



A oportunidade de execução de programas de comparações interlaboratoriais em laboratórios de vazão que realizam calibrações de medidores gás residenciais e hidrômetros no Brasil no momento atual

Jorge Venâncio¹; Marina S. de Oliveira Ilha²; Flávio Augusto Picchi³

¹ Doutorando do curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - FEC/UNICAMP; Campinas; Brasil, venanciocomgas@uol.com.br

² Professora do Departamento de Arquitetura e Construção, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - FEC/UNICAMP; Campinas; Brasil, milha@fec.unicamp.br

³ Professor do Departamento de Arquitetura e Construção, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - FEC/UNICAMP; Campinas; Brasil, fpicchi@fec.unicamp.br

Resumo: Programas de comparação inter-laboratoriais são importantes para a metrologia. Desconhece-se tal iniciativa no país no que se refere aos laboratórios destinados à avaliação de hidrômetros e medidores de gás residenciais.. Este trabalho tem como objetivo avaliar a oportunidade de execução programas desse tipo. Para tal, foram construídos cenários com estimativas reduções de incertezas de medição nas medições destes fluidos e determinados os impactos econômicos subsequentes. Os resultados obtidos evidenciam a viabilidade econômico-financeira de programas de comparação inter-laboratoriais que avaliam os referidos equipamentos.

Palavras chave: medição; incerteza; gás; água.

1. INTRODUÇÃO

Países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, possuem perspectivas de acentuado crescimento a curto e médio prazo e para tal, entre outros aspectos, necessitam desenvolver as suas redes de distribuição de insumos (água, gás e eletricidade principalmente) muito rapidamente quando comparado com o que ocorreu nas nações desenvolvidas.

Os padrões de competitividade mundiais impõem a qualidade como diferencial entre as empresas, exigindo atualização contínua dos processos produtivos [1]. No cenário atual, o parâmetro erro de medição está associado diretamente com o risco do negócio. Uma das principais maneiras de se assegurar a exatidão das medições dos insumos prediais de água e gás é a tomada de ações para reduzir as incertezas envolvidas em toda a sua cadeia de rastreabilidade. Esta questão se reveste de importância capital no momento atual que atravessa o Brasil, tendo em vista o crescimento do mercado residencial do gás combustível, a necessidade de racionalização dos recursos hídricos, a conscientização da sociedade em relação aos seus

direitos de cidadania e o aumento do escopo de atuação da supervisão metrológica legal no país.

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho é o avaliar a oportunidade de execução de programas de comparações interlaboratoriais em laboratórios de vazão que realizam calibrações de medidores de gás residenciais e hidrômetros.

3. O ESTABELECIMENTO DE UM SISTEMA UNIVERSAL DE MEDIDAS

Até o século XVI, não havia no mundo um sistema coerente e universal de medidas, baseado em grandezas físicas invariantes [2]. Nesta época, havia preponderância para as atividades agrícolas e pelo comércio local e a principal virtude de um sistema de medidas residia em sua compreensão imediata. Neste cenário, existiam sistemas de medidas específicos para cada tipo de atividade econômica e/ou região geográfica. O governo política mantinha os padrões oficiais de medidas e a uniformização das medidas dificilmente ultrapassava as fronteiras da cidade ou da região.

A introdução de um sistema coerente e universal de medidas sempre foi um desafio para a humanidade. Até o Século XVI, o estabelecimento dos padrões de referência era precário e se baseava em medidas corporais humanas tais como, o pé a polegada etc. Uma medição tem imperfeições que dão origem a erros no resultado da medição. No entanto os erros por si só não permitem expressar o resultado da medição uma grandeza física. Para tal, é obrigatório que seja dada alguma indicação quantitativa da qualidade do resultado, de forma tal que aqueles que o utilizam possam avaliar sua confiabilidade [3]. Sem essa indicação, resultados de medição não podem ser comparados, seja entre eles mesmos ou com valores de referência fornecidos numa especificação ou numa norma. É, portanto, necessário que

haja um procedimento prontamente implementado, facilmente compreendido e de aceitação geral para caracterizar a qualidade de um resultado de uma medição.

