

T 101

Introdução aos testes dos padrões ITS



RITA Sistemas Inteligentes de Transporte
Gabinete do Programa Conjunto

T101: Introdução aos testes dos padrões ITS

Índice

Seção 7 – Testes NTCIP	3
Seção 4 – Documentação dos testes	6
Seção 5 – Execução dos testes	16

Seção 7 Teste do NTCIP

O Comitê Misto para as Comunicações de Transporte Nacional para o Protocolo do ITS (NTCIP) tem realizado esforços para facilitar o teste efetivo e eficaz para as implantações práticas, centro-a-campo (C2F) e centro-a-centro (C2C), do padrão NTCIP. O Comitê Misto para as NTCIP acredita que o item, de mais alta prioridade, é o desenvolvimento dos conjuntos de testes baseados nos padrões, que podem ser reutilizados para a criação de procedimentos e planos de testes. Os conjuntos de testes para as camadas baixas auxilia no design de qualidade do próprio padrão NTCIP. Os procedimentos e os planos de testes auxiliam nos testes, dos dispositivos e dos sistemas ITS, feitos pelos fabricantes e usuários do ITS. O Comitê Misto para as NTCIP homologou as seguintes recomendações sobre como testar a evolução do procedimento e o empacotamento:

- a) **Grupo de trabalho de Teste e Avaliação de Conformidade (TCA** [Testing and Conformity Assessment]) O TCA foi estabelecido e está incumbido da responsabilidade de criar uma estrutura, dentro da qual, cada conjunto de testes pode ser desenvolvido por grupo de trabalho individual, por área funcional. O TCA também recebeu a responsabilidade de investigar as ferramentas adequadas de testes, para uso em conjunção com a implantação dos conjuntos de testes NTCIP, e os procedimentos de testes resultantes.
- b) **NTCIP 8007 v01.** Um documento separado, o NTCIP 8007 v01, define a estrutura, conteúdo e formato dos conjuntos de testes. O NTCIP 8007 v01 não está destinado aos usuários finais. O NTCIP 8007 v01 é um regulamento, para os desenvolvedores de padrões NTCIP, que define as regras e orientações a serem utilizadas pelos grupos de trabalho NTCIP, quando eles produzem a documentação de testes NTCIP. O NTCIP 8007 v01 procura promover uma aparência consistente para a documentação dos testes NTCIP, em todos os padrões NTCIP. Esses conjuntos de testes são testes para o NTCIP apenas, e não se referem à aceitação dos dispositivos pela instituição.
- c) **NTCIP 9012 v01. Um documento separado,** o NTCIP9012 v01 fornece orientação para as instituições definirem seus processos e programas de testes dos dispositivos NTCIP. Semelhantemente, o NTCIP 9012 v01 pode auxiliar a instituição a compreender outros testes NTCIP, caso a instituição decida confiar nos testes do fornecedor, do laboratório independente, ou nos testes realizados anteriormente por outras instituições.

7.1 VISÃO GERAL DOS TESTES NTCIP

A entrega e os testes de aceitação são aspectos importantes do SEP. A instituição deve estar consciente de qualquer restrição de tempo que possam ser exigidas para o desenvolvimento, testes, e refinamento do novo software, que vêm como resultado da implantação do padrão. Antes de iniciar os testes, deve haver uma declaração clara e o entendimento sobre os requisitos que devem ser atendidos, e o grau de desempenho mínimo aceitável. Todos os testes devem, então, ser baseados, e derivados, apenas desses requisitos acordados. Cada requisito corresponde a um teste, e cada teste pode ser rastreado até o requisito. No caso do NTCIP, os procedimentos dos testes devem se alinhar com os requisitos do NTCIP, aceitos e designados para exercer uma variedade de valores válidos, entre todos os objetos que são apoiados pelo dispositivo que está sendo testado. Os procedimentos de testes devem também garantir que o dispositivo, que está sendo testado, tolera valores inválidos ou mensagens formatadas de modo não apropriado, e funciona adequadamente nessas circunstâncias.

Os aspectos dos testes do SEP estão ilustrados na figura 17.

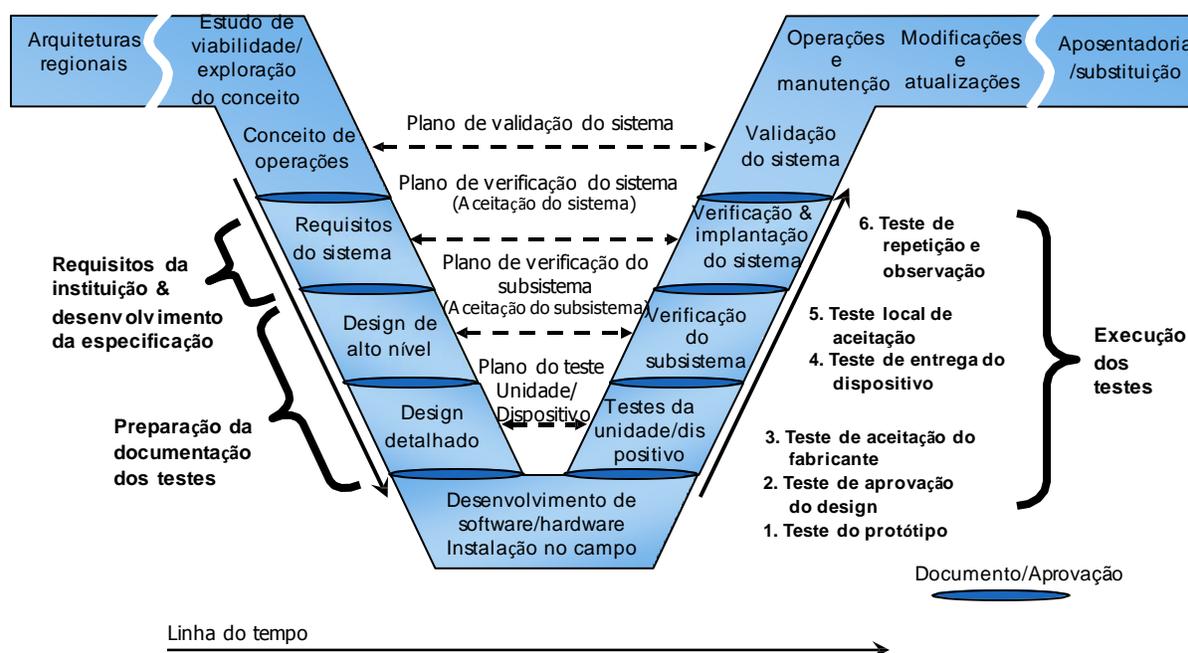


Figura 17. Aspectos dos testes do Processo de Engenharia de Sistemas (SEP)

7.2 FASES DOS TESTES

A abordagem da instituição em relação aos testes para qualquer implantação deve considerar a maturidade do dispositivo ITS, o número de unidades que estão sendo adquiridas e instaladas, a habilidade da instituição para realizar os testes, a perícia disponível e o significado relativo de cada requisito especificado pela instituição, entre outros fatores.

A abordagem dos testes deve ser considerada junto ao número de unidades que estão sendo adquiridas, aos requisitos únicos de implantação da instituição ou projeto, e à história do dispositivo ITS e dos padrões NTCIP envolvidos. Os testes do dispositivo são, geralmente, divididos nas seguintes fases:

- a) Teste e inspeção do protótipo
- b) Teste de aprovação do design e inspeção
- c) Teste de aceitação do fabricante
- d) Teste de entrega do dispositivo
- e) Teste local de aceitação
- f) Teste de repetição e observação

A tabela 10 apresenta um resumo das relações entre essas fases de testes com as fases de testes definidas pelo SEP.

Tabela 10. Fases de testes do NTCIP

Fase do teste	Objetivo	Número de unidades	Local do teste
Teste do protótipo e inspeção	Verificação do design elétrico e mecânico	Um protótipo	Laboratório de teste
Teste de aprovação do designe inspeção	Verificação do design final	Pré-produção ou pequena porcentagem de unidades produzidas	Laboratório
Teste de aceitação do fabricante	Verificar as unidades produzidas conforme design final e a qualidade	Porcentagem das unidades produzidas	Fabricante
Teste de entrega do dispositivo	Inspecionar os danos causados por envio e manuseio	Todas as unidades entregues, inclusive as de reposição	Instituição
Teste local de aceitação	Funcionalidade total do sistema completo	Todas as unidades instaladas	Local final de operação
Teste de repetição e observação	Monitorar o funcionamento adequado das unidades instaladas	Todas as unidades instaladas	Local final de operação

7.3 DOCUMENTAÇÃO DOS TESTES

A documentação dos testes é o elemento essencial do programa de testes. A documentação dos testes inclui os planos do teste, o conjunto de testes, e os procedimentos do teste. A documentação do teste pode ser desenvolvida pelo fornecedor, pela instituição, pelo laboratório de teste, pelo consultor, ou talvez seja baseada na documentação de teste utilizada por outra instituição, como parte do seu programa de produtos qualificados. Os testes são realizados pela combinação entre o fornecedor, a instituição e, possivelmente, um laboratório independente para verificar se o dispositivo ITS está em conformidade com as especificações da instituição.

