

## 9. SÍNTESE DOS RESULTADOS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com o propósito de contextualizar as conclusões do trabalho e encaminhar recomendações para seu desdobramento, resumem-se, a seguir, os objetivos centrais originalmente propostos:

1. caracterização metrológica da incerteza de medição de TF do LPTF;
2. diagnóstico da melhor capacidade de medição (CMC) do LPTF, para disponibilização na base de dados do BIPM;
3. comparação das incertezas avaliadas com os valores praticados pelo LPTF e identificação de possíveis pontos de melhoria factíveis:
  - no curto prazo, aproveitando a mudança de instalações;
  - no curto prazo, alterando / criando procedimento técnico do SQ;
  - No médio/longo prazo, com a construção de nova ferramenta ou aquisição de novo equipamento.
4. aprimoramento dos processos do Sistema da Qualidade ligados à calibração e à manutenção da rastreabilidade de TF.

### 9.1. Balizadores

Destacam-se, a seguir, os balizadores que fundamentam o desenvolvimento da presente pesquisa:

- i. o Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement-GUM*, 1998), e o Guia da *European co-operation for Accreditation*, EA-4/02 (*Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration*), que regem as melhores práticas internacionais para se calcular e expressar as incertezas de medição;

- ii. orientações específicas estabelecidas pelo Comitê Consultivo de Tempo e Frequência do CIPM (CCTF) para expressão da melhor capacidade de medição do LPTF;
- iii. requisitos técnicos para implantação do sistema da qualidade laboratorial, à luz da ISO/IEC 17025;
- iv. exigências do Acordo de Reconhecimento Mútuo de padrões metrológicos nacionais e resultados de calibração e de medição emitidos por Laboratórios Nacionais de Metrologia celebrado no âmbito da Convenção do Metro (do qual o Brasil é signatário), que requer declaração formal da melhor capacidade de medição do laboratório primário de tempo e frequência e que deve ser disponibilizada na base de dados do BIPM.

## 9.2. Síntese dos Resultados

A seguir, apresentam-se os resultados efetivamente consolidados e entendidos como contribuições do presente trabalho:

- i. **padronização do cabeamento** (seção 7.1) – adoção de comprimento padronizado para os cabos utilizados na transmissão do sinal de referência de 1 PPS e caracterização dos retardos e das respectivas incertezas de medição;
- ii. **correção de parâmetro no receptor GPS monocanal** (seção 7.1) – identificação e correção de discrepância entre o valor utilizado para o retardo do sinal de referência UTC(ONRJ) no receptor GPS monocanal e o valor real do retardo introduzido pelo cabo que alimenta o receptor monocanal com o sinal 1PPS da fonte primária T130;
- iii. **redução da incerteza do enlace de tempo com o BIPM** (seção 7.1) – melhoria da incerteza de medição Tipo A associada ao enlace de tempo ONRJ em virtude da introdução de um receptor multicanal na geração do UTC(ONRJ) a partir da ETAB;
- iv. **melhoria do sistema da qualidade do LPTF** (seção 7.1) pela:

- adequação do sistema da qualidade à nova infra-estrutura laboratorial do LPTF, inclusive incorporando as recomendações do relatório da comissão externa de avaliação (*Peer Review* realizada em setembro de 2004 por exigência do Convênio INMETRO de delegação à DSHO/ON da condição de laboratório primário brasileiro de TF), que viabilizou a auditoria por especialistas internacionais (CENAM/México, IPQ/Portugal e INMETRO). Esta auditoria atende à prerrogativa do Sistema Inter-Americano de Metrologia (SIM), pré-condição à formalização da melhor capacidade de medição (TF) no Anexo C do CIPM/MRA.
  - inclusão nos procedimentos técnicos de uma metodologia específica de comparação dos dados UTC(k) publicados na Circular-T pelo BIPM com os valores obtidos por predição;
  - avaliação do comportamento do relógio padrão de referência por meio da tabela de desvio de Allan acumulado do padrão de referência de TF da DSHO;
- v. **novo sistema de comparação GPS** (seção 7.3.1.c) – aquisição e ativação do receptor de satélites GPS integrante do ‘Sistema de Medição de Tempo SIM’;
- vi. **redução da incerteza de calibração de cronômetros** (seção 7.3.2.f) – redução da incerteza de medição do sistema CRONOMED de calibração de cronômetros;
- vii. **caracterização da CMC** (capítulos 7 e 8) – caracterização das incertezas de medição, revisão e elaboração da Melhor Capacidade de Medição (CMC) do LPTF para disponibilização na base de dados do BIPM.