4. O CONCEITO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO E A SUA EVOLUÇÃO

A incerteza de medição é um parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentadamente atribuídos a um mensurando. Para entendimento deste conceito, se faz necessário a conceituação de outros parâmetros definidos pelo Vocabulário Internacional de Metrologia como segue [4] :

- **Mensurando:** Objeto da medição. Grandeza específica submetida à medição
- **Exatidão de medição:** Grau de concordância entre o resultado de uma medição e um valor verdadeiro do mensurando
- **Valor Verdadeiro de uma Grandeza:** Valor consistente com a definição de uma dada grandeza específica. Trata-se de um valor que seria obtido por uma medição perfeita que portanto por natureza é indeterminado.
- **Erro de medição:** Resultado de uma medição menos o valor verdadeiro do mensurando.
- **Erro aleatório:** Resultado de uma medição menos a média que resultaria de um infinito número de medições do mesmo mensurando efetuadas sob condições de repetitividade.
- **Erro sistemático :** Média que resultaria de um infinito número de medições do mesmo mensurando, efetuadas sob condições de repetitividade, menos o valor verdadeiro do mensurando.
- **Repetitividade de resultados de medições:** Grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo mensurando efetuadas sob as mesmas condições de medição.

Destes conceitos concluímos que tendo em vista que o valor verdadeiro de uma grandeza nunca é conhecido, urge caracterizar a qualidade de um resultado de uma medição, isto é, avaliar e expressar sua incerteza.

O conceito de incerteza como um atributo quantificável é relativamente novo na história da medição, embora erro e análise de erro tenham sido, há muito tempo, uma prática da ciência da medição ou metrologia. É agora amplamente reconhecido que, quando todos os componentes de erro conhecidos ou suspeitos tenham sido avaliados e as correções adequadas tenham sido aplicadas, ainda permanece uma incerteza sobre quão correto é o resultado declarado, isto é, uma dúvida acerca de quão corretamente o resultado da medição representa o valor da grandeza que está sendo medida.

Da mesma forma como o uso quase universal do Sistema Internacional de Unidades (SI) trouxe coerência a todas as medições científicas e tecnológicas, um consenso mundial sobre a avaliação e expressão da incerteza de medição permite que o significado de um vasto espectro de resultados

de medições na ciência, engenharia, comércio, indústria e regulamentação, seja prontamente compreendido e apropriadamente interpretado. Nesta era de mercado global, é imperativo que o método para avaliar e expressar a incerteza seja uniforme em todo mundo, de forma tal que as medições realizadas em diferentes países possam ser facilmente comparadas.

Basicamente a incerteza do resultado de uma medição reflete a falta de conhecimento exato do valor do mensurando. O resultado de uma medição, após correção dos efeitos sistemáticos reconhecidos, é ainda, tão somente uma estimativa do valor do mensurando, por causa da incerteza proveniente dos efeitos aleatórios e da correção imperfeita do resultado para efeitos sistemáticos. Na prática existem muitas fontes possíveis de incerteza, sendo uma das que merece atenção, particularmente para os medidores de gás e hidrômetros, são aquelas ligadas ao controle de qualidade dos resultados da calibração dos laboratórios.

5. METODOLOGIA

Os impactos financeiros potenciais oriundos das medições de água e gás das edificações brasileiras foram avaliados por meio da determinação dos montantes financeiros que deixariam de ser transferidos indevidamente, tanto das concessionárias para o consumidor como vice-versa. A metodologia utilizada foi:

- Estimativa de volumes em m^3 dos volumes de água e gás totalizados anualmente;
- Levantamento das tarifas médias de água e gás canalizado
- Levantamento dos valores típicos de erros e incertezas de calibração de medidores de água e gás e estabelecimento de cenários viáveis de redução de incerteza;
- Estimativa dos impactos financeiros.

Considerou-se apenas o volume de gás natural para as referidas estimativas, uma vez que não se dispõe dados qualitativos acerca das instalações com GLP no Brasil. Fontes não confirmadas sinalizam que o número de medidores de gás usados para GLP no Brasil para o segmento habitacional é equivalente ao número de medidores para gás natural.

