do teste e enviará comando para a interface gráfica emitir sinalização visual com alerta dessa situação, além de efetuar o registro do atual estado da patola em questão.

- o Se não ocorrerem desconformidades no acoplamento da patola em questão será efetuado o registro de funcionamento, apresentada a sinalização de êxito na operação e realizado o registro na base de dados desses resultados.

- Executar novamente as mesmas tarefas anteriores para todas as patolas.

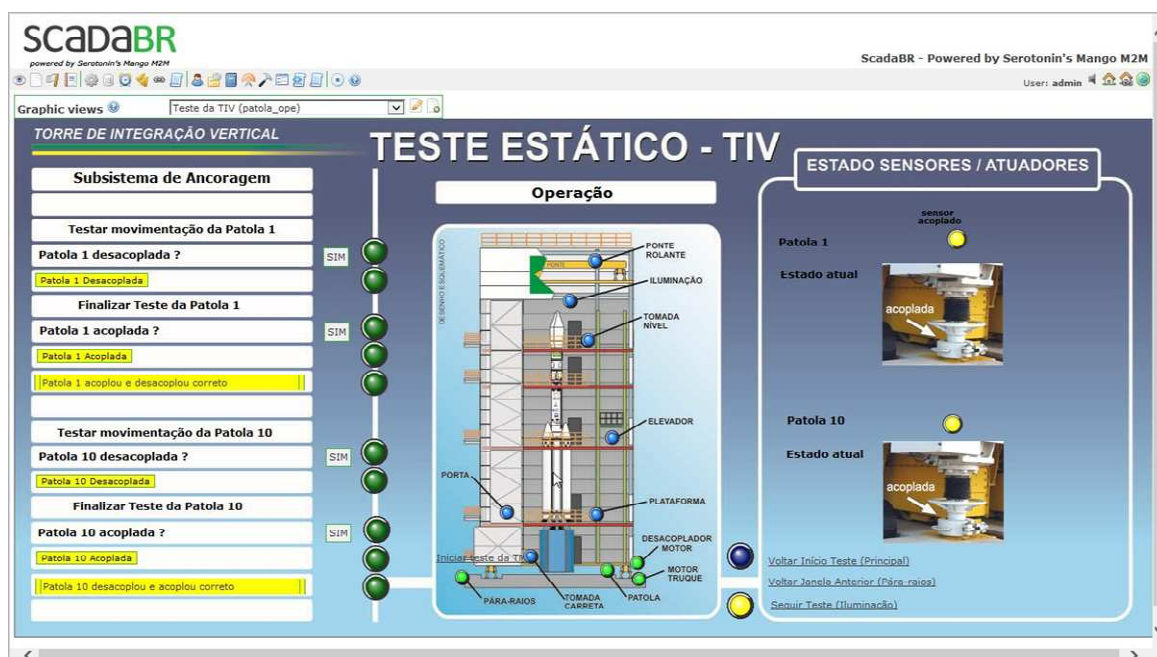


Figura 44 – Teste do Subsistema de Ancoragem.

Exemplo de resultado com êxito dos testes do Subsistema de Ancoragem é apresentado na Figura 44.

3.8.4 Módulo subsistema de iluminação (acionar)

Após a seleção do campo “Patola 10 Acoplada?” contido na janela do teste do Subsistema de Ancoragem, o algoritmo permite o acesso à janela que contém os campos de teste para acionar o Subsistema de Iluminação, conforme apresentado na Figura 45.

É necessário que o responsável pelo teste do subsistema de iluminação realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja acionado o subsistema de iluminação da torre, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Iluminação acionada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações:
 - i) verifica se o estado do sensor do módulo avaliado está conforme a

parametrização, ii) efetua o registro do atual estado, e iii) apresenta o resultado obtido.

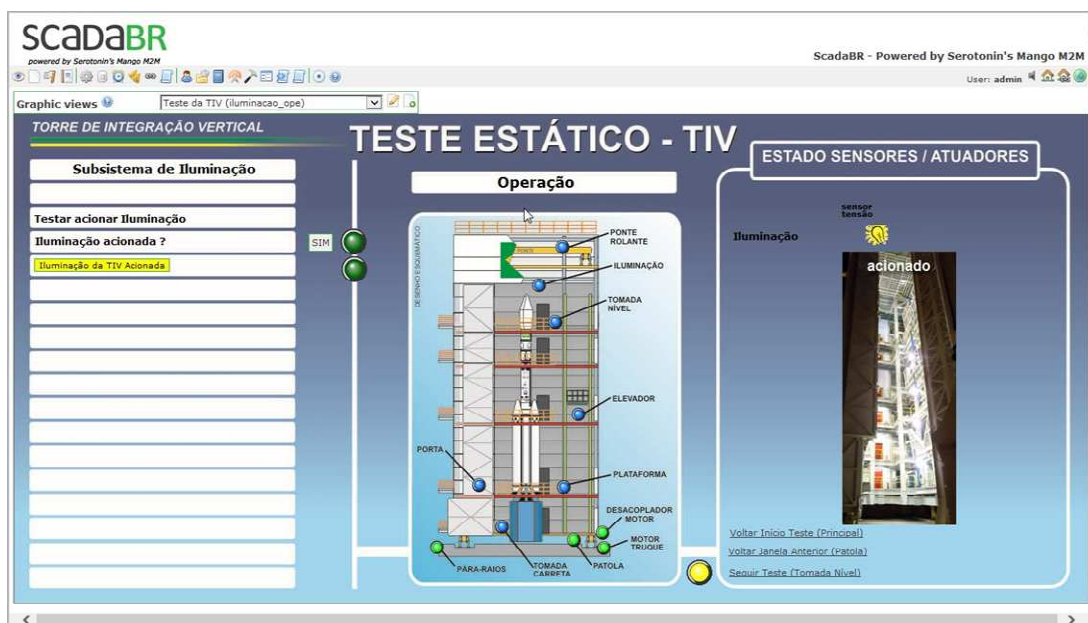


Figura 45 – Teste do Subsistema de Iluminação (acionar).

Exemplo de resultado com êxito dos testes do acionamento do Subsistema de Iluminação é apresentado na Figura 45.

3.8.5 Módulo tomadas de nível

Após a seleção do campo “Iluminação Acionada?” contido na janela do teste do Subsistema de Iluminação, o algoritmo permite o acesso à janela que contém os campos de teste das Tomadas de Nível, conforme apresentado na Figura 46.

É necessário que o responsável pelo teste das tomadas de nível realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja energizada a tomada de nível em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.

- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Tomada energizada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) verifica se o estado do sensor do módulo avaliado está conforme a parametrização, ii) efetua o registro do atual estado, e iii) apresenta o resultado obtido.
- Solicitar para a equipe de apoio que seja medida a corrente e tensão da tomada de nível em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Selecionar por meio do campo “Teste de corrente e tensão está correto?” o estado para tarefa realizada.
- Solicitar para a equipe de apoio que seja desenergizada a tomada de nível em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Tomada desenergizada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) verifica se o estado do sensor do módulo avaliado está conforme a parametrização, ii) efetua o registro do atual estado, e iii) apresenta os resultados obtidos.