O NTCIP 9012v01 discute a seguinte documentação:

- Plano do teste.** Descreve o escopo, abordagem, recursos e o programa de atividades do teste.
- Design do teste.** Faz referência aos conjuntos de testes aplicáveis a um plano particular de teste, associado com o design do teste. O design do teste também faz referência aos recursos (requisitos) a serem testados.
- Conjuntos e procedimentos do teste.** Descrevem as entradas, saídas, resultados esperados, e os procedimentos utilizados para verificação de um ou mais requisitos.
- Relatórios do teste.** Documenta a execução do plano do teste.

O desenvolvimento da documentação de teste da instituição pode requerer muito tempo e exige coordenação entre vários participantes. Recomenda-se que o desenvolvimento do plano do teste comece depois que os requisitos de interface do sistema tenham sido completados e aprovados. O design e o desenvolvimento do teste, ou conjunto de testes, podem começar depois que os requisitos especificados pela instituição tenham sido aprovados e assinados. A execução do plano do teste ocorre durante a implantação, de acordo com as fases de testes sugeridas e resumidas na figura 17. Os relatórios do teste documentam a execução do plano do teste. A documentação do teste, conforme ressaltado, garante que o teste seja totalmente documentado. Além disso, os designs e procedimentos de teste devem ser revistos regularmente com base nas experiências e nos resultados passados.

O NTCIP 9012v01 identifica dois regulamentos que abrangem as necessidades de documentação do teste, para testes de dispositivos ITS (o IEEE 829, e o NTCIP 8007v01).

- IEEE 829, padrão IEEE para Documentação de Teste de Software.** Padroniza o conteúdo da documentação de teste e inclui as descrições do conteúdo do plano do teste, especificações de design do teste, do conjunto de testes, dos procedimentos e dos relatórios do teste.
- NTCIP 8007v01, Documentação de Testes e Avaliação de Conformidade nas publicações de padrões NTCIP.** Concentrado nas interfaces do sistema para comunicações C2F. O NTCIP 8007v01 não inclui disposições para os planos e designs de testes do IEEE 829, e combina os conjuntos de testes com os aspectos dos procedimentos de testes, que o IEEE 829 mantém em separado.

Seção 4

DOCUMENTAÇÃO DOS TESTES

4.1 VISÃO GERAL

A figura 7 mostra a relação entre os documentos principais, e as relações necessárias para alcançar um teste, do NTCIP, completo e de sucesso.

A seção 4 faz revisão da figura 7 e explica cada parte, bem como as relações mais importantes entre os itens de documentação do sistema. O conceito na figura 7, mostrando referências da especificação da instituição até o padrão, e da documentação de teste até a especificação da instituição, é transferível para os testes de equipamento e ambiente.

4.1.1 Padrão do dispositivo ITS

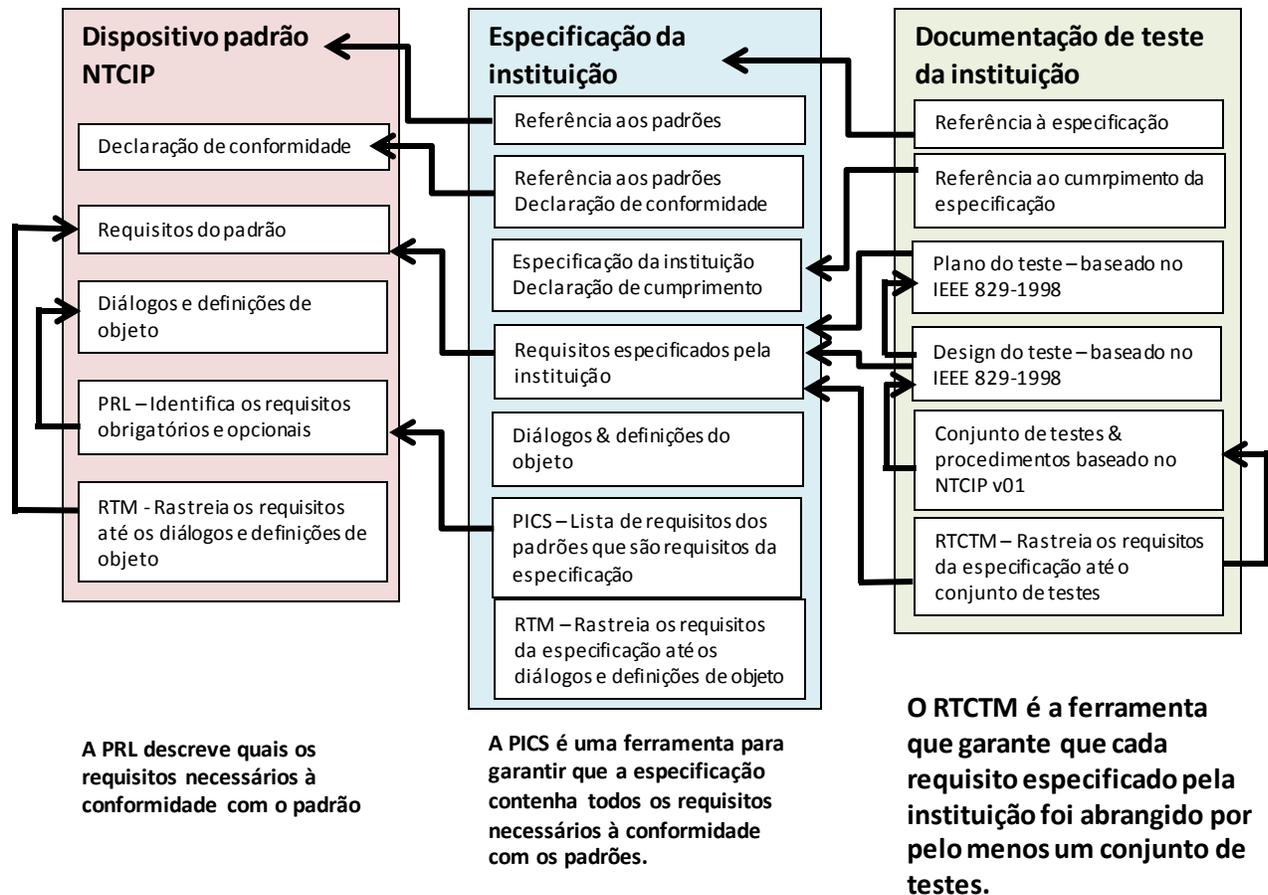
- a) **Declaração de conformidade com o padrão.** Governa o modo como a conformidade com o padrão é atendida. A lista dos requisitos obrigatórios (PRL [Parameter Request List]) apoia a conformidade com o padrão
- b) **Requisitos do padrão.** São os requisitos funcionais do padrão atendidos pelos diálogos e definições do objeto. Em geral, apenas o subconjunto dos requisitos do padrão é obrigatório, o remanescente é opcional, ou opcional em certas condições.
- c) **Diálogos e definições de objetos.** São os elementos de solução do padrão e atendem aos requisitos do padrão.
- d) **PRL.** Lista dos requisitos obrigatórios, opcionais, e os opcionais condicionais.
- e) **RTM (Matriz da rastreabilidade dos requisitos).** Rastreia os requisitos até os diálogos e definições de objeto dos padrões.

4.1.2 Especificação da instituição

- a) **Referência aos padrões.** Faz referência ao padrão ITS que governam a especificação da instituição
- b) **Referência à declaração de conformidade com os padrões.** Aborda o modo como a especificação da instituição atende à declaração de conformidade com o padrão;
- c) **Declaração de cumprimento da especificação da instituição.** Governa o modo como o cumprimento da especificação da instituição é alcançado. O PICS pode apoiar o cumprimento especificação da instituição.
- d) **Requisitos de especificação da instituição.** São requisitos específicos do projeto e da instituição, os resultados dos ajustamentos dos padrões mandatórios para o projeto. A Declaração de Conformidade da Implantação do Perfil (PICS [Profile Implementation Conformance Statement]) pode apoiar a rastreabilidade dos requisitos obrigatórios dos padrões, e serve para dar apoio à conformidade com os padrões.
- e) **Diálogo e definições do objeto.** São elementos da solução específica do projeto e atendem aos requisitos da instituição.
- f) **PICS (Declaração de Conformidade da Implantação do Perfil).** É uma lista adaptada dos requisitos dos padrões que se aplicam à especificação da instituição. A PICS reflete tanto as opções do padrão quanto os requisitos obrigatórios e, quando completa, reflete apenas os requisitos inclusos na especificação da instituição.
- g) **RTM.** Rastreia o requisito especificado pela instituição até os diálogos e definições de objeto do padrão.