5.1 Estimativa dos volumes residenciais de água e gás totalizados anualmente

Segundo o censo de 2000, o Brasil possuía 25.006.557 ligações de água residenciais providas com hidrômetro [5]. O consumo médio de água de um hidrômetro no Brasil está em torno de $40m^3/mês$ [6]. Diante do exposto pode-se estimar o volume anual de água totalizado para uso residencial no Brasil em $1.000.262.280 m^3/ano$. Para o caso do gás natural, o volume diário comercializado no Brasil no segmento residencial em Março/2009 foi de $573.060 m^3/dia$ [7]. Considerando-se que a sazonalidade do consumo de gás natural no Brasil neste mercado é muito reduzida, podemos estimar o volume anual de gás natural totalizado em $206.301.600 m^3/ano$.

5.2 Estimativa das tarifas médias residenciais de água e gás canalizado

A tarifa média de água no Brasil (água e esgoto) está em torno de R\$1,80/m³ [8]. Para o caso do gás natural na cidade do Rio de Janeiro, existem quatro faixas tarifárias em conformidade com a faixa de consumo, que são respectivamente, R\$1,3366 /m³, R\$1,7265/m³, R\$2,0828/m³ e R\$2,2010/m³ [9]. Para a cidade de São Paulo, as tarifas vigentes encontram-se na tabela 1 [10].

Tabela 1 – Tarifas de Gás natural – São Paulo, 2008 [10]

Classe (m ³ /mês)	Termo fixo (R\$)	Tarifa Variável R\$/m ³	Tarifa média (R\$)
0 – 0	13,36		
0,01 a 8,00	13,36	1,167867	4,51
8,01 a 17,00	13,97	2,772677	3,93
17,01 a 40,00	15,03	3,377999	3,90
> 40,00 m ³ /mês	15,03	3,617313	3,84

Considerando-se que a grande maioria dos consumidores de gás canalizado encontram-se nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo e ambas as cidades possuem hoje um número de consumidores similar, adotou-se para a estimativa da tarifa, a média dos quatro valores correspondentes, respectivamente, às duas tarifas mais baixas de cada cidade. Diante do exposto, considerou-se para esta estimativa as tarifas de R\$1,34 /m³ e R\$1,73/m³ para a cidade do Rio de Janeiro e as tarifas de R\$3,84/m³ e R\$3,90/m³ para a cidade de São Paulo (classes tarifárias 4 e 5, considerando os termos fixos e variáveis). Desta maneira obteve-se o valor da tarifa média de R\$2,70/m³.

5.3 Valores típicos de erros e incertezas de calibração de medidores de água e gás

A legislação Brasileira que trata da exatidão dos hidrômetros é a Portaria Nº. 246 INMETRO de 2000 que

estipula erros máximos varáveis entre $\pm 1\% \pm 5\%$, conforme a classe de exatidão do hidrômetro e a vazão em questão [11]. As classes de exatidão correspondem a designações dos hidrômetros em função da exatidão.

Já para o gás, os erros máximos admissíveis para medidores para o segmento residencial (medidores do tipo diafragma), são $\pm 3,0\%$ ou $\pm 1,5\%$ de acordo com a vazão em que o medidor é calibrado. [12] A norma ISO 4064(2005) estabelece que a incerteza das bancadas de calibração máxima admissível para as calibrações com vazão é de 1/3 dos erros máximos permitidos [13]. Diante da ordem de grandeza de valores apresentados, adotou-se como parâmetro para estimativa dos potenciais impactos econômicos oriundos da variação da incerteza da medição valores incrementais de 0,1%. Acredita-se que este valor é conservador tendo em vista os erros máximos admissíveis pelas normas e regulamentos e as incertezas máximas típicas (1/3 dos erros). Há ainda que se considerar o fato de que a implementação de melhorias nos laboratórios de vazão tende a implicar não somente na redução das incertezas, mas também na eventual identificação e minimização de erros sistemáticos nas bancadas de calibração. Finalmente, cabe ainda colocar que o processo de acreditação de laboratórios no Brasil é incipiente, o que leva a crer que existam oportunidades para a redução das incertezas de calibração.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 ilustra os impactos econômicos potenciais oriundos das variações da incerteza da medição nas calibrações de medidores de água e gás no Brasil. Tratam-se de valores bastante significativos e que vem a comprovar a oportunidade de se investir na melhoria da exatidão das medições dos insumos água e gás das edificações brasileiras. Cabe colocar que os cenários idealizados para a magnitude de incerteza foram bastante conservadores, o que sugere que os impactos econômicos reais possam ser ainda maiores.