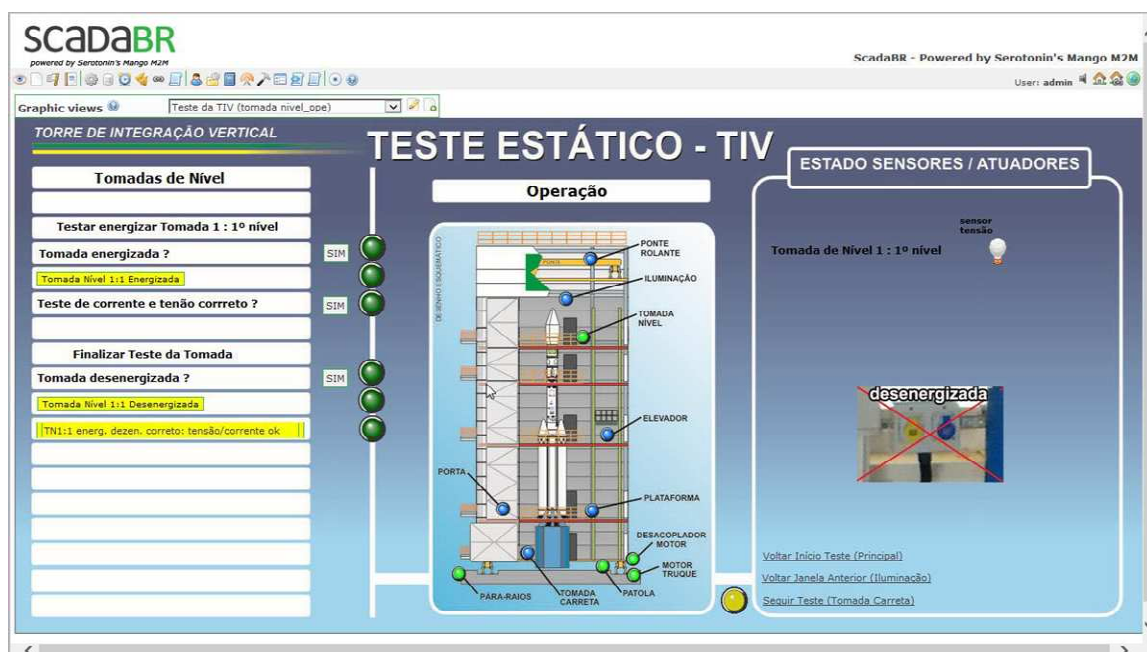


Figura 46 – Teste das Tomadas de Nível.

Exemplo de resultado com êxito dos testes das Tomadas de Nível é apresentado na Figura 46.

3.8.6 Módulo tomadas da carreta

Após a seleção do campo “Tomada desenergizada?” contido na janela do teste das Tomadas de Nível, o algoritmo permite o acesso à janela que contem os campos de teste das Tomadas da Carreta, conforme apresentado na Figura 47.

É necessário que o responsável pelo teste das tomadas da carreta realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja energizada a tomada da carreta em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Tomada energizada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações:
 - i) verifica se o estado do sensor do módulo avaliado está conforme a

parametrização, ii) efetua o registro do atual estado, e iii) apresenta o resultado obtido.

- Solicitar para a equipe de apoio que seja medida a corrente e tensão da tomada de nível em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Selecionar por meio do campo “Teste de corrente e tensão está correto?” o estado para tarefa realizada.
- Solicitar para a equipe de apoio que seja desenergizada a tomada da carreta em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Tomada desenergizada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) verifica se o estado do sensor do módulo avaliado está conforme a parametrização, ii) efetua o registro do atual estado, e iii) apresenta os resultados obtidos.

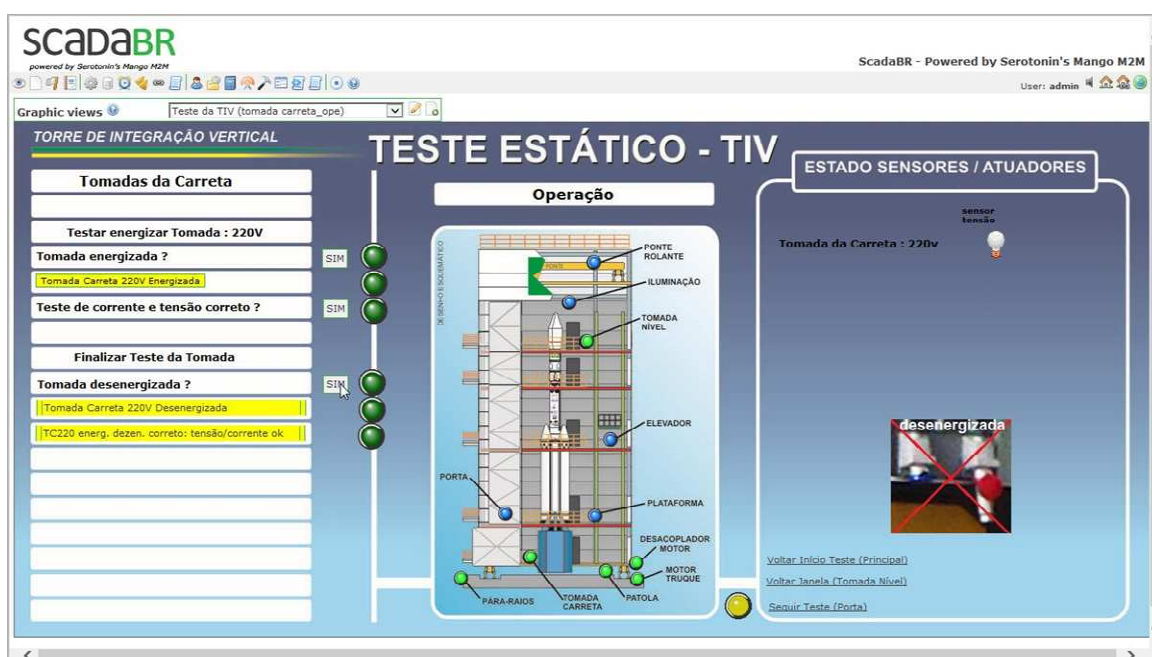


Figura 47 – Teste das Tomadas da Carreta.

Exemplo de resultado com êxito dos testes das Tomadas da Carreta é apresentado na Figura 47.

3.8.7 Módulo portas (abrir)

Após a seleção do campo “Tomada desenergizada?” contido na janela do teste das Tomadas da Carreta, o algoritmo permite o acesso à janela que contem os campos de teste para abertura das Portas, conforme apresentado na Figura 48.

É necessário que o responsável pelo teste das portas realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja registrado o tempo de movimentação da porta em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Acionará o comando para ativar os atuadores de movimentação da porta em questão para o estado atuado.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Porta aberta?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) verifica se os estados dos sensores do módulo avaliado está conforme a parametrização, ii) efetua o registro dos atuais estados, e iii) apresenta os resultados obtidos.
- Selecionar por meio do campo “Tempo para abrir?” o tempo de movimentação da porta em questão informado pela equipe de apoio.
- Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) verifica se o tempo informado do módulo em questão está conforme a parametrização, ii) efetua o registro do resultado dessa verificação, e iii) apresenta o resultado obtido.

o Se ocorrer divergências com relação aos valores parametrizados nos sensores do equipamento em questão, o algoritmo enviará comando para a

interface gráfica emitir sinalização visual com alerta que não haverá teste da ponte rolante.

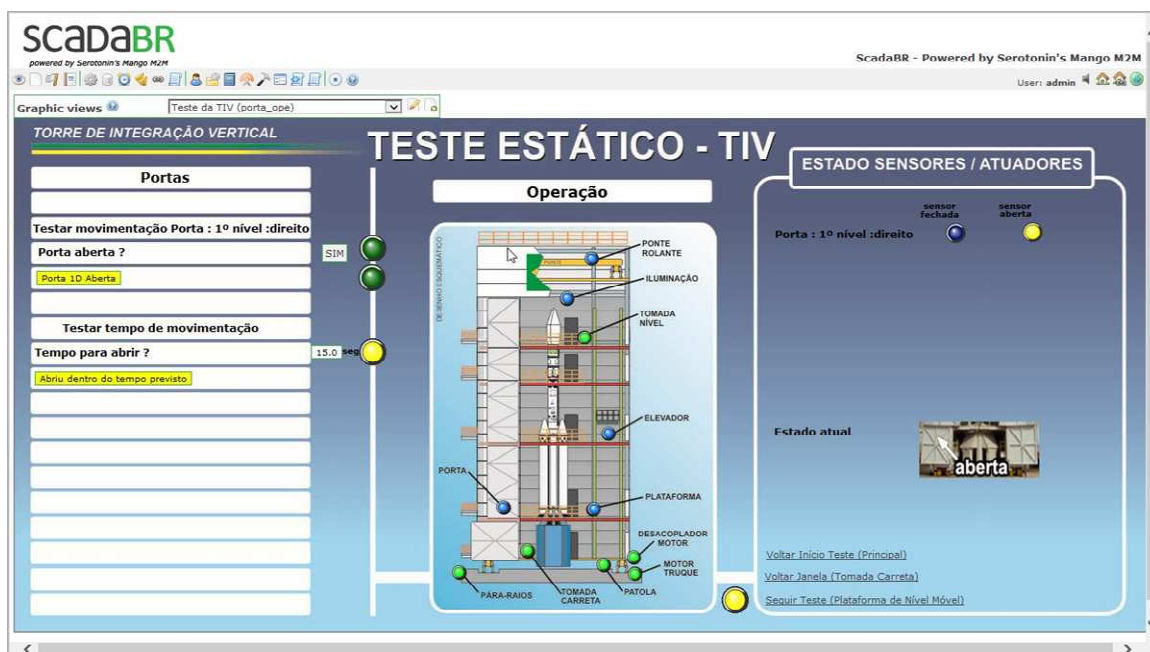


Figura 48 – Teste das Portas (abrir).