4.1.3 Documentação do teste da instituição

- a) **Referência à especificação da instituição.** Faz referência à(s) especificação(ões) da instituição para a documentação do teste.
- b) **Referência à declaração de cumprimento da especificação da instituição.** Aborda o modo como a documentação do teste atende o cumprimento da especificação.



<NTCIP 9012 Fig7 bs3.ppt>

Figura 7. Documentação do teste NTCIP

- c) **Plano do teste.** Descreve o escopo, abordagem, recursos, e o cronograma das atividades de teste.
- d) **Design do teste.** Faz referência aos conjuntos de testes aplicáveis a um plano de teste, em particular, associado ao design do plano. O design do plano também faz referência aos recursos (requisitos) a serem testados.
- e) **Conjuntos de testes e procedimentos.** Descrevem as entradas, saídas, resultados esperados, e procedimentos utilizados na verificação de um ou mais requisitos.
- f) **Requisitos da matriz de rastreamento do conjunto de testes (RTCTM [The Requirements to Test Case Traceability Matrix]).** Rastreia o requisito especificado pela instituição até o conjunto de testes. O RTCTM pode ser utilizado para garantir que, pelo menos, um conjunto de testes abranja cada requisito.

O desenvolvimento da documentação de teste da instituição pode requerer muito tempo e exige a coordenação dos vários participantes. Recomenda-se que o desenvolvimento do plano de teste seja iniciado depois que os requisitos de interface forem completados e aprovados. O desenvolvimento do design do teste pode começar depois que os requisitos da especificação da instituição tenham sido aprovados e assinados, enquanto o desenvolvimento dos conjuntos de testes pode ter início depois que as especificações da instituição tenham sido aprovadas e assinadas. O desenvolvimento do procedimento do teste pode começar depois que o design for aprovado. A execução do plano do teste ocorre durante a implantação, de acordo com as fases sugeridas do teste, descritas no SEP resumido na figura 3. Os relatórios do teste documentam a execução do plano do teste.

4.1.4 Padrão da documentação de teste

No contexto do NTCIP 9012 v01, dois regulamentos cobrem a necessidade da documentação de teste para o dispositivo ITS. O IEEE 829-1998 e o NTCIP 8007 v01.

- a) **IEEE 829-1998.** Padroniza o conteúdo da documentação do teste. O IEEE 829 inclui a descrição do conteúdo dos planos de testes, as especificações de design do teste, as especificações dos conjuntos de testes, especificações dos procedimentos de teste, e os relatórios do teste.
- b) **NTCIP 8007 v01.** É o padrão baseado no IEEE 829-1998 concentrado nas interfaces do sistema para comunicações centro-a-campo. O NTCIP 8007 v01 não inclui disposições sobre os planos e designs de teste do IEEE 829-1998; no entanto, o NTCIP 8007 v01 combina os aspectos dos conjuntos de testes com os procedimentos de testes, que o IEEE 829-1998 mantém separados.

4.2 PLANO DO TESTE IEEE 829-1998

Com qualquer padrão ou especificação, a discussão acaba focando a questão “como você sabe se a implantação ou aplicativo está em conformidade com o padrão e cumpre a especificação?” O plano de testes define o modo de responder a essa questão.

Conforme definido no IEEE 829-1998, o plano de testes descreve o escopo, abordagem, recursos e o cronograma das atividades de teste. Ele identifica os itens e os recursos a serem testados, as tarefas a serem executadas, o pessoal responsável por cada tarefa, e os riscos associados com o plano de testes.

Os detalhes do plano de teste devem ser totalmente desenvolvidos antes que o dispositivo ITS seja entregue. O IEEE 829-1998 fornece o modelo do conteúdo do plano de testes, e inclui:

- a) Identificador do plano de testes
- b) Introdução
- c) Itens do teste
- d) Recursos a serem testados
- e) Recursos que não serão testados
- f) Abordagem
- g) Critério de aprovação e reprovação
- h) Critério de suspensão e reinício
- i) Resultados dos testes
- j) Tarefas de teste
- k) Necessidades ambientais
- l) Responsabilidades
- m) Cronograma
- n) Riscos e contingências
- o) Aprovações

As subseções a seguir agrupam e discutem os 15 itens contidos no plano de testes do IEEE 829-1998.

4.2.1. Identificador do plano de testes e introdução

4.2.1.1 Identificador do plano de testes

Cada plano de testes exige um identificador único, pois vários planos de testes podem ser necessários para atender ao programa abrangente de teste dos dispositivos ITS.

4.2.1.2 Introdução

A seção de introdução deve descrever como um plano de testes, em especial, se encaixa no programa mais abrangente de testes, e fazer referência a todos os documentos relevantes, por exemplo, os requisitos de interface de comunicações, os requisitos da especificação da instituição, e o design.

4.2.2 Itens de teste e critérios de aprovação e reprovação

4.2.2.1 Item(s) de teste

Essa é a descrição do item, definido pelos requisitos a serem testados. Pode incluir software, interface de comunicações, ou equipamento e requisitos ambientais.

O teste do item da interface de comunicações do dispositivo ITS testa o cumprimento da especificação e/ou conformidade com os padrões. O aspecto da conformidade com o padrão pode ser simplesmente a identificação de qual requisito da especificação também é obrigatório segundo o padrão, portanto o teste do requisito, que atende aos requisitos do padrão e da especificação, precisa ser realizado apenas uma vez.

Um segundo item (separado) do teste da interface de comunicações do dispositivo pode ser das funções (comportamento observável) do dispositivo ITS que acompanha qualquer diálogo, em especial, ou sequência de troca de dados.

Outros itens de teste (para os quais deve haver requisitos associados) podem incluir testes de equipamento e ambiental do dispositivo ITS.

4.2.2.2 Critérios de aprovação e reprovação do item

Os critérios de aprovação e reprovação do item são utilizados para determinar se cada item foi aprovado ou reprovado pelo conjunto de testes ou procedimento.

4.2.3 Recursos a serem testados e recursos que não serão testados

4.2.3.1 Recursos a serem testados

Os recursos a serem testados são os requisitos especificados pela instituição associados com o seu respectivo procedimento de teste ou conjunto de testes.

4.2.3.2 Recursos que não serão testados

O plano de testes deve também identificar os recursos que não deverão ser testados (por exemplo, os requisitos dos padrões que são opcionais ou aqueles elementos PICS não exigidos na especificação da instituição). Outro exemplo é o caso onde certos testes estressariam, desnecessariamente, os limites do protótipo, assim impossibilitando outros testes de um recurso escasso – o protótipo.

4.2.3 Abordagem, riscos e contingências

4.2.4.1 Abordagem

O plano de testes desenvolvido pela instituição deve abordar os tipos de testes que devem ser conduzidos para verificar se os dispositivos ITS, entregues, conformam-se aos requisitos especificados pela instituição. As fases dos testes podem incluir:

- a) Teste e inspeção do protótipo
- b) Teste de aprovação do design e inspeção
- c) Teste de aceitação do fabricante
- d) Teste de entrega do dispositivo ITS
- e) Teste local de aceitação
- f) Teste de repetição e de observação

A abordagem deve identificar os procedimentos do teste e os conjuntos de testes que são programados durante cada fase de teste. Veja a seção 5.2.

4.2.4.2 Riscos e contingências

Esta seção do plano de testes identifica os riscos significantes que podem resultar dos testes e dos planos de contingência associados. A seção inclui os possíveis riscos para o cronograma, relativos impactos financeiros, e o processo para abordagem da situação caso isso ocorra.

4.2.5 Critérios de suspensão e recomeço

Esta seção do plano de teste abrange o início do teste, o reinício, e o teste de regressão.

Mesmo que o dispositivo ITS tenha um histórico comprovado de sucesso, os melhoramentos ou modificações do software, para apoio de funcionalidades adicionais, podem corromper seriamente o desempenho geral e a conformidade do dispositivo ITS. QUALQUER modificação no software, feito pelo fabricante, pode ser considerada razão suficiente para repetição da bateria completa de testes associados ao NTCIP e às medidas de desempenho.

O plano de testes se aplica a uma combinação específica de equipamento, firmware, Gerenciamento de Informação de Banco de Dados (MIB) e versão do padrão. A modificação de qualquer desses componentes tem o potencial de invalidar todos os testes de conformidade anteriores, e deve acionar o teste de regressão de todos os testes de conformidade já completados.

Quando a plataforma do equipamento é modificada, o firmware utilizado pode ser modificado frequentemente para funcionar na nova plataforma do equipamento, mesmo quando o firmware mantém a mesma designação de versão. Dependendo da nova plataforma do equipamento, alguns problemas súbitos podem surgir, ou seja, a ordem dos bytes para mensagens, o cálculo da sequência de verificação do quadro, ou simplesmente a correção dos erros encontrados.

Ainda que a plataforma do equipamento seja mantida, uma modificação no firmware acionará o teste de regressão por várias razões. Dependendo das práticas de gerenciamento de código do fabricante, os problemas que foram resolvidos podem ser reintroduzidos no firmware, porque o desenvolvedor estava trabalhando com uma versão mais antiga do firmware.