Tabela 2 - Impactos Econômicos Potenciais das calibrações de medidores de água e gás

Item	Água	Gás Canalizado	Total
Volume anual (m ³)	1.000.262.280	206.301.600	
Tarifas médias	R\$1,80/m ³	R\$2,70/m ³	
Montante anual transacionado (R\$)	1.800.472.104,00	557.014.320,00	2.357.486.424,00
Montante correspondente a 0,1% de incerteza(R\$)	1.800.472,00	557014,00	2.357.486,00
Montante correspondente a 0,2% de incerteza (R\$)	3.600.944,00	1.114.028,00	4.714.972,00
Montante correspondente a 0,3% de incerteza (R\$)	5.401.416,00	1.671.042,00	7.072.458,00

Para garantir a precisão das atividades realizadas em laboratório de calibração, um dos fatores que tem grande importância é a definição de métodos e a forma de realizar e, principalmente, de administrar eficazmente todas as atividades realizadas em todas as fases, definindo métodos, ambiente, meio de medição, pessoal qualificado, entre outras exigências [14]. Neste contexto é sugerida a aplicação da Norma NBR ISO/IEC 17025, pois a mesma tem como um de seus requisitos básicos o controle de toda e qualquer variabilidade visando resultados confiáveis

com menores incertezas de calibração), isto é, o laboratório deve ter procedimentos de controle da qualidade para monitorar a validade dos calibrações realizados. A Norma ISO 17025 tem sido utilizada em âmbito mundial e no Brasil pelo INMETRO para a acreditação de laboratórios. Diante do exposto a acreditação do laboratório pode vir a contribuir significativamente para a redução das incertezas de calibração. A figura 1 ilustra o fluxo de acreditação de laboratórios adotado pelo INMETRO.

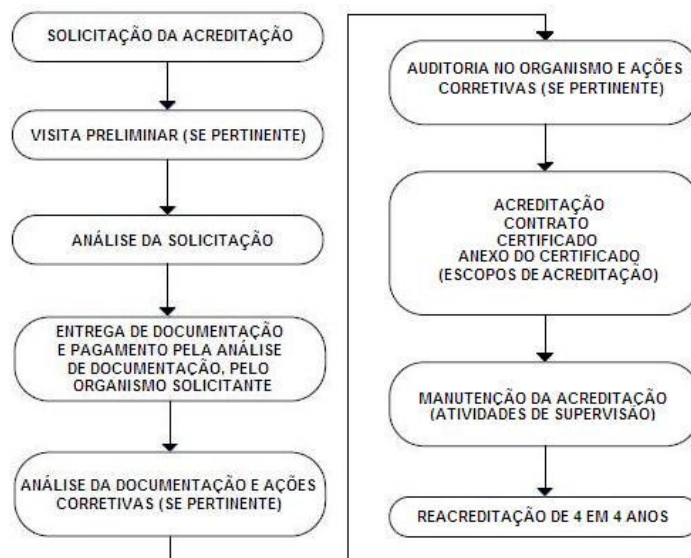


Figura 1 – Fluxograma para acreditação de laboratórios. Fonte: INMETRO 2002

Segundo HERNADEZ e AGUILERA (2009), quando em um certificado de calibração aparece o selo de acreditação emitido pelo INMETRO tem-se a certeza de que os resultados nele expressos não são garantidos apenas pela qualidade do laboratório que o emite, mas por toda uma estrutura metrológica nacional e internacional que da suporte científico para tal.

De acordo com a NBR/ISO 17025 (2005) um laboratório de vazão deve ter e deve aplicar um procedimento para estimar a incerteza de medição de todas as calibrações e tipos de calibrações [15]. Isto implica no fato de que o laboratório deve tentar identificar todos os componentes de incerteza e fazer uma estimativa razoável. A estimativa razoável deve estar baseada no conhecimento do desempenho do método e no escopo da medição e deve fazer uso, por exemplo, de experiência e dados de validação anteriores. Desta forma o atendimento aos requisitos da NBR/ISO 17025 se constitui em um passo fundamental para minimizar as incertezas oriundas da calibração.