Exemplo de resultado com êxito dos testes da abertura das Portas é apresentado na Figura 48.

3.8.8 Módulo plataformas (movimentar)

Após a seleção do campo “Tempo para abrir?” contido na janela do teste abertura das Portas, o algoritmo permite o acesso à janela que contem os campos de teste das Plataformas de Nível Móveis em posição movimentadas, conforme apresentado na Figura 49.

É necessário que o responsável pelo teste das plataformas de nível móveis realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja registrado o tempo de movimentação da plataforma em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.

- Acionará o comando para ativar os atuadores de movimentação da plataforma em questão para o estado atuado.
 - Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Plataforma levantada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) verifica se os estados dos sensores do módulo avaliado está conforme a parametrização, ii) efetua o registro dos atuais estados, e iii) apresenta os resultados obtidos.
 - Selecionar por meio do campo “Tempo para levantar?” o tempo de movimentação da porta em questão informado pela equipe de apoio.
 - Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) verifica se o tempo informado do módulo em questão está conforme a parametrização, ii) efetua o registro do resultado dessa verificação, e iii) apresenta o resultado obtido.
- o Se ocorrer divergências com relação aos valores parametrizados nos sensores do equipamento em questão, o algoritmo enviará comando para a interface gráfica emitir sinalização visual com alerta que não haverá teste da ponte rolante.

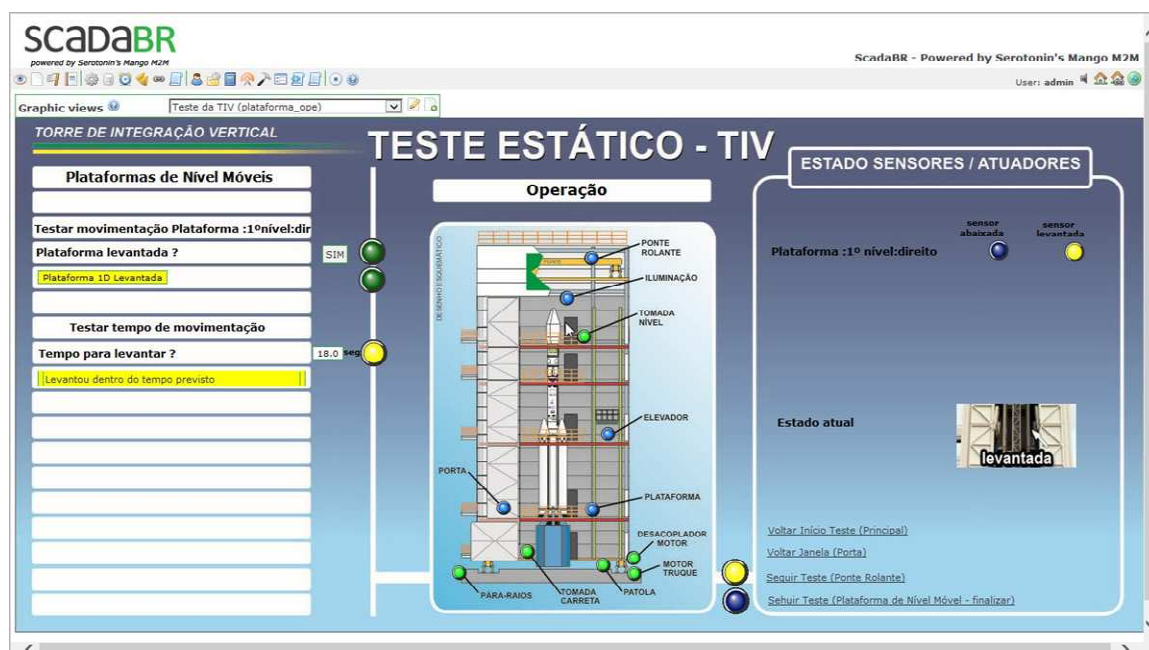


Figura 49 – Teste das Plataformas de Nível Móveis (movimentar).

Exemplo de resultado com êxito dos testes das Plataformas de Nível Móveis atuadas é apresentado na Figura 49.

3.8.9 Módulo ponte rolante

Após a seleção do campo “Tempo para levantar?” contido na janela do teste das Plataformas de Nível Móveis atuadas, o algoritmo permite o acesso à janela que contem os campos de teste da Ponte Rolante, conforme apresentado na Figura 50, porém somente se não ocorrer desconformidades na abertura das portas e movimentação das plataformas de nível móveis.

É necessário que o responsável pelo teste da ponte rolante realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja acionada e movimentada a ponte rolante em todas as posições de operação possíveis, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.

- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Ponte Rolante acionada e movimentada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) efetua o registro do atual estado do módulo em questão, e ii) apresenta o resultado obtido.
- Solicitar para a equipe de apoio que seja retornado a posição inicial e desacionado o módulo em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Ponte Rolante desacionada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) efetua o registro do atual estado do módulo em questão, e ii) apresenta os resultados obtidos.

o Se ocorrer problemas ao desacionar e/ou retornar a ponte rolante a posição inicial, o algoritmo enviará comando para a interface gráfica emitir sinalização visual com alerta que não haverá teste das plataformas de nível móveis para posição inicial e teste do fechamento das portas.

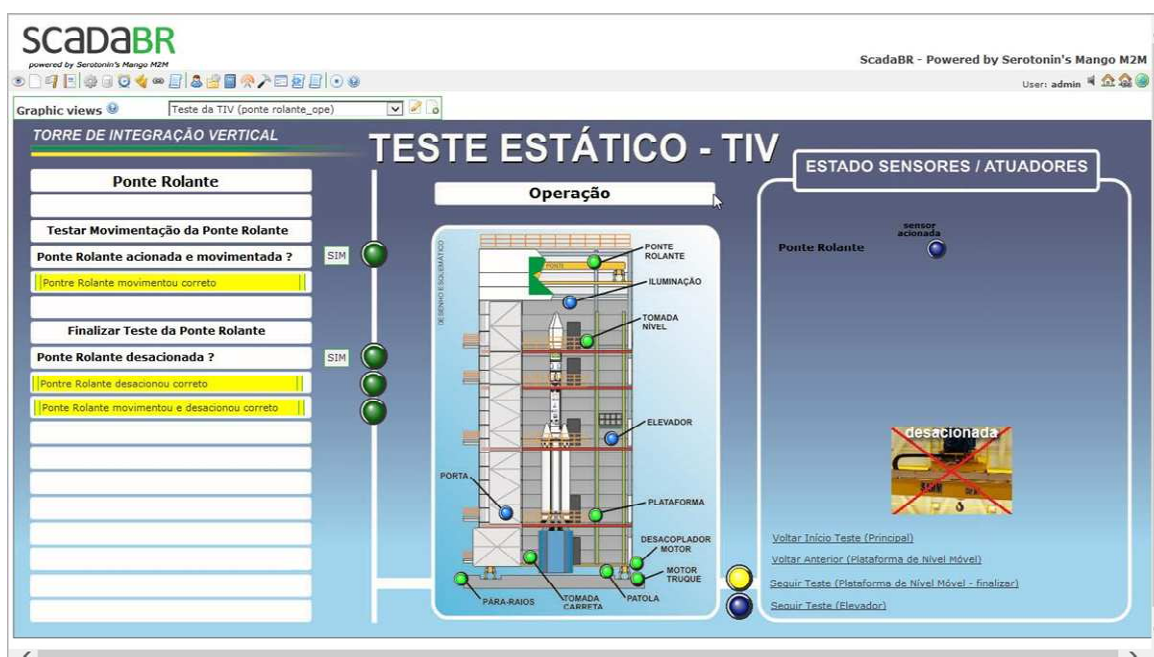


Figura 50 – Teste da Ponte Rolante.