A modificação do MIB, ou da versão do padrão utilizado para os dispositivos ITS, sempre aciona o teste de regressão. O MIB descreve todos os dados que são acessíveis pela interface externa; a modificação do MIB tem muitas ramificações possíveis. O padrão descreve como a interface do dispositivo ITS deve funcionar. A modificação no padrão implica que alguma funcionalidade mudou, seja via adição, exclusão, ou método de operação. Um exemplo dessa modificação é o NTCIP 1201. O NTCIP 1201:1996 original definiu a metodologia específica para criação de objetos dinâmicos. Depois que o NTCIP 1201:1996 foi divulgado, um erro foi encontrado na metodologia e a emenda foi publicada em 1998. A metodologia do NTCIP 1201:1996, emendado, para criação dos objetos dinâmicos é incompatível com a metodologia do NTCIP 1201:1996 original. Consequentemente, o dispositivo ITS que se conforma ao NTCIP 1201:1996 original falha o teste de conformidade com o padrão NTCIP 1201:1996 emendado.

4.2.6 Tarefas, resultados e cronograma do teste

4.2.6.1 Tarefas do teste

Esta seção do plano de testes lista todas as tarefas necessárias para preparação e condução dos testes. Esta seção pode incluir uma tabela de tarefas de testes, listando o seguinte: identificador da tarefa, nome da tarefa, tarefas precedentes, responsabilidades, e habilidades especiais exigidas.

4.2.6.2 Resultados do teste

O produto do teste é uma lista de toda a documentação do teste, o desenvolvimento e redação que é necessária para o teste, incluindo os relatórios sobre o desempenho do dispositivo ITS durante os testes.

4.2.6.3 Cronograma

O cronograma é uma lista de eventos, e de quando todos os recursos e pessoal são necessários. As tarefas dos testes, inclusa na seção sobre abordagem do plano de testes, pode servir como ponto de partida, com datas de início e término e tempo adicionado.

4.2.7 Necessidades ambientais

Esta seção do plano de testes descreve a configuração, o equipamento necessário, o software, as ferramentas de teste, suprimentos, instalações de laboratório, centros, e documentação de referência para os testes. Frequentemente, é útil a inclusão de um diagrama mostrando o layout para os testes: dos locais e posições do equipamento, pessoas, mesas, cadeiras e do sistema de projeção (para que todos os participantes nos testes possam ver o que está ocorrendo). Também inclui a lista de equipamento, a descrição e o propósito do equipamento acompanhando o diagrama.

Esta seção do plano de testes deve também abordar o gerenciamento de equipamento e as configurações de firmware. A crescente função do software na maioria dos dispositivos ITS, e a velocidade em que o software pode ser modificado, aumenta a necessidade de gerenciamento cuidadoso do equipamento e da configuração do firmware que está sendo submetido aos testes. Não apenas a configuração deve ser gerenciada, mas também a sujeição aos testes de regressão toma um significado maior. Os atuais programas de testes dos dispositivos ITS têm, frequentemente, descoberto que o novo firmware para o dispositivo ITS, projetado para solucionar um problema, pode involuntariamente tanto: (a) introduzir novos problemas, que não existiam antes; como (b) trazer de volta problemas que haviam sido solucionados. Os problemas com os testes e a conformidade em geral, dos dispositivos ITS, só podem ser corrigidos com a definição e execução de testes efetivos, e o gerenciamento cuidadoso da configuração, para garantir que aquilo que é entregue é o que foi testado.

A validação do ambiente de teste garante que os erros e anomalias sejam detectados e corrigidos antes que os testes sejam iniciados. O ambiente de teste inclui:

- a) Toda a instrumentação para medir e monitorar o desempenho do dispositivo ITS;
- b) Todo o equipamento de teste do ambiente, como câmaras de temperatura e umidade;
- c) Todos os dispositivos de entrada de simulação, quando exigidos, como simuladores de repetição ou amostras de fluxo de dados;
- d) E o gerenciamento da linha de energia incluindo geradores transientes, transformadores e interruptores de eletricidade.

O procedimento de teste deve incluir uma seção onde o ambiente de teste é validado pela simulação, ou simulando cada erro que poderia resultar dos erros inerentes ao ambiente de teste.

O procedimento de teste deve estar baseado nos recursos e instalações prontamente disponíveis para os mesmos e nos procedimentos de testes de ambiente, que estão atualmente incluídos nos padrões, como o NEMA TS 2-2003 e os elementos ressaltados do CalTRANS TEES do processo de testes. Esses processos de testes podem orientar o desenvolvimento apropriado do plano de testes, para demonstrar o cumprimento do dispositivo ITS das especificações da instituição. O plano de teste deve descrever completamente a instalação de testes, todas as conexões, toda a instrumentação e, exatamente, o que e como as unidades devem ser monitoradas.

4.2.8 Responsabilidades e aprovações

4.2.8.1 Responsabilidades

A seção das responsabilidades do plano de teste identifica os grupos e/ou indivíduos responsáveis pelo gerenciamento, projeto, preparação, execução, testemunho, verificação, controle do ambiente no laboratório, recebimento de equipamento e suprimentos, instalação do equipamento e software, redação dos relatórios, e aprovação (quem assina a folha de aprovação) [Kaner, C., *Testing Computer Software*, 1999, p. 248]. Quem conduz os testes é abordado na seção 5.3.

4.2.8.2 Aprovações

Algumas instituições exigem que um representante da instituição aprove os resultados dos testes. Recomenda-se que a instituição, ou um agente independente de confiança, testemunhe e aprove todos os testes.

4.3 DESIGN DO TESTE IEEE 829-1998

O design do teste é, geralmente, associado com o plano de teste. O design do teste identifica qual conjunto de testes será utilizado para verificar certo requisito, especificado pela instituição. Isso possibilita a reutilização dos conjuntos e procedimentos de testes.

O design do teste refina a abordagem do teste e identifica os requisitos a serem abordados pelo plano de teste, e os testes associados a ele. Ele também identifica: os requisitos especificados pela instituição, os conjuntos de testes, e os procedimentos dos testes utilizados para realização dos testes, e especifica os critérios de aprovação e reprovação para cada item do teste. Veja o IEEE 829-1998.

4.4 CONJUNTOS DE TESTES E PROCEDIMENTOS DE TESTE NTCIP 8007 V01

4.4.1 Visão geral dos conjuntos e procedimentos de testes

Considerada a sofisticação dos atuais sistemas e componentes, torna-se impossível testar todas as combinações e permutações, as quais o sistema ou componente pode reagir. Geralmente, a premissa é definir pelo menos um procedimento de teste para cada requisito especificado pela instituição e, então, exercitar aqueles recursos no contexto de como eles deveriam reagir no ambiente normal de operação do sistema.

Outro modo de se pensar sobre isso é considerar se todos os dispositivos ITS, no processo de aquisição, são testados completamente, ou se uma amostra representativa seria suficiente. Por exemplo, seria necessário testar cada parâmetro para verificar se ele pode ser calibrado em todos os valores possíveis? Não necessariamente. Uma amostra de valores de calibragem é suficiente para representar o conjunto de parâmetros. Deve-se considerar o risco envolvido. Se um parâmetro, de algum tipo, aceitar o mínimo, o máximo, e vários outros valores, e rejeitar vários valores inválidos, provavelmente todos os parâmetros reagirão dessa forma.

Similarmente, o teste do dispositivo ITS deve incluir algumas medidas de teste negativo, ou seja, o dispositivo que esta sendo testado (DUT [device under test]) deve ser exposto às anomalias que ocorrem normalmente como a falta de eletricidade, interrupção nos canais de comunicação, sobrecarga nos canais de comunicações (pior caso de tráfego) e anomalias de entrada, como as conexões intermitentes. Na maioria dos casos, espera-se que o DUT se recupere sem necessidade de intervenção, e retorne à operação normal sem criar condições de insegurança, antes, durante, e depois do problema.

Os procedimentos e os conjuntos de testes devem abranger os requisitos especificados pela instituição a serem testados, e estar completamente desenvolvidos antes que o dispositivo ITS seja entregue. Conquanto certa porção de aleatoriedade possa ser adicionada a qualquer procedimento bem definido ou conjunto de testes, a abordagem específica deve ser descrita em detalhes. O NTCIP 8007 v01 fornece exemplos de como os procedimentos e conjuntos de testes devem ser definidos. Conforme os procedimentos e os conjuntos de testes são adicionados aos padrões NTCIP, a necessidade de desenvolvimento de procedimentos de teste, separados, independentes, para avaliação da conformidade com o NTCIP, diminui.