Os programas de comparação interlaboratorial foram criados para averiguar a confiabilidade dos serviços prestados por um determinado grupo de laboratórios, proporcionando a melhoria da confiabilidade metrológica dos dados emitidos pelo laboratório, um melhor conhecimento da natureza dos desvios cometidos (sistemáticos ou aleatórios), o monitoramento de metodologias e da calibração/afereção de equipamentos, detecção de necessidade de treinamento, aprimoramento dos serviços prestados e benchmarking [16]. Além do controle, diversos estudos mostram que os laboratórios que participam nestes programas atingem um melhor desempenho e ganham diferencial no mercado. As etapas de um programa de comparação interlaboratorial compreendem o planejamento do programa, no qual são estabelecidos os pontos calibrados e os padrões de referência utilizados para comparação dos laboratórios, a

execução das calibrações, a captação e tratamento dos dados e finalmente a avaliação do desempenho dos laboratórios. Não é incomum se observarem discrepâncias entre resultados apresentados por laboratórios diferentes [17].

O desafio na comparação interlaboratorial consiste em estabelecer limites aceitáveis para estas diferenças. Cabe colocar que a supervisão metrológica dos laboratórios de vazão é insipiente no Brasil e que, portanto é de se esperar que a implementação destes programas venham a produzir benefícios significativos. Quando em um certificado de calibração aparece o selo de acreditação emitido pelo INMETRO tem-se a certeza de que os resultados nele expressos não são garantidos apenas pela qualidade do laboratório que o emite, mas por toda uma estrutura metrológica nacional e internacional que da suporte científico para ta [18].

As comparações interlaboratoriais se constituem em um instrumento de controle e diminuição das incertezas dos laboratórios de vazão. O documento DOQ-CGCRE-005 [19], Orientações para a organização de Comparações Interlaboratoriais pelas Comissões Técnicas da DICLA, do INMETRO (2002) fornece uma metodologia para o julgamento da qualidade de um resultado de medição estabelecendo parâmetros mínimos de incerteza obtidos através dos resultados das referidas comparações.

7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos evidenciam que a execução de programas de comparações interlaboratoriais para grandezas ligadas às medições de insumos das edificações brasileiras, é viável do ponto de vista econômico-financeiro, o que nem sempre é transparente para todos os coadjuvantes deste mercado. A sua implementação possui, portanto, benefícios que extrapolam a questão da exatidão da medição para os consumidores de água e gás. O Brasil

necessita investir em individualizações dos consumos de água visando a sua racionalização e, em instalações residenciais de gás canalizado, para reverter o fenômeno da “bolha” elétrica. A confiabilidade do retorno destes investimentos esta diretamente relacionada à exatidão das medições destes insumos e a incerteza das mesmas ao risco destes investimentos.

A exatidão e os parâmetros a elas associados tais como os erros e as incertezas, não se constituem apenas em parâmetros técnicos dos laboratórios. Os mesmos se revestem de importância capital para a implementação de doutrinas regulatórias avançadas de gestão das empresas de rede e para a obtenção de ganhos de eficiência que podem vir a beneficiar todos os coadjuvantes deste mercado e a sociedade como um todo. É oportuno o investimento em programas de acreditação de laboratórios e de comparações interlaboratoriais.

Não é incomum se observarem discrepâncias entre resultados apresentados por laboratórios diferentes [17]. O desafio na comparação interlaboratorial consiste em estabelecer limites aceitáveis para estas diferenças. Cabe colocar que a supervisão metrológica dos laboratórios de vazão é insipiente no Brasil e que, portanto é de se esperar que a implementação destes programas venham a produzir benefícios significativos.