Exemplo de resultado com êxito dos testes da Ponte Rolante é apresentado na Figura 50.

3.8.10 Módulo plataformas (finalizar)

Após a seleção do campo “Ponte Rolante desacionada?” contido na janela do teste da Ponte Rolante, o algoritmo permite o acesso à janela que contem os campos de teste das Plataformas de Nível Móveis em posição inicial, conforme apresentado na Figura 51, porém somente se não ocorrerem desconformidades ao desacionar e/ou retornar a ponte rolante a posição inicial.

É necessário que o responsável pelo teste das plataformas de nível móveis realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja registrado o tempo de movimentação da plataforma em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Acionar o comando para ativar os atuadores de movimentação da plataforma em questão para o estado inicial.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Plataforma abaixada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) verifica se os estados dos sensores do módulo avaliado está conforme a parametrização, ii) efetua o registro dos atuais estados, e iii) apresenta os resultados obtidos.
- Selecionar por meio do campo “Tempo para abaixar?” o tempo de movimentação da porta em questão informado pela equipe de apoio.
- Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) verifica se o tempo informado do módulo em questão está conforme a parametrização, ii) efetua o registro do resultado dessa verificação, e iii) apresenta os resultados obtidos.

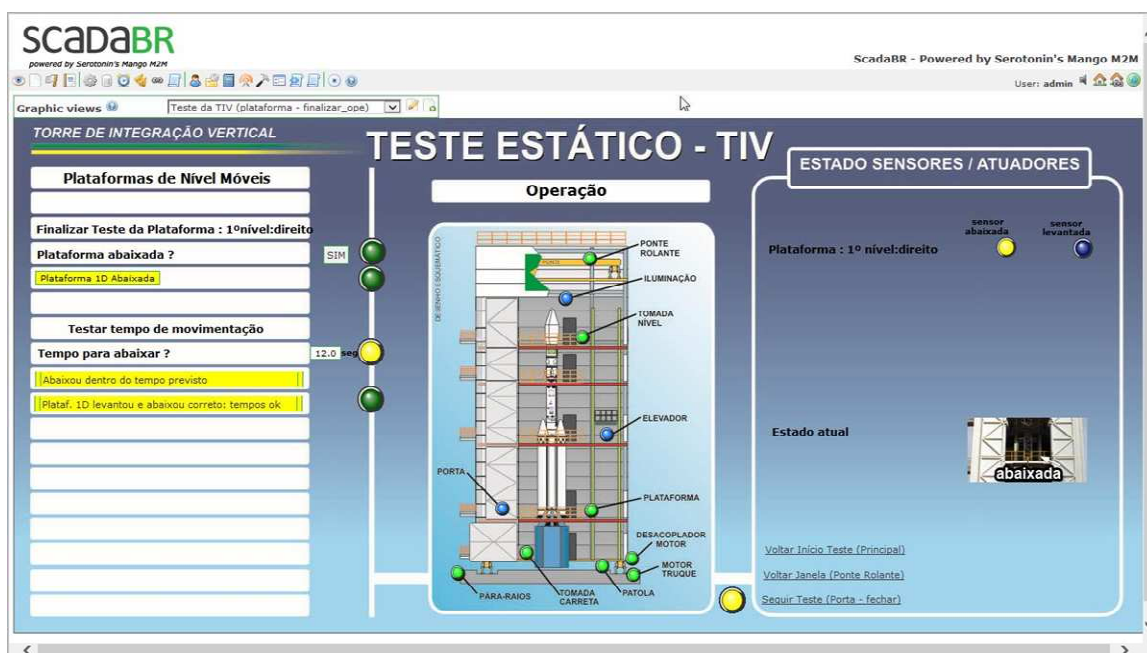


Figura 51 – Teste das Plataformas de Nível Móveis (finalizar).

Exemplo de resultado com êxito dos testes da Plataforma de Nível Móveis na posição inicial é apresentado na Figura 51.

3.8.11 Módulo portas (fechar)

Após a seleção do campo “Tempo para abaixar?” contido na janela do teste das Plataformas de Nível Móveis em posição inicial, o algoritmo permite o acesso à janela que contem os campos de teste para fechar as Portas, conforme apresentado na Figura 52, porem somente no se não ocorrer desconformidades ao desacionar e/ou retornar a ponte rolante a posição inicial.

É necessário que o responsável pelo teste das portas realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja registrado o tempo de movimentação da porta em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.

- Acionará o comando para ativar os atuadores de movimentação da porta em questão para o estado inicial.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Porta fechada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) verifica se os estados dos sensores do módulo avaliado está conforme a parametrização, ii) efetua o registro dos atuais estados, e iii) apresenta os resultados obtidos.
- Selecionar por meio do campo “Tempo para fechar?” o tempo de movimentação da porta em questão informado pela equipe de apoio.
- Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) verifica se o tempo informado do módulo em questão está conforme a parametrização, ii) efetua o registro do resultado dessa verificação, e iii) apresenta os resultados obtidos.

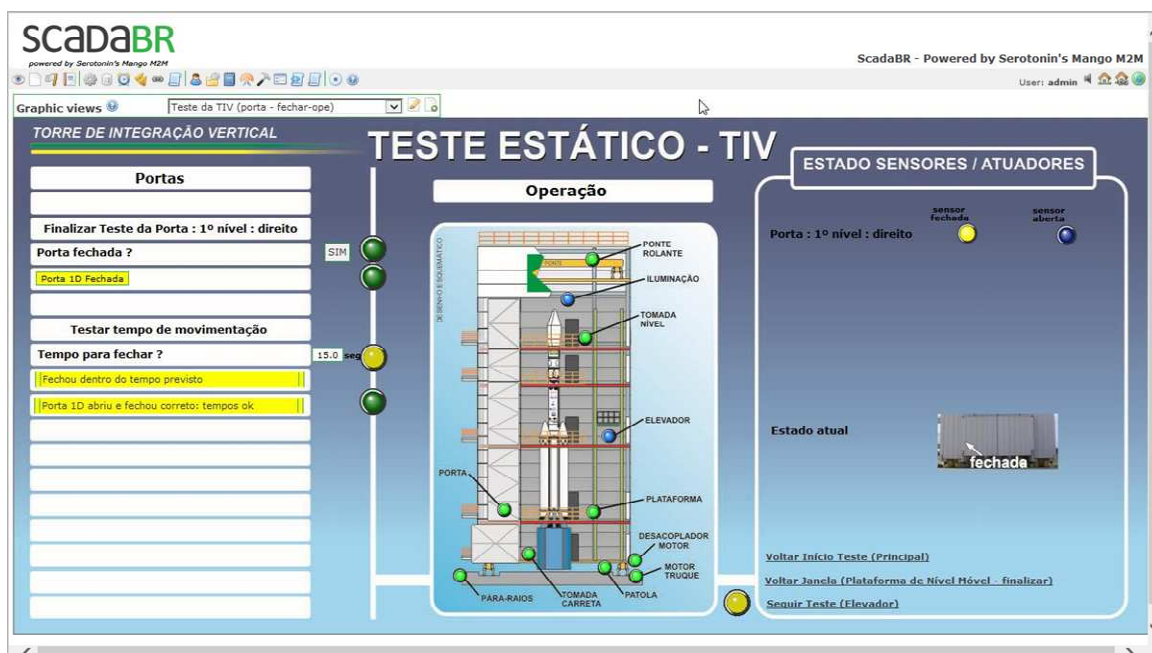


Figura 52 – Teste das Portas (fechar).