### 9.3.

#### Principais conclusões

Os resultados sintetizados e caracterizados acima cumprem os objetivos centrais originalmente propostos.

o presente trabalho contribuiu para a consolidação de um sistema de metrologia primária de TF mais robusto, por meio de reanálise dos sistemas, implementação operacional de novos equipamentos e rotinas de

monitoramento e controle, gerando nova versão da CMC a ser disponibilizada no Anexo-C do CIPM/MRA.

O desenvolvimento da presente dissertação permitiu também reavaliar as planilhas eletrônicas desenvolvidas para o computador das incertezas associadas às medições de TF, incorporando informações tácitas sobre o processo e sistemas de medição.

A consolidação desse processo conduz a uma nova auditoria (*Peer Review*) com ação coordenada junto ao Sistema Inter-Americano de Metrologia (SIM), a quem compete o encaminhamento formal da melhor capacidade de medição do País para sua inclusão no Anexo C do referido acordo MRA.

Do ponto de vista formal, o trabalho capacitou o LPTF para participar de comparações inter-laboratoriais no mais elevado nível metrológico (*key comparisons*) uma vez que disponibilizou, segundo as exigências do acordo CIPM/MRA, a sua melhor capacidade de medição que inclui a expressão da incerteza de medição e a implementação de procedimentos formais (técnicos e de gestão) de seu sistema da qualidade.

#### **9.4. Recomendações**

Dentre os inúmeros desdobramentos possíveis do presente trabalho relacionado à metrologia de TF, destacam-se:

- Aprimoramento do conteúdo de procedimentos técnicos e respectivas planilhas de cálculo, explicitando o conhecimento utilizado anteriormente de forma tácita, em especial nos cálculos envolvendo contribuições de incerteza de medição.

- Automatização de rotina de cálculo fazendo uso dos dados diários obtidos diretamente dos satélites por meio do método CV para permitir assim uma forma alternativa de monitoração diária da estabilidade de frequência do padrão de referência, conforme descrito na seção 7.1 e avaliação de resultados para intervalos de tempo diversos.

- Criação de procedimento de comparação e análise dos dados entre os dois receptores GPS já em operação e o novo receptor SIM GPS, aprimorando desta forma o monitoramento dos padrões de TF do LPTF.

- Programação junto com o BIPM de calibração do receptor GPS do LPTF com o propósito de reduzir a incerteza tipo B do enlace de tempo do ONRJ.

- Desenvolvimento e implementação de um sistema de medição de sinais 1 PPS com aquisição simultânea de múltiplos canais.

- Desenvolvimento de um discriminador óptico que acoplado ao mostrador possibilite calibração automática de relógios, cronômetros e temporizadores.

No que concerne ao aspecto da metrologia legal em TF no Brasil, julga-se oportuno formalizar a seguinte observação aqui apresentada como base de reflexão e possível encaminhamento de uma ação futura: - faz-se necessária uma maior conscientização sobre a utilização e divulgação da 'data-hora', bem como dos aspectos relacionados à sua a fiscalização. Embora a 'data-hora' venha sendo utilizada, constata-se comumente que ela não apresenta rastreabilidade à hora legal brasileira. E para se garantir esta rastreabilidade, são necessários equipamentos e processos operacionais especializados e, dependendo das aplicações, de custo elevado.

