

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização: Tecnologia e Gestão do
Ambiente Construído

Daniel Meira Raydan

A RELEVÂNCIA DA ACREDITAÇÃO NA NORMA
ABNT NBR ISO/IEC 17025 PARA LABORATÓRIOS
DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Belo Horizonte,
2018

DANIEL MEIRA RAYDAN

**A RELEVÂNCIA DA ACREDITAÇÃO NA NORMA
ABNT NBR ISO/IEC 17025 PARA LABORATÓRIOS
DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização: Tecnologia e Gestão do Ambiente Construído do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Prof.^a Dra. Paula Bamberg

**Belo Horizonte,
2018**

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Prof.^a Dra. Paula Bamberg, pela oportunidade, atenção, disponibilidade, além de toda a orientação durante a realização do trabalho.

À Solocap Geotecnologia Rodoviária Ltda, seu diretor Cristiano Costa Moreira e colaboradores, pela oportunidade, confiança em meu trabalho e experiências vivenciadas que propiciaram a confecção deste estudo.

A todos os professores e funcionários do curso de especialização em Tecnologia e Gestão do Ambiente Construído que contribuíram ao longo do curso.

À minha família, em especial a meus pais, Lincoln e Soraya, pelas boas vibrações e torcida para que eu pudesse superar mais essa etapa.

À minha namorada Maria Tereza pela companhia, paciência e motivação.

Aos meus colegas do curso de especialização pela amizade, união e suporte sempre presentes.

A todos que de alguma maneira participaram e contribuíram para a execução deste trabalho.

EPÍGRAFE

“Tenha sempre em mente que, a cada mil dias de treinamento, seguem 10 mil dias de aperfeiçoamento.”

(Shinmen Musashi)

RESUMO

Na área da construção civil, importantes tomadas de decisão da engenharia baseiam-se em resultados de laboratórios de ensaios. Sendo então a competência destes laboratórios de grande relevância, este trabalho tem como objetivo geral fazer um levantamento dos fatores que interferem na confiabilidade de resultados laboratoriais de caracterização de concreto fresco e endurecido, justificando a relevância da acreditação na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 para garantir a qualidade de execução dos ensaios. Para a obtenção dos resultados foi feita a pesquisa das normas técnicas dos ensaios de caracterização de concreto fresco e endurecido, da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, correlação entre a fundamentação teórica levantada e situação real de aplicação da norma no laboratório de referência ao estudo, análises de formulário técnico e relatório de provedor de programa de proficiência nacional para os ensaios analisados. Como resultados foram obtidos a relação das principais etapas dos ensaios de caracterização de concreto fresco e endurecido, o *check list* para melhor acompanhamento para garantia da qualidade dos ensaios do estudo, além do trabalho também analisar formulário e resultado de relatório de provedor de ensaios de proficiência para o escopo de interesse do trabalho.

Palavras-chave: Concreto. Controle Tecnológico. Laboratórios de ensaios. Acreditação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Medição do abatimento do tronco de cone.....	15
Figura 02 - Ruptura por compressão de corpos de prova cilíndricos.....	16
Figura 03 - Elipse de confiança (método de Youden) e a identificação dos tipos de erros de ensaios.....	23
Figura 04 - Certificado de acreditação da Solocap segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.....	25
Figura 05 - Escopo inicial de acreditação pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 da empresa Solocap – PARTE 1.....	26
Figura 06 - Escopo inicial de acreditação pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 da empresa Solocap – PARTE 2.....	27
Figura 07 - Escopo inicial de acreditação pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 da empresa Solocap – PARTE 3.....	27
Figura 08 - Esquema da metodologia de obtenção dos resultados.....	28
Figura 09 - Identificação das principais etapas dos ensaios.....	29
Figura 10 - <i>Check list</i> proposto para acompanhamento de ensaios – PARTE 1.....	30
Figura 11 - <i>Check list</i> proposto para acompanhamento de ensaios – PARTE 2.....	31
Figura 12 - Exemplo de formulário técnico para ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.....	32
Figura 13 - Exemplo de formulário técnico de controle de equipamentos para ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.....	32
Figura