Exemplo de resultado com êxito dos testes para fechar as Portas é apresentado na Figura 52.

3.8.12 Módulo elevador

Após a seleção do campo “Tempo para fechar?” contido na janela do teste para fechar as Portas, o algoritmo permite o acesso à janela que contém os campos de teste do Elevador, conforme apresentado na Figura 53, porém somente na hipótese de não ocorrer desconformidades na ponte rolante. Se ocorrer desconformidades, o algoritmo permite o acesso à janela que contém os campos de teste do Elevador após a seleção do campo “Ponte Rolante está desacionada?” contido na janela do teste Ponte Rolante.

É necessário que o responsável pelo teste do elevador realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja acionado e movimentado o elevador em todos os níveis de operação possíveis, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Elevador acionado e movimentado?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) efetua o registro do atual estado do módulo em questão, e ii) apresenta o resultado obtido.
- Solicitar para a equipe de apoio que seja retornado a posição inicial e desacionado o módulo em questão, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Elevador desacionado?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações: i) efetua o registro do atual estado módulo em questão, e ii) apresenta os resultados obtidos.

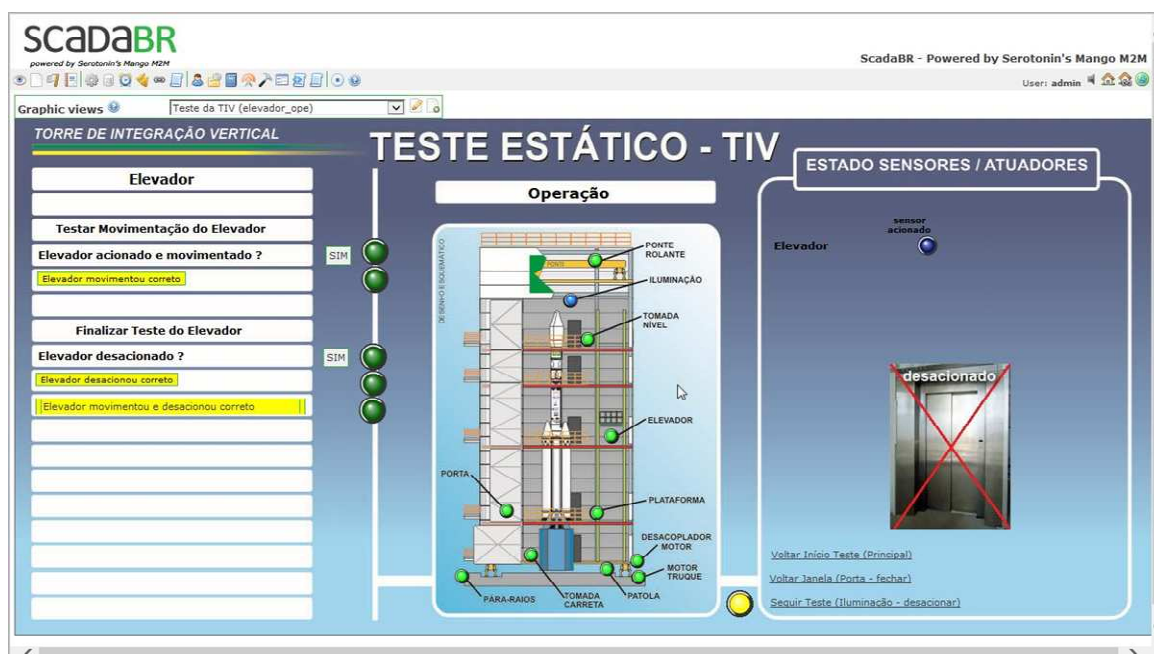


Figura 53 – Teste Elevador.

Exemplo de resultado com êxito dos testes Elevador é apresentado na Figura 53.

3.8.13 Módulo subsistema de iluminação (desacionar)

Após a seleção do campo “Elevador desacionado?” contido na janela do teste do Elevador, o algoritmo permite o acesso à janela que contem os campos de teste para desacionar o Subsistema de Iluminação, conforme apresentado na Figura 54.

É necessário que o responsável pelo teste do subsistema de iluminação realize as seguintes tarefas:

- Solicitar para a equipe de apoio que seja desacionado o subsistema de iluminação da torre, sendo que o resultado dessa tarefa será informado verbalmente ao responsável pela execução dos testes.
- Selecionar a condição de tarefa realizada (“SIM”) no campo “Iluminação desacionada?”. Após essa seleção o algoritmo realizará as seguintes ações:
 - i) verifica se o estado do sensor do módulo avaliado está conforme a

parametrização, ii) efetua o registro do atual estado, e iii) apresenta os resultados obtidos.

- Selecionar por meio do campo “Fim do Teste” se é para finalizar o teste da torre. Após a seleção da condição (“SIM”) o algoritmo realizará as seguintes ações: i) finaliza o teste, ii) envia comando para a interface gráfica emitir sinalização visual com o resultado do teste, e iii) se todos os testes executados foram realizados com êxito, efetua o registro com data do teste em questão e meses da validade do teste.

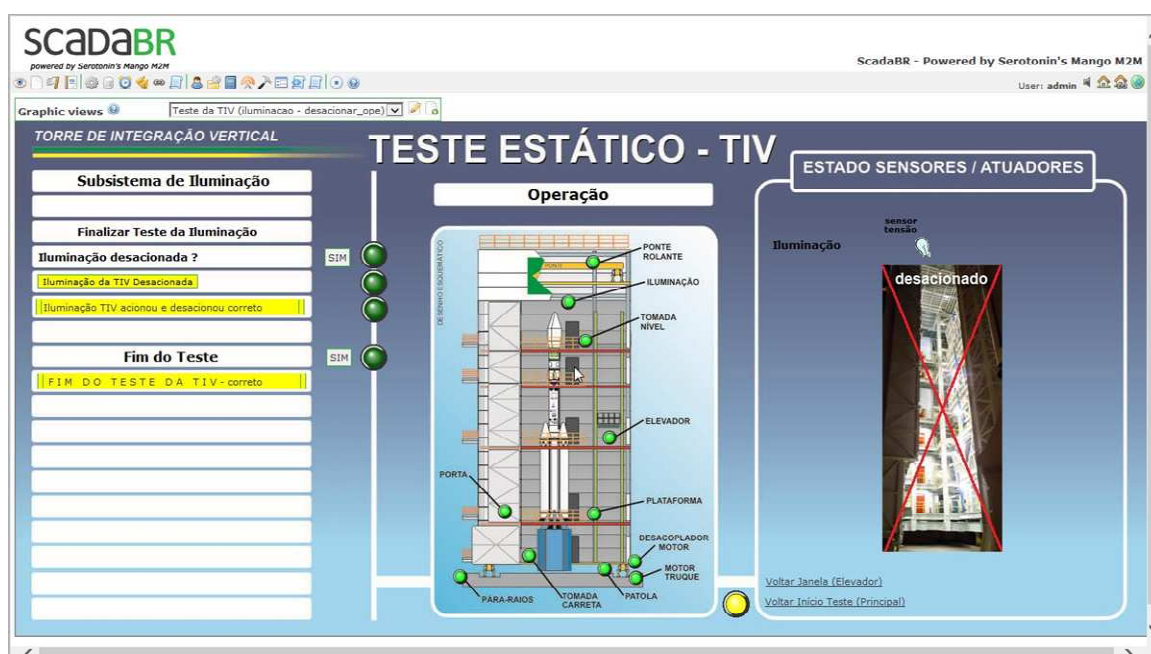


Figura 54 – Teste do Subsistema de Iluminação (desacionar).

Exemplo de resultado com êxito dos testes Subsistema de Iluminação e Fim do Teste é apresentado na Figura 54.

3.8.14 Resultado dos testes

Os registros detalhados que estão relacionados com os testes dos equipamentos e/ou subsistemas é apresentado na Figura 55, sendo que essas informações são armazenadas na base de dados que é denominada “teste”, com os seguintes campos: i) identificação do equipamento testado, ii) equipamento testado,

iii) data e hora da operação, iv) código do operador de apoio do equipamento em questão, e v) resultado do teste de cada equipamento e/ou subsistema.