O procedimento do teste deve incluir a lista de todos os melhores comandos a serem enviados para a unidade, e todas as respostas esperadas, bem como as tolerâncias de tempo para todas as ações. O procedimento do teste deve também incluir inspeções, e revisões de design, para as partes dos requisitos especificados pela instituição que não são verificados pelo teste operacional. Isso geralmente inclui os requisitos de design dos componentes eletrônicos (margens de voltagem e temperatura) e materiais, bem como as técnicas de construção. A matriz de requisitos, que coloca em forma de tabela todos os requisitos especificados pela instituição, com tabelas adicionais para os requisitos de conformidade com o padrão, deve ser desenvolvida. Então, para cada requisito, a tabela deve identificar o conjunto de teste ou tipo de medição ou inspeção que deve ser feita para verificação do cumprimento dos requisitos especificados pela instituição.

O procedimento do teste deve ser redigido com alguma flexibilidade para que uma anomalia suspeita possa ser verificada (testada novamente) conforme o teste acontece. Também é importante notar que **qualquer** anomalia, independente de tamanho, deve ser documentada. Se a anomalia for “operação inadequada”, então a causa e solução devem ser determinadas e documentadas. Por exemplo, se a anomalia aparece uma vez, em 10 tentativas de teste, o número total de ocorrências, quando 100 unidades são instaladas, provavelmente, será muito mais alto. Frequentemente, continuar o teste (depois que uma anomalia parece ter sumido) é sugerido, enquanto se espera descobertas mais detalhadas

sobre a anomalia observada. Conquanto essa abordagem, geralmente, tenha seu valor por razão dos procedimentos de teste, e seja impossível avaliar se o DUT provavelmente atenderá a todos os outros requisitos especificados pela instituição, existe o risco de que a correção introduzida para solucionar o problema acabe por exigir a repetição completa do teste. Isso é um julgamento necessário que contém riscos e benefícios para todos os participantes do teste. É importante definir a raiz do problema e o saneamento de quaisquer anomalias, ou poderão surgir problemas intermitentes durante o teste subsequente ou depois da instalação do dispositivo ITS no campo.

4.4.2 Testes de limites e condições de erros

Os testes devem também verificar se as comunicações de dados inválidos não causarão a operação de forma anormal do dispositivo ITS. Comunicação de dados inválidos pode incluir qualquer um dos seguintes:

- a) Ruídos no link de comunicação;
- b) Modem sobrecarregado;
- c) Dados formatados inapropriadamente;
- d) Dados formatados adequadamente, que não atentem às verificações de consistência do dispositivo ITS;
- e) Interrupções e reinício de comunicações.

Além da continuação da operação, quando dados inválidos estejam interferindo com o porto de comunicações do dispositivo ITS, o dispositivo deve coexistir com outros no mesmo canal sem que seja impactado de modo adverso. Durante o teste do dispositivo ITS, em algumas implantações, os seguintes resultados extremos de testes foram observados:

- a) A variação indesejada do relógio do dispositivo ITS durante a interpretação das mensagens NTCIP, destinadas a outro dispositivo ITS;
- b) Quedas do dispositivo ITS, enquanto tenta ler os dados de uma linha de comunicação com ruídos;
- c) Incapacidade do dispositivo ITS de gerenciar as suas funções de campo enquanto processa uma mensagem NTCIP.

Esta seção do plano de testes garante que o dispositivo (ou sistema) ITS realize as funções exigidas quando exposto aos elementos de dados adequados (parâmetros) na sequência correta (diálogo), e que não funcione de modo inapropriado quando sujeito a dados ou sequências inválidas de elementos de dados e mensagens. Esse aspecto do teste deve ser combinado com a avaliação de riscos razoáveis, pois nem todas as condições podem ser testadas.

Essas condições devem incluir as situações que, provavelmente, existirão em condições extremas.

4.4.3 Conjunto de testes e documentação dos procedimentos

O formato para desenvolvimento dos procedimentos de testes foi incluído no NTCIP 8007 v01. O procedimento do teste deve fazer referência aos requisitos especificados pela instituição, e aos requisitos contidos no padrão NTCIP. A especificação da instituição deve incluir os requisitos operacionais, de manutenção, e de desempenho que serão testados, definir os diálogos que satisfazem os requisitos especificados pela instituição, e possibilitar o rastreamento até os objetos apropriados (desde os padrões NTCIP).

O procedimento de teste deve identificar o conjunto de testes para cada um dos requisitos especificados pela instituição ou, em alguns casos, cada objeto de dados NTCIP. Utilizando isso como antecedente, o procedimento do teste deve exercitar cada parâmetro de dados (objetos) e exigir observações específicas baseadas nos requisitos especificados pela instituição. Muitos conjuntos de testes são complexos e exigem instalações muito complexas para teste, para verificar um único requisito (p. ex., transição do horário de verão).

O NTCIP 8007 v01 organiza os conjuntos de testes e inclui os seguintes elementos:

- a) **Identificador do conjunto de testes.** Um único identificador de conjunto de testes.
- b) **Título do conjunto de testes.** Um único título para o conjunto de testes. Esse título será utilizado para rastreamento até a matriz.

- c) **Descrição.** Descreve o teste e o objetivo do conjunto de testes.
- d) **Itens do teste.** Eles identificam os requisitos especificados pela instituição que estão sendo testados. O mapeamento dos requisitos até os conjuntos de testes é documentado na RTCTM.
- e) **Especificação de entrada.** A descrição de valores de dados e tolerâncias para cada requisito do conceito de dados. Se a informação for mantida em arquivo, então esse pode ser o nome do arquivo. A especificação da entrada também inclui uma forma de indicar se os valores são válidos. Esse é o critério de aprovação e reprovação.
- f) **Especificação de saída.** A descrição de valores de dados e tolerâncias para cada requisito do conceito de dados. Se a informação puder ser registrada em um arquivo para verificação e análise de formato e âmbito de valores de dados, subsequentemente. A especificação de saída também inclui a forma de indicar se os valores de dados são válidos. Esse é o critério de aprovação e reprovação.
- g) **Necessidades ambientais (opcional).** Esta seção deve ser incluída nos casos onde as necessidades ambientais são diferentes (ou exijam recursos adicionais àqueles descritos no plano de testes ou na especificação de design do teste)..
- h) **Requisitos especiais de procedimento (opcional).** Nos casos onde os procedimentos especiais de início, instalação, conclusão, etc. diferirem, então esta seção deve ser incluída, conforme aplicável.
- i) **Dependências.** Lista das dependências para esse conjunto de testes. Permite o sequenciamento da execução do conjunto de testes a ser desenvolvido.
- j) **Fases do procedimento.** Lista as fases e o número das fases.
- k) **Registro do teste.** O registro dos detalhes relevantes sobre a execução do teste. A informação do registro do teste deve observar a fase do procedimento.

4.5 RELATÓRIOS DE EXECUÇÃO DO TESTE

Esta seção resume de forma breve os relatórios do teste destacados no IEEE 829-1998 e NTCIP 8007 v01, onde são fornecidos detalhes adicionais.

- a) **Registro do teste.** O registro do teste é um relatório cronológico da execução do teste incluindo as pessoas presentes e suas funções, os resultados dos procedimentos, e quaisquer anomalias encontradas.
- b) **Relatório de incidente do teste.** Esse relatório documenta qualquer evento que ocorra durante os testes que exijam maiores investigações. Ele registra: os resultados esperados versus os resultados práticos; o procedimento e a fase do procedimento; e as tentativas de repetição do teste. Também deve relatar os impactos potenciais nas demais atividades de teste.
- c) **Relatório de resumo do teste.** Esse relatório é o sumário das execuções do plano do teste.

4.6 LINKS PARA DOCUMENTAÇÃO DE AMOSTRAS DE TESTE

Amostras de procedimentos de testes de várias instituições estão disponíveis na Internet. Os referidos procedimentos de testes mostram a quantidade de esforço exigido para testar de forma adequada os dispositivos ITS que incorporam os padrões NTCIP. Essas amostras de procedimentos de testes são resultado de interações múltiplas de testes. As amostras de procedimentos de testes incluem:

- a) Procedimentos de teste NTCIP desenvolvidos para o projeto conjunto de fundos "ENTERPRISE" e está disponível no <http://www.trevilon.com/library.html>.
- b) Procedimentos de teste de controle de sinais acionados, que o Instituto de Transportes do Texas desenvolveu, podem ser encontrados no <http://www.itstestlab.org/>, clicando no "testing" e então no "In House Testing and Scripts". Os arquivos abaixo da coluna "procedure" estão no formato NTCIP 8007 v01.
- c) O Laboratório de Pesquisa de Engenharia de Tráfego (TERL [Traffic Engineering Research Lab]) da Florida State University (FSU) e o Departamento de Transportes da Flórida (FDOT) vêm desenvolvendo procedimentos de teste NTCIP, para qualificar os painéis de mensagens dinâmicas, para utilização no estado. Informações sobre os seus procedimentos de teste e resultados podem ser encontrados no http://potentia.eng.fsu.edu/terl/areas_of_work_ntcip_testing.htm.