Para garantir a exatidão das atividades realizadas em laboratório de calibração se faz necessário administrar eficazmente todas as atividades realizadas em todas as fases, definindo métodos, ambiente, meio de medição, pessoal qualificado, entre outras exigências [14]. Neste contexto é sugerida a aplicação da Norma NBR ISO/IEC 17025 (2005) [15], pois a mesma tem como um de seus requisitos básicos o controle de toda e qualquer variabilidade visando resultados confiáveis (com menores incertezas de calibração), isto é, o laboratório deve ter procedimentos de controle da qualidade para monitorar a validade dos calibrações realizadas. Um laboratório de vazão deve ter e aplicar um procedimento para estimar a incerteza de medição de todas as calibrações e tipos de calibrações. Um dos pontos mais importantes da referida norma é a utilização dos programas de comparação interlaboratoriais como instrumento de controle e diminuição das incertezas dos laboratórios de vazão [15].

REFERÊNCIAS

- [1] Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial INMETRO – Guia para a expressão da incerteza de medição - Rio de Janeiro, Agosto 1998.
- [2] DIAS, José Luciano de Mattos. Medida, normalização e qualidade; aspectos da história da metrologia no Brasil. Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial -Cidit – Centro de Informação e Difusão Tecnológica. Rio de Janeiro: Ilustrações, 1998. 292 p.
- [3] GALLAS, Márcia Russman Gallas Incerteza de Medição. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~marcia>. Acesso em 01/11/2008.
- [4] Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial INMETRO – Portaria n.º 029. Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia – VIM. Rio de Janeiro, 1995.
- [5] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#indicadores , Acesso em 30.05.2009
- [6] SANTOS, Luís , Mathídios. Pesquisa Consumo de água. Disponível em <http://www.planetaorganico.com.br/abertura.htm>. Acesso em 30.05.2009
- [7] GASNET, O site do gás natural e do GNV. Vendas de gás das distribuidoras por segmento em março de 2009 . Disponível em www.gasnet.com.br. Acesso em 30/05/2009.
- [8] TUCCI e outros. Gestão de água no Brasil: Uma Primeira Avaliação da Situação Atual e das Perspectivas para 2025. Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2004.
- [9] Companhia Estadual de Gás do Rio de Janeiro – CEG. Tarifas CEG. Disponível em www.ceg.com.br. Acesso em 31/05/2009.
- [10] Agência Reguladora de Energia e Saneamento do Estado de São Paulo – ARSESP. Portaria ARSEP ° 019, de 29-05-2008 . Tabelas tarifárias COMGAS, Disponível em <http://www.arsesp.sp.gov.br>, Acesso em 31/05/09.
- [11] Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial INMETRO – Portaria n.º 246, de 17 de Outubro de 2000. Rio de Janeiro, Dezembro de 2000.
- [12] Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial INMETRO – Portaria n.º 31, de 24 de Março de 1997. Rio de Janeiro, Março de 1997.
- [13] The International Organization of Standardization – ISO. ISO 4064.3 Measurement of water flow in fully charged closed conduits. Meters for cold portable water and hot water. Part 3 – Test methods and equipment. Paris, 2005.
- [14] LIMA, A Conrado. Integrando a ISO 9000:2000 à ISO/IEC 17025 em laboratório de ensaios. Revista Metrologia e Instrumentação. São Paulo, 2003.
- [15] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR/ISO-17025: Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração - Elaboração. Rio de Janeiro, 2005.
- [16] LEE, Marina. Programas de Comparação Interlaboratorial: por que são tão importantes?. Revista Metrologia e Instrumentação. São Paulo, 2008.
- [17] PIRES T.A.C e outros. Comparação interlaboratorial: Discussão sobre um método para ensaio de resistência a compressão em concreto. ENQUALAB-2006 – Congresso e Feira da Qualidade em Metrologia Rede Metrológica do Estado de São Paulo ANAIS – REMESP. São Paulo, Brasil, 2006.
- [18] HERNADEZ, Noemi e AGUILERA, Francisco. Por que calibrar seu Instrumento em um Laboratório Acreditado? Revista Intech Brasil, número 110 pgs 42 –m46. São Paulo, 2009.
- [19] Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO. Documento DOQ-CGCRE-005, Orientações para a organização de Comparações Interlaboratoriais pelas Comissões Técnicas da DICLA. Rio de Janeiro, 2002.