SQL properties

Name: SQL_teste

Export ID (XID): DS_851178

Update period: 5 minutes(s)

Driver class name: com.mysql.jdbc.Driver

Connection string: jdbc:mysql://localhost:3306/tmi

Username: root

Password:

Select statement: SELECT m.* FROM teste m

Row-based query: ☒

Event alarm levels:

Data source exception: Urgent

Statement exception: Urgent

Points

Name	Data type	Status	Row identifier
DMA	Alphanumeric		DMA
DMB	Alphanumeric		DMB
DMC	Alphanumeric		DMC
DMD	Alphanumeric		DMD
FI	Alphanumeric		FI

Statement test

Execute

identificacao (VARCHAR)	equipamento (VARCHAR)	ts (TIMESTAMP)	codigo_resp_apoio (INT)	resultado (VARCHAR)
DMA	Desacoplador Motor A	2013-10-24 17:45:48.0	50	Desacoplador A desacoplou e acoplou correto
MTA	Motor A	2013-10-24 17:50:30.0	0	Motor A funcionou correto: tempos giro ok
PRD	Pára-raios Direito	2013-10-24 17:45:48.0	50	Cabo Pára-raios Dir. desconectou/connectou correto
TC220	Tomada carreta	2013-10-24 17:50:30.0	65	TC220 energ. dezen. correto: tensão/corrente ok
PA1	Patola	2013-10-24 17:45:43.0	50	Patola 1 acoplou e desacoplou correto
IL	Iluminação TIV	2013-10-24 17:45:42.0	65	Iluminação TIV acionou e desacionou correto
TN11	Tomada nível	2013-10-24 17:45:43.0	65	TN11:1 energ. dezen. correto: tensão/corrente ok
PE	Ponte rolante	2013-10-24 17:45:42.0	99	Ponte Rolante movimentou e desacionou correto
PO1D	Porta	2013-10-24 17:50:30.0	0	Porta 1D abriu e fechou correto: tempos ok
PL1D	Plataforma	2013-10-24 17:50:30.0	0	Plataf. 1D levantou e abaixou correto: tempos ok
EL	Elevador	2013-10-24 15:39:59.0	99	Elevador movimentou e desacionou correto
PA10	Patola	2013-10-24 17:45:43.0	50	Patola 10 desacoplou e acoplou correto

Figura 55 – Registros da operação de teste.

A Figura 56 apresenta os registros da operação de teste, que são armazenados na base de dados que é denominada "operacao", a qual possui os seguintes campos: i) código do responsável pela operação, ii) código do responsável pelo teste, iii) tipo de operação, iv) posição da torre, v) data da operação, vi) hora da operação, vii) tempo de validade do teste, e viii) registro de operação.

ScadaBR - Powered by Serotonin's Mango M2M

User: admin

codigo_resp_operacao (INT)	ts (TIMESTAMP)	codigo_resp_comando (INT)	tipo_operacao (CHAR)	posicao_tiv (VARCHAR)	data_operacao (DATE)	hora_operacao (TIME)	tempo_validade (INT)	registro_op
1	2013-10-24 15:20:16.0	20	Estático	Integração	2013-10-24	15:20:15	3	

CA Sistemas, Unis Sistemas, Conetec. All rights reserved.

Figura 56 - Registros da operação.

O relatório que é emitido pelo sistema após a execução do algoritmo de teste de equipamentos e/ou subsistemas da torre é apresentado na Figura 57.

Teste_Estático_TIV

Run time start 2013/10/24 16:16
Run duration 9.15s
Date range 2013/10/24 16:15 to 2013/10/24 16:16
Records 0

Statistics

DSM_scripts_desacoplador - DP_script_DMA_teste Data type Alphanumeric Start Desacoplador A desacoplou e acoplou correto Count 0	DSM_scripts_motor - DP_script_MTA_teste Data type Alphanumeric Start Motor A funcionou correto: tempos giro ok Count 0
DSM_scripts_para_raios - DP_script_PRD_teste Data type Alphanumeric Start Cabo Pára-raios Dir. desconectou/conectou correto Count 0	DSM_scripts_patola1 - DP_script_PA1_teste Data type Alphanumeric Start Patola 1 acoplou e desacoplou correto Count 0
DSM_scripts_patola10 - DP_script_PA10_teste Data type Alphanumeric Start Patola 10 desacoplou e acoplou correto Count 0	DSM_scripts_iluminacao - DP_script_IL_teste Data type Alphanumeric Start Iluminação TIV acionou e desacionou correto Count 0
DSM_scripts_tomada_nivel - DP_script_TN11_teste Data type Alphanumeric Start TN11: energ. dezen. correto: tensão/corrente ok Count 0	DSM_scripts_tomada_carreta - DP_script_TC220_teste Data type Alphanumeric Start TC220 energ. dezen. correto: tensão/corrente ok Count 0
DSM_scripts_porta - DP_script_PO1D_teste Data type Alphanumeric Start Porta 1D abriu e fechou correto: tempos ok Count 0	DSM_scripts_plataforma - DP_script_PL1D_teste Data type Alphanumeric Start Plataf. 1D levantou e abaixou correto: tempos ok Count 0
DSM_scripts_ponte_rolante - DP_script_PE_teste Data type Alphanumeric Start Ponte Rolante movimentou e desacionou correto Count 0	DSM_scripts_elevador - DP_script_EL_teste Data type Alphanumeric Start Elevador movimentou e desacionou correto Count 0

Events

Figura 57 - Resultados do teste realizado.

No relatório apresentado na Figura 57 pode ser observado que estão previstos campos dedicados para explicitar principalmente o resultado apresentado

por cada equipamento e/ou subsistema avaliado e data de finalização do teste em questão.

Com a meta de avaliar a capacidade do sistema proposto em identificar a existência de não conformidade operacional, foram simuladas condições de manifestação de falhas nos equipamentos e/ou subsistemas submetidos aos testes. Nesse sentido, a Figura 58 mostra as seguintes sinalizações visuais apresentadas para o operador do sistema por meio da Janela - Portas da interface gráfica, quando ocorre falha no fechamento de uma porta na fase de testes: i) campo com texto “Erro ao Fechar Porta 1D”, ii) sinalização visual com indicação de Erro, ativada (vermelha), para o campo “Porta fechada ?”, iii) campo com texto “Não fechou dentro do tempo previsto”, iv) sinalização visual “Porta : 1º nível : direito” com indicação de ambos estados ativados (sensor / fechada, sensor / aberta), v) campo “Estado atual” com figura indicando “FALHA”, vi) campo com texto “Erro no teste da porta 1D”, e vii) sinalização visual com indicação de Erro, ativada (vermelha), para o resultado final de testes da porta em questão.

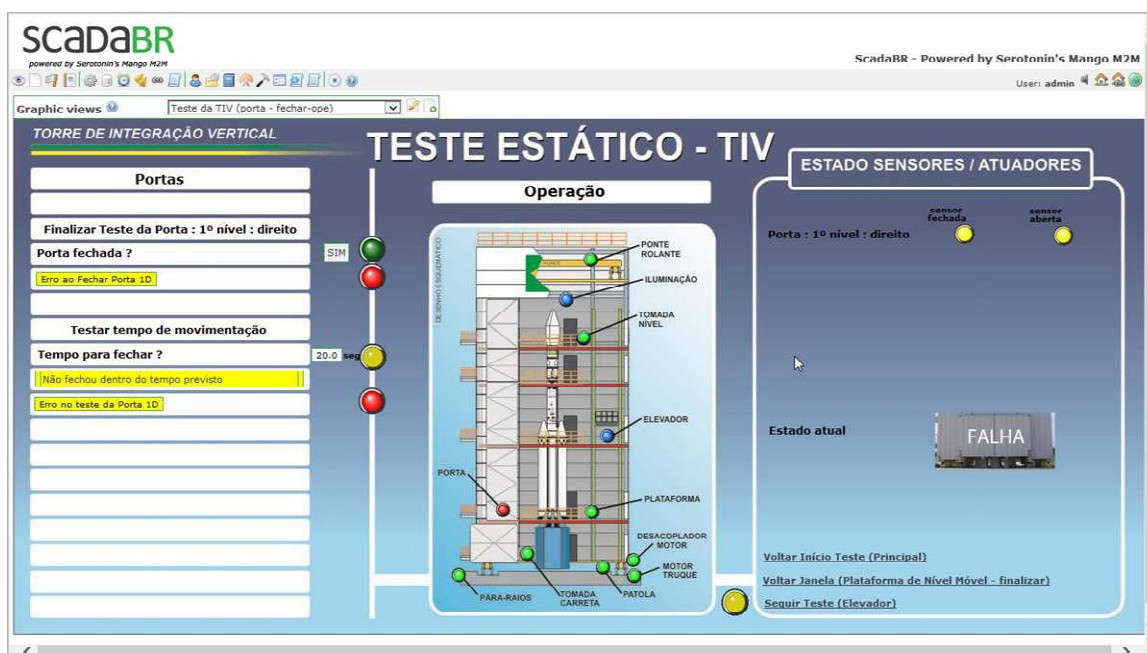


Figura 58 – Indicação de falha no teste da porta.