- d) Procedimentos adicionais de testes, provavelmente, estarão disponíveis, conforme mais e mais instituições adotem o NTCIP como seus protocolos centro-a-campo.

4.7 RESUMO

É necessário um grau significativo de conhecimentos nos dispositivos ITS e nos requisitos especificados pela instituição para desenvolver a documentação dos testes. É necessária uma quantidade significativa de recursos, em termos de instalações e pessoal, para implantar um programa abrangente de teste, assim a utilização de laboratórios independentes ou a confiança nos resultados dos testes de outras fontes, tais como outros estados, pode ser justificada. Conquanto essa abordagem possa ter sucesso, as instituições devem examinar os planos de testes, os requisitos especificados, e os resultados dos testes para verificar se os resultados dos testes são aplicáveis à implantação da instituição, e ao seu relativo programa de teste. Onde houver diferenças, a instituição deve avaliar o risco associado com a aceitação de resultados anteriores em relação ao benefício do estabelecimento de um novo programa de testes.

Seção 5 EXECUÇÃO DOS TESTES

5.1 VISÃO GERAL

O programa completo de testes do dispositivo ITS consiste em muitas fases de teste, que acontecem de forma metódica. Em geral, o programa de testes deve cobrir todos os requisitos que levam ao design completo do dispositivo ITS, incluindo os requisitos elétricos, mecânicos, operacionais, de comunicação e de design (como as margens de voltagem e temperatura na operação, para os componentes elétricos). Cada fase pode ser descrita em seu próprio plano de teste, cobrindo um conjunto de itens de teste: um para requisitos de equipamento e ambiente (p. ex., estrutural, mecânico, elétrico, ou de ambiente), um para os requisitos relacionados ao software (p. ex., funcional, operacional), e um para os requisitos de comunicações (p.ex., interfaces de comunicações).

O programa de teste:

- Deve incluir todos os requisitos;
- Pode ser separado em planos de testes, cada teste um TIPO de requisito;
- Deve ser executado em fases.

A abordagem do teste por uma instituição para qualquer implantação depende da maturidade do dispositivo ITS, do número de unidades que estão sendo adquiridas e instaladas, da habilidade de testar da instituição, perícia disponível e do significado relativo de cada requisito especificado pela instituição, entre outros fatores.

5.2 FASES DE TESTE DO DISPOSITIVO ITS

A abordagem dos testes deve considerar o número de unidades que serão adquiridas, o grau de adaptação dos padrões ITS para acomodar a singularidade da instituição ou da implantação do projeto, e a história do dispositivo e do padrão ITS envolvidos. Geralmente, o teste do dispositivo ITS é dividido nas seguintes fases:

- a) Teste do protótipo e inspeção
- b) Teste de aprovação do design e inspeção
- c) Teste de aceitação do fabricante
- d) Teste de entrega do dispositivo ITS
- e) Teste local de aceitação
- f) Teste de repetição e de observação

A figura 8 faz o sumário da relação dessas fases de teste do dispositivo ITS com as fases de teste definidas no SEP. A figura 9 faz o sumário dos atributos mais importantes das fases de teste dos dispositivos ITS.

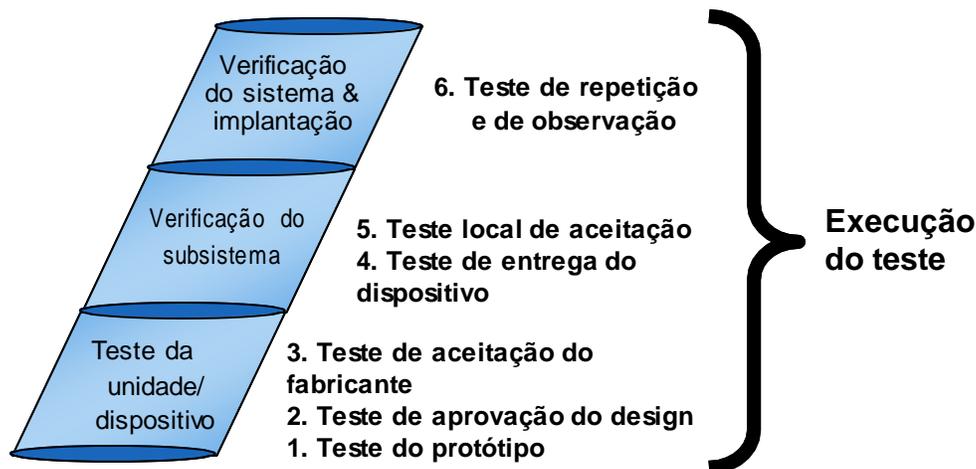


Figura 8. Relação entre as fases de execução do teste e o modelo “V”

Fase do teste	Objetivo	Número de unidades	Local do teste
Teste do protótipo e inspeção	Verificação do design elétrico e mecânico	Um protótipo	Laboratório de teste
Teste de aprovação do design e inspeção	Verificação do design final	Pré-produção ou pequena porcentagem de unidades produzidas	Laboratório
Teste de aceitação do fabricante	Verificar as unidades produzidas conforme design final e a qualidade	Porcentagem das unidades produzidas	Fabricante
Teste de entrega do dispositivo	Inspecionar os danos causados por envio e manuseio	Todas as unidades entregues, inclusive as de reposição	Instituição
Teste local de aceitação	Funcionalidade total do sistema completo	Todas as unidades instaladas	Local final de operação
Teste de repetição e observação	Monitorar o funcionamento adequado das unidades instaladas	Todas as unidades instaladas	Local final de operação

Figura 9. Fases dos testes do dispositivo ITS

Uma breve descrição de cada fase a seguir.

5.2.1 Teste do protótipo e inspeção

O objetivo do teste do protótipo é verificar o design elétrico e mecânico do dispositivo ITS em relação às condições ambientais nas especificações. Se o dispositivo ITS for um desenvolvimento personalizado, ou uma extensão personalizada de dispositivo ITS existente, projetado para atender o requisito singular especificado pela instituição, com alguns requisitos físicos e elétricos únicos, então talvez seja necessário identificar a fase de teste do protótipo para o dispositivo ITS. Durante a fase de teste do protótipo, o fabricante do dispositivo ITS constrói uma versão totalmente operacional do dispositivo ITS para ser inspecionada e testada pela instituição. Os testes poderão seguir o perfil de teste para equipamento, como o NEMA TS 2 ou CalTrans TEES, e é realizado pelo fabricante, um laboratório independente, ou pela própria entidade. Os testes devem incluir, no mínimo, o teste de ambiente (temperatura e umidade) e o teste elétrico (variação, interrupções de voltagem, e voltagens transientes), embora a aparelhagem e instrumentação, exigida para a realização de testes rigorosos tipo NEMA, exija perícia nos aspectos elétricos e eletrônicos dos testes. O teste do protótipo também verifica a funcionalidade (p. ex., operação acionada, controle de rampa) e requisitos de desempenho (p. ex., precisão de tempo, tempo de transmissão, momento de início, tempo para comunicações). Um aspecto do teste que, frequentemente, é protelado até a produção da versão final do dispositivo ITS são os testes de choque e vibração que dependem da integridade do design mecânico.

Os testes NTCIP (de comunicações, funcionalidade, e desempenho) são geralmente parte do teste do protótipo. É importante que tal programa de teste do protótipo inclua inspeções para verificar se o DUT, realmente, se conforma a todos os requisitos da especificação de requisitos da instituição e aos padrões auxiliares referidos tipicamente incluindo os padrões NEMA, New York State, CalTrans, e militares como exemplos.

Os requisitos especificados pela instituição devem definir os testes apropriados para qualquer dispositivo ITS personalizado ou diferenciados, que sejam eletricamente e eletronicamente diferentes dos dispositivos ITS testados anteriormente. As modificações de design elétrico e de componentes podem ter efeito significativo no cumprimento. Os testes, de uma versão prévia do dispositivo ITS, podem fornecer alguma indicação sobre o desempenho do novo design. No entanto, deve se assegurar que sejam realizadas repetições do teste anterior, pois mesmo as menores modificações podem ter impacto, e quaisquer modificações elétricas ou eletrônicas normalmente justificam a repetição do teste de ambiente realizado anteriormente.

As especificações da instituição podem também incluir disposições adicionais, tais como interrupções de eletricidade mais extensas e a variação lenta de linhas de voltagem AC, que são definidas para além do

que é exigido pelo referido padrão. Como exemplo, o NEMA TS 2 não exige que o controlador do sinal de trânsito seja exposto a voltagens transientes nas temperaturas baixas. Se a voltagem transiente, nessas condições, for uma preocupação, a instituição pode querer incluir itens de teste para controladores de sinal de trânsito, utilizando voltagens transientes, durante operação em temperaturas baixas, caso as voltagens transientes nas condições de temperatura baixa tenham sido um problema anteriormente.

Mesmo quando o dispositivo ITS é “padronizado”, e tenha sido utilizado anteriormente ou já se encontre nas listas de produtos qualificados (QPL [qualified product's list]) de outras instituições, o processo de aquisição deve realizar a revisão do design para garantir que o dispositivo ITS se conforma aos requisitos especificados pela instituição. Essa revisão deve incluir o exame dos detalhes do programa de testes e inspeção utilizado para aceitação do dispositivo ITS na QPL, para garantir que o dispositivo ITS, de fato, é o mesmo produto que foi testado anteriormente.

Os testes de funcionalidade dos dispositivos ITS também devem incluir: a habilidade de gerenciar falhas; detectá-las; e reportá-las, onde esses requisitos forem identificados (tanto na especificação da agência, quanto nos padrões referidos).

Para dispositivos grandes como os painéis de mensagens dinâmicas, uma unidade pode ser construída como amostra, consistente de alguns painéis, amostras de controles eletrônicos, etc. Isso geralmente é suficiente para avaliação do desempenho e operação do dispositivo ITS, contanto que ele seja exposto ao mais severo caso de carregamento, e ao máximo no processamento de cargas. Tal unidade de amostra deve ser grande o suficiente para estressar completamente o suprimento de energia e o controle de operação, ou os resultados do teste não representarão o desempenho final da unidade. Nessas circunstâncias, a agência deve trabalhar com o fabricante para garantir que a unidade de amostra testada representa o caso mais severo na implantação do dispositivo ITS.

5.2.2 Teste de aprovação do design

A segunda fase de testes do dispositivo ITS ocorre quando tal dispositivo está na fase de produção final. Geralmente, isso é considerado o teste de aprovação do design (DAT [Design Approval Test]) e inclui a repetição dos testes e inspeção do protótipo, junto dos testes de choque e vibração. O DAT verifica se o dispositivo ITS, na forma produzida, cumpre todos os padrões (conformidade) e especificações da instituição (cumprimento). Nesse ponto, a documentação do dispositivo ITS deve ser incluída também na inspeção.

O DAT é, normalmente, realizado em um grupo de unidades pré-produzidas (ou produzidas) aleatoriamente, selecionadas da primeira rodada da produção. Geralmente, recomenda-se que um mínimo de cinco unidades seja testado simultaneamente, embora isso possa ser impraticável no processo de aquisição um pequeno número de dispositivos ITS muito grandes (p.ex., DMS). O teste NTCIP deve ser parte do programa DAT; fornecer orientação no gerenciamento de DAT, para além do teste NTCIP, está fora do escopo do NTCIP 9012 v01.

É recomendado que os testes, de choque e vibração, sejam executados antes dos testes de desempenho e ambiente. Isso garante que qualquer falha latente (p. ex., conexões parcialmente quebradas), provavelmente, seja mais visível durante o teste de ambiente mais extenso.

Vários aspectos são importantes durante a revisão dos testes de protótipo propostos. Primeiro: o que será monitorado e como. É importante que o ambiente de teste seja completamente inspecionado e testado, para que no caso de ocorrência de erros, eles possam ser detectados. Além disso, todo o monitoramento deve ser contínuo, pois algumas falhas podem ter natureza transiente e ser causadas por variações de temperatura dentro do dispositivo ITS. A instrumentação utilizada para medição da operação do dispositivo ITS, ou o ambiente do teste (temperatura, voltagem, etc.), devem ser calibrados, e esse ajuste deve ser recente. A calibragem deve ser executada com base nas orientações do fabricante dos instrumentos e depende do tipo de instrumentação e utilização.

Segundo: é importante definir totalmente o que constitui operação adequada e inadequada. Isso deve ser claramente identificado dentro do procedimento de teste.

Um alerta: muitos dispositivos ITS podem ser bastante complexos por natureza, e pode haver ocasiões em que uma “anomalia” ocorra durante a qual o DUT não funcione adequadamente, p. ex., ele pode se

reconfigurar ou recuperar, e a repetição do teste na mesma velocidade pode não apresentar a falha. Outros exemplos podem incluir relatórios de falha de pixels, que parecem desaparecer, ou medidas que apresentam erros transientes quando lidas. Tais ocorrências são suspeitas e devem resultar na classificação do teste como “falho”, exigindo a análise detalhada da causa e o saneamento da anomalia. Existe a tendência de se “aprovar” o DUT, com a tal falha transiente, mas se tal anomalia aconteceu em uma pequena amostra de dispositivos ITS, outras anomalias podem ser esperadas em um número maior de dispositivos ITS quando implantados. Como exemplo, se o DUT experimenta uma anomalia não explicada que exige intervenção manual (p.ex., reconfiguração, ciclo de energia) durante o teste (sem razão aparente), quando muitas unidades forem instaladas, pode ser esperado que um número maior dos dispositivos ITS implantados exiba anomalias similares, cada uma necessitando intervenção manual.

Tanto o teste de protótipo, quanto o DAT, deve ser testemunhado pela instituição ou um terceiro independente, com conhecimento. A participação da instituição tem várias vantagens incluindo:

- a) A instituição é o melhor juiz dos muitos problemas, como facilidade de reparo ou acessibilidade;
- b) A instituição tem a oportunidade de observar o dispositivo em situações extremas;
- c) Caso o dispositivo ITS experimente uma anomalia ou falha, a instituição ganha experiência e entendimento daquilo que pode esperar quando ocorrerem falhas do dispositivo ITS, depois da instalação.

5.2.3 Teste de aceitação do fabricante

Esse é, geralmente, o último teste realizado antes da entrega do dispositivo ITS à instituição, e pode ser observado pela instituição. O objetivo desse teste é garantir que as unidades produzidas tenham sido construídas de modo idêntico à unidade que foi submetida ao DAT e que todas as conexões e funções estão totalmente operacionais. Quando o dispositivo ITS incluir funções analógicas, isso deve ser verificado para garantir que a operação aconteça dentro dos parâmetros de tolerância aceitáveis.

Para os dispositivos maiores, como DMS, são incluídos aspectos tais como inspeção detalhada da construção, revisão dos requisitos como consumo de energia e peso da unidade, e verificação de todos os pixels quanto à operação e intensidade uniforme. Em geral, o teste de aceitação do fabricante (FAT [Factory Acceptance Test]) inclui a verificação de 100% da continuidade e função para assegurar que ele foi construído sem erros.

Se o dispositivo ITS oferecido é “padrão”, e o dispositivo ITS passou por testes de protótipo e DAT, então a revisão do teste de design detalhado e ambiente, frequentemente, é dispensado. Isso significa que o FAT é a única oportunidade que a instituição tem de revisar o dispositivo ITS antes da remessa.

Algumas instituições (p. ex., CalTrans) exigem que todas as unidades passem pelo ciclo de repetição e de ambiente monitorado durante a totalidade, ou uma gama limitada, de temperaturas ambientais antecipadas, para a instalação. Esse tipo de teste de repetição é recomendado para dispositivos ITS eletrônicos e, normalmente, executado por aproximadamente 100 horas. Enquanto todos os DMS não podem ser testados com relação à temperatura, partes do dispositivo ITS, como o controlador, podem ser expostas ao ciclo de ambiente. O FAT deve incluir a inspeção para construção como os testes de conformidade de revestimento e vazamento de água.

5.2.4 Teste de entrega do dispositivo ITS

Uma vez o dispositivo ITS seja entregue para a instituição, ele deve ser inspecionado quanto a danos causados pela remessa e manuseio. Quando possível, o dispositivo ITS deve ser ligado e operado por meio de teste que exercita totalmente todas as conexões, recursos e funções.

Algumas instituições estabeleceram laboratórios de teste e/ou instalações de teste de integração. Quando tal instalação estiver disponível, o teste de entrega do dispositivo ITS pode ser mais rigoroso e envolver partes do teste de aceitação local. Essa abordagem geralmente é utilizada quando a instituição planeja a atualização do programa em larga escala. Tal instalação para teste de integração permite que a instituição configure totalmente e teste o dispositivo ITS em condições simuladas (ciclos, comunicações, semáforos) e verifique as operações de ponta-a-ponta.

Onde o sistema central não esteja disponível, o teste da unidade do dispositivo ITS acontece onde todas as suas operações podem ser verificadas com a utilização de um simulador isolado, ou outra unidade de teste, e todas as entradas podem ser simuladas.

5.2.5 Teste local de aceitação

Uma vez o dispositivo ITS tenha sido instalado nos seus locais designados de operação, a total funcionalidade do dispositivo é mais uma vez testada e verificada. Se o sistema estiver instalado, significando a conexão do dispositivo ITS ao sistema completo, e a verificação de todas as operações e resultados do dispositivo ITS. Quando o sistema central ou a infraestrutura de comunicações não estiver disponível, esse teste deve ser realizado com a utilização de um simulador isolado ou instrumento similar de teste. Uma vez o dispositivo ITS tenha sido testado e verificado (p. ex., imagens CCTV atendem as tolerâncias, as funções pa-tilt-zoom funcionam adequadamente, as mensagens são mostradas de forma adequada, todas as funções dos pixels estão corretas, e a lógica de detecção de falhas está funcionando adequadamente), o dispositivo ITS é aceito e fica sujeito ao período de observação de operação.

Uma palavra de alerta na instalação de dispositivos ITS, como CCTV e painéis de mensagens dinâmicas, antes que a estrutura de comunicações esteja instalada. Uma vez o dispositivo ITS seja instalado no seu local final, e o teste de aceitação tenha sido completado, recomenda-se que o dispositivo ITS seja energizado e monitorado. Em geral, não é recomendável que o dispositivo ITS seja instalado e permaneça desligado, ou não operado, por um longo período de tempo.

5.2.6 Teste de repetição e observação

Uma vez o dispositivo ITS tenha sido instalado e verificado, ele é conectado ao sistema e passa por um período de observação: normalmente um período de 30 a 60 dias durante os quais o dispositivo ITS deve exibir operação sem erros. Durante esse período, o dispositivo ITS deve ser exercitado para monitoramento da funcionalidade da unidade. Isso pode incluir mensagens de teste, utilização de câmera pelo operador, operação do tráfego, ou coleta de dados, como exemplos.

É importante, nessa fase de teste, que o dispositivo ITS seja exercitado e inspecionado regularmente, que as falhas sejam detectáveis, que o dispositivo seja continuamente monitorado, e que as falhas da infraestrutura de comunicações ou do sistema central não sejam atribuídas ao próprio dispositivo ITS. Quando a aquisição do dispositivo ITS é independente da infraestrutura de comunicações e do sistema central, é importante que as disposições sobre a aquisição identifiquem as responsabilidades do fabricante do dispositivo de modo que possa ser medida, e os objetivos da alocação de recursos.

Também é importante que os dispositivos ITS e o sistema sejam expostos à carga máxima de comunicações para garantir que não existam problemas latentes de processamento, devido ao tamanho do tráfego da rede. Experiências recentes com alguns dispositivos ITS no ambiente Ethernet têm demonstrado deficiências de processamento, que causaram que os dispositivos ITS ganhassem ou perdessem tempo, fossem para função flash, ou experimentassem outras anomalias relativas ao tempo. Felizmente esses tipos de problemas têm sido antecipados e foram incluídos no DAT.

5.3 QUEM DEVE EXECUTAR OS TESTES

Com qualquer dispositivo ITS, a instituição deve identificar o responsável pela condução dos testes, bem como as disposições apropriadas sobre desempenho e o entendimento claro das responsabilidades de todas as partes envolvidas nos testes. A instituição deve também incluir a descrição clara das consequências das falhas nos testes, em relação ao processo de aquisição, restrições de orçamento, e cronograma.

5.3.1 Testes da instituição

Os testes da instituição são o componente do quadro dos testes que é executado pelos membros do pessoal da instituição. Espera-se que a instituição, possivelmente com um consultor independente, possua o conhecimento técnico, as ferramentas, e o pessoal para condução dessa fase dos testes, independentemente da assistência do fabricante. Frequentemente, esse é o último estágio dos testes para o projeto, quando a instituição faz a determinação final sobre se o produto entregue se conforma às especificações da instituição.

Para garantir que os testes do dispositivo ITS sejam abrangentes, a entidade deve se envolver na criação dos requisitos, e na documentação dos testes utilizados para verificação se o dispositivo ITS se conforma ou não com as especificações da instituição. A instituição deve também desenvolver e compreender o padrão de referência, para avaliar de forma precisa os resultados dos testes. O pessoal da instituição deve também testemunhar os testes para fornecer verificação sobre a execução apropriada do plano de testes.

5.3.2 Teste do fabricante

O teste do fabricante cobre os testes realizados pela mesma. A aquisição de dispositivos ITS aprovados em campo, e autorizados para aquisição imediata, não necessitam de testes adicionais do fabricante. Se um dispositivo ITS estiver sendo desenvolvido especificamente para a instituição, ou o dispositivo já existente estiver sendo modificado para a instituição, então os testes adicionais devem ser exigidos. A instituição ou o seu consultor representante deve testemunhar esses testes adicionais do fabricante.

O problema do gerenciamento de configuração de equipamento/firmware é especialmente importante para o teste do fabricante. O fabricante deve ser capaz de identificar positivamente tanto a revisão de equipamento como a de firmware, que foi ou está sendo testado. O número da versão do firmware deve fornecer à instituição informações suficientes para que o firmware específico possa ser rastreado, incluindo testes de todas as versões.

Embora os testes do fabricante sejam normalmente exigidos, eles não são suficientes por si mesmos. A desvantagem dos testes do fabricante é a falta do ambiente singular instalado, no qual o dispositivo ITS terá de funcionar no campo. O ambiente inclui o sistema central, a infraestrutura de comunicações e a presença de outros dispositivos ou componentes ITS, que funcionam em conjunto com o dispositivo ITS (ou seja, periféricos ou dispositivos que compartilham o mesmo canal de comunicações). Se o projeto especifica que o dispositivo ITS deve extrair informação de outro dispositivo ITS e enviar aqueles dados para o sistema central, o segundo dispositivo ITS deverá estar disponível para testar adequadamente tal função.

Os fabricante devem submeter à descrição completa da sua abordagem de teste, o ambiente de teste, e explicar e demonstrar como a configuração do teste mede os parâmetros e detectam os erros quando eles ocorrem.

5.3.3 Teste de laboratório independente

O teste de laboratório independente geralmente é utilizado para verificar se o dispositivo ITS atende a certas especificações de ambiente, tais como vibrações, variações de temperatura, condições de energia, e saída de luz. Esses testes são comumente exigidos para os controladores de tráfego e outros dispositivos ITS. Tais documentos contém o perfil dos testes, como os padrões do NEMA TS 2-2003 para os controladores de sinais de trânsito e as versões anteriores dos padrões NEMA (p. ex., NEMA 1-1989), a CalTrans TEES, e o NEMA TS 4-2004. No entanto, tais padrões não documentam todos os procedimentos únicos de testes da instituição ou do projeto, configuração do teste, e operação de equipamento a ser monitorado. Tais procedimentos de teste são, frequentemente, desenvolvidos pelo fabricante ou instituição e fornecem, para o laboratório de testes que monitora os testes, a medição e monitoramento do equipamento.

Quando o laboratório independente é utilizado para os testes NTCIP, a instituição deve primeiro definir os procedimentos e conjuntos de testes que o laboratório independente estará utilizando. Por exemplo, a instituição deve definir se o laboratório testará a comunicação com o dispositivo ITS, ou com uma função do dispositivo ITS. Em qualquer caso, a instituição deve trabalhar com o laboratório para definir toda a metodologia do teste. Se o laboratório de testes não estiver familiarizado com os dispositivos ou padrões ITS, então a instituição (ou consultor) deve fornecer orientação na forma de um plano de teste que inclui a configuração e os procedimentos para os testes.

O laboratório independente pode não possuir a perícia na área. Mesmo quando a especificação detalhada da instituição sobre os requisitos e a PRL associada são fornecidas, existe a possibilidade significativa de erros nos testes tendo como base a falta de perícia na área. Baixar um banco de dados, por exemplo, é uma tarefa que exige perícia significativa na área. Por exemplo, se a ação de baixar o Phase Block Data conforme especificado no NTCIP 1202 v2 for rejeitada, a perícia na área determina

onde o procedimento do teste, o ambiente do teste, ou o dispositivo ITS, falhou. Dependendo dos dados fornecidos por alguns dos elementos do bloco de dados a rejeição do ato de baixar os dados é a ação correta do controlador.

E, finalmente, o laboratório independente não possui necessariamente acesso aos recursos necessários para condução dos testes. O teste de certos dispositivos ITS exigem conhecimentos específicos sobre como os dispositivos são instalados no campo. Para os controladores de tráfego, a combinação de bits de alarme retornam na `unitAlarmStatus1` e `shortAlarmStatus`, no painel flash de polícia as condições variam conforme o tipo de gabinete (TS 1, TS 2, TS 2 operando como TS 1) e como a instituição implanta o flash. Considerando que o pessoal do laboratório possui o conhecimento exigido na área, para configurar os dispositivos ITS, o ambiente de teste deve também imitar a condição de instalação no campo, para validação de desempenho do dispositivo ITS.

Vários laboratórios estabeleceram instalações de testes do NTCIP e estão desenvolvendo procedimentos mais abrangentes (seguindo o NTCIP 8007 v01) do teste, para conformidade com o NTCIP. Além disso, cada modificação do software exige a repetição do teste completo, para conformidade com o NTCIP, conforme cada nova versão do padrão NTCIP é publicada.

Se um laboratório independente for selecionado para atuar como a instalação dos testes, a instituição (ou o consultor da instituição) deve examinar o plano de teste e os procedimentos detalhados do teste, para garantir que todos os requisitos dos padrões aplicáveis e das especificações da instituição sejam testados de modo consistente com a expectativa de operação da instituição.