Para complementar e formalizar por meio de relatório as sinalizações apresentadas na Janela - Porta da interface gráfica na fase de testes das Portas, o

sistema emite relatório explicitando a não conformidade identificada, conforme apresentado na Figura 59.

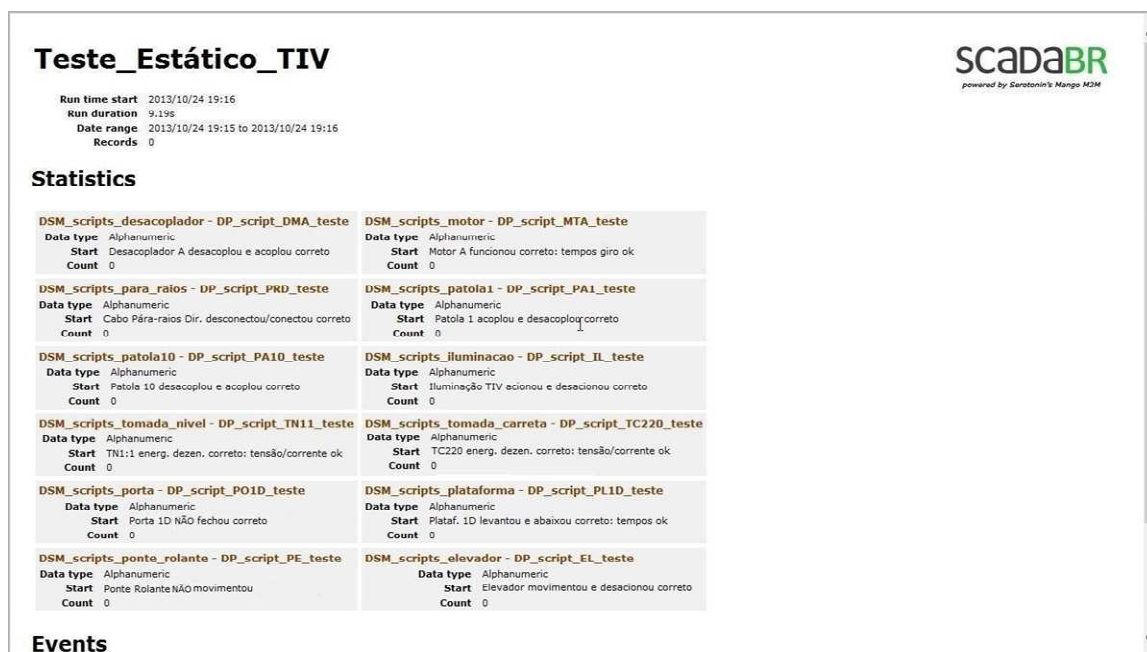


Figura 59 – Relatório com indicação de falha na porta.

Conforme pode ser observado nos resultados dos testes práticos apresentados nas janelas e relatórios, o sistema é capaz de executar os testes de equipamentos e/ou subsistemas instalados na Torre de Integração Vertical (TIV).

CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES

Os resultados positivos obtidos nos testes práticos realizados com o algoritmo proposto neste trabalho sugerem que o sistema quando for implementado será capaz de realizar o autoteste de equipamentos e/ou subsistemas instalados na Torre de Integração Vertical (TIV), auxiliando a tarefa de avaliação da condição operacional dos mesmos antes de sua plena utilização durante a campanha de lançamento.

Essa situação favorece a segurança dos seus operadores e usuários, além de minimizar o estresse físico e psicológico que é ocasionado por situação de ocorrência de manutenção corretiva na fase de lançamento do veículo espacial.

Esse sistema por ter sido elaborado de forma modular poderá ter a seqüência dos módulos alterada conforme ampliação ou outra necessidade de aplicação em testes.

Os objetivos estabelecidos para este trabalho foram alcançados, principalmente no que concerne à apresentação de uma proposta de um algoritmo para realizar um autoteste de sensores e/ou atuadores em equipamentos na Torre de Integração Vertical de um setor de preparação e lançamento de veículos espaciais.

Os resultados satisfatórios observados nos testes práticos que foram realizados com o protótipo representativo da arquitetura proposta neste trabalho mostram que o sistema é factível e pode ser implementado para a aplicação a qual se destina.

Os componentes gráficos previstos nas janelas de simulação foram suficientes para atender a aplicação em questão, com expressividade para o entendimento do operador do sistema e distribuídos de maneira que torna a sua utilização intuitiva.

No contexto da inovação cabe destacar como principal contribuição a aplicação do autoteste não só para os Equipamentos Elétricos de Suporte em Solo (*Electrical Ground Support Equipment* - EGSE), mas também para os equipamentos e/ou subsistemas instalados na Torre de Integração Vertical (TIV), o que estabelece uma situação que privilegia o aumento da segurança de pessoas e da missão de lançamento.

Como trabalho futuro é sugerido a implementação desse algoritmo na arquitetura lógica da nova Torre Móvel de Integração (TMI) instalada no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA).

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 14620-1, **Sistemas espaciais – Requisitos de segurança Parte 1: Segurança de sistema**, 1ª Edição, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Brasil, 2009.

ABNT NBR ISO 14620-2, **Sistemas espaciais – Requisitos de segurança Parte 2: Operação de centro de lançamento**, 1ª Edição, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Brasil, 2009.

ABNT NBR ISO 14620-3, **Sistemas espaciais – Requisitos de segurança Parte 3: Sistemas de segurança de vôo**, 1ª Edição, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Brasil, 2009.

ALTUS, **Unidade de Terminal Remota**. Disponível em: http://www.altus.com.br/site_ptbr/index.php?option=com_content&view=article&id=642&Itemid=297. Acesso em 03 de junho de 2013.

BALLUFF. **Sensores de Proximidade Indutivos**. Disponível em: [http://www.balluff.com.br/admin/produtos/linhas/arquivos-pdf/1/Sensores%20Indutivos%20DC%203%20ou%204%20Fios%20\(BR\).pdf](http://www.balluff.com.br/admin/produtos/linhas/arquivos-pdf/1/Sensores%20Indutivos%20DC%203%20ou%204%20Fios%20(BR).pdf). Acesso em: 31 de Julho de 2013.

CLA, Centro de Lançamento de Alcântara, **Revista Espaço Brasileiro**. Disponível em: <http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2012/12/Revista-EB.pdf>. Acesso em 05 de fevereiro de 2013, número 14, 2012, pg. 13.

DUTTA, A., ALAMPALLY, S., KUMAR, A. PAREKHJI, R. A., **A BIST Implementation Framework for Supporting Field Testability and Configurability in an Automotive SOC**, Texas Instruments, Bangalore, Índia, 2007, pg. 1-6.

FERRARI, F., CECHINEL, C., **Introdução a Algoritmos e Programação**, Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, novembro 2008, pg. 15 -18.

FREEMIND, User Guide, **Open Source Mind-Mapping Software**, version 0.8.0, Shailaja Kumar, Release 0.9.0, 2006. Disponível em: [http://freemind.sourceforge.net/FreeMind%20User%20Guide%20by%20Shailaja%20Kumar%20\(manual\).pdf](http://freemind.sourceforge.net/FreeMind%20User%20Guide%20by%20Shailaja%20Kumar%20(manual).pdf). Acesso em: 06 de junho de 2013.

GEORGINI, M., **Automação Aplicada**, São Paulo. Editora Érica, 2003.

GONÇALVES, A., DOLINSKY, M. M., FAZOLLI, S., “**O veículo lançador de satélites**”, Seminários temáticos para a 3ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, 2005, vol. 1, pg. 559-580.

GUDWIN, R. R., **Linguagens de Programação**, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial, Notas de aula para a disciplina EA877, Mini e Microcomputadores: Software, 1997, pg. 1 –15.

FOWLER, M., **UML Essencial**, 3ª ed., Porto Alegre, Bookman, 2005. Disponível em: http://books.google.com.br/books?id=1rWK_0ginbcC&pg=PR2&lpg=PR2&dq=FOWLER,+Martin.+UML+Essencial.+3+ed.+Porto+Alegre:+Bookman,+2005.&source=bl&ots=rRPfyl3cUj&sig=6j5JLHXyOMs6t-JBx09xEXi-eF4&hl=pt-BR&sa=X&ei=Ug-_UffiElvA9QSfu4G4DQ&ved=0CDEQ6AEwAQ#v=onepage&q=FOWLER%2C%20Martin.%20UML%20Essencial.%203%20ed.%20Porto%20Alegre%3A%20Bookman%2C%202005.&f=false. Acesso em 17 de junho de 2012.

GEORGINI, M., **Automação Aplicada**, São Paulo. Editora Érica, 2003.

HAO, J., XUEMEI, W., YAN, X., BINYOU, L., **Incorporatin Design Research for Missile Testein in PXI Based on BIT and ATE**, The Eighth International Conference on Electronic Measurement and Instruments, Harbin, China, 2007, pg. 2 -5.

IAE, Instituto de Aeronáutica e Espaço, **Relatório de Atividades**, São José dos Campos – SP, Brasil, 2010, vol. 1, pg. 8-11.

JUNIOR, O. M. G., **Proposta de Sistema Automatizado para Comunicação e Restabelecimento de Energia Elétrica: Aplicação em Plataforma de Lançamento de Veículos Espaciais**, Universidade de Taubaté, Taubaté – SP, 2012.

KAYSER, V., **LAUNCHING SPACE OBJECTS: ISSUES OF LIABILITY AND FUTURE PROSPECTS**, Space Regulations Library, Volume 1, Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 2004, pg. 5 -9.

KIPPER, M. M., **Proposta de Metodologia de Engenharia de Domínio para o Desenvolvimento de Sistemas de Automação Industrial**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Elétrica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, 2010, pg. 40 -41.

LEÃO, E. M., **Uma Arquitetura de Sensores Inteligentes Disparada por Eventos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2007, pg. 5.

MARQUES, C. F., **Estratégia de Gestão da Produção e Operação**, Curitiba, PR, Brasil, 2012, pg. 40.

MARTINS, G. M., **Princípios de Automação Industrial**, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia Departamento de Eletromecânica e Sistemas de Potência, ESP1009, agosto de 2012, versão 2.2, pg. 6 - 22-129 -130 -140.

MIRANDA, A. D. A., **Introdução as Rede de Computadores**, Escola Superior Aberta do Brasil, 2008, primeira edição, pg. 16 -17.

MIYAGI, P. E., **Controle Programável, Fundamentos do Controle de Sistemas a Eventos Discretos**, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, Brasil, 1996.

MORAES e CASTRUCCI, **Engenharia de Automação Industrial**, livro. Editora LTC, São Paulo, 2010.

MOHAMED, A. R., **Built-In Self-Test (BIST)**, Embedded Systems Laboratory (ESLAB), Linköping University, Sweden. Disponível em: <http://www.ida.liu.se/~zebpe/teaching/test/lec12.pdf>. Acesso em: 14 de junho de 2012.

MYSQL, **MySQL 5.1 Reference Manual**. Disponível em: <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.1/en/index.html>, 2013. Acesso em: 05 de maio de 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, **Streamlining Space Launch Range Safety**, National Academy of Sciences, Washington, D.C. EUA, 2000, pg. 14 –26.

NUNES, S. S., **Computadores e Redes de Comunicação**, Mestrado em Gestão de Informação, FEUP, 2007, pg. 5 -75.

OKI, N. e MANTOVANI, S. C. A., **Sensores e Transdutores**, Material de Apresentação do Departamento de Engenharia Elétrica, Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2009.

PALMERIO, A. F., **Introdução a Engenharia de Foguetes**, Apostila do Curso realizado no Instituto de Aeronáutica e Espaço, São José dos Campos – SP, Brasil, 2002.

PHPMYADMIN, **Documentação do PhPMyAdmin, versão 3.2.0.1**, 2009. Disponível em: <http://localhost/phpmyadmin/Documentation.html>. Acesso em: 05 de maio de 2012.

PIMENTEL, A. R., **Projeto de Software Usando a UML**, Apostila para Curso de Projeto de Sistemas Orientado a Objetos Usando a UML, julho de 2007, pg. 5 –6.

RAYSARO, M. C., **Sistema Open-Source de Supervisão Controle e Aquisição de Dados**, Universidade de Cuiabá, Faculdade de Ciência e Tecnologia, 2012, pg. 13 - 23 -35 -37.

ROSÁRIO, J. M., **Princípios de Mecatrônica**, Editora Person Prentice Hall, São Paulo, Brasil, 2005.

ROSATI, C., O Vale Leaks, **DCTA faz teste em torre de Alcântara**. Disponível em: <http://www.ovale.com.br/mobile/dcta-faz-teste-em-torre-de-alcantara-1.281433>, 2012. Acesso em: 25 de janeiro de 2013.

SCADABR, **Manual do Software**, Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras, “ScadaBR 0.9.1 Sistema Open-Source para Supervisão e Controle”, Santa Catarina, Brasil, 2010.

SIEMENS, **Controladores Lógicos Programáveis. Estrutura fixa**. Disponível em: <http://www.industry.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/Controladores-SIMATIC/simatic-micro-automacao/logo/Documents/Ficha%20Tecnica%20-%20LOGO.pdf>, 2008. Acesso em: 26 de agosto de 2012.

SIEMENS, **Advance Product News**. Disponível em: <http://www.industry.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/Documents/ADVANCE-v1.pdf>, 2010. Acesso em: 05 de fevereiro de 2013.

SILICONFAREAST, **Built-in Self Test (BIST)**. Disponível em: <http://www.siliconfareast.com/bist.htm>, 2005. Acesso em: 10 de dezembro de 2012.

SILVEIRA, P. R., **Automação e Controle Discreto**, Editora Érica, São Paulo, Brasil, 2002, 4ª Edição.

SMAR, Manual de Treinamento. **Instrumentação básica para controle de processo**, São Paulo: 2006.

TAKAI, O. K., ITALIANO, I. C., FERREIRA, J. E., **Introdução a Banco de Dados**, 2005, pg. 6 -9.

TERRA, R., **UML Introdução, Tópicos Especiais em Informática II**. Disponível em: <http://www.ricardoterra.com.br/files/resources/UML%20-%20Apostila.pdf>. Acesso em: 17 de junho de 2013.

WEG, **MOTORES ELÉTRICOS**. Disponível em: <http://portuguese.alibaba.com/product-free/weg-three-phase-motor-123999018.html>. Acesso em: 01 de agosto de 2013.

WILLRICH, R., **Introdução à Informática**, Universidade Federal de Santa Catarina, Depto de Informática e de Estatística, Curso de Graduação em Sistemas de Informação, Florianópolis, SC, setembro de 2002, cap. 4, pg. 1.

YAMANAKA, F., **Análise de faltas em modelo representativo de sistema elétrico proposto para plataforma de lançamento de veículos espaciais**, São José dos Campos, 2006, Dissertação de Mestrado de Engenharia Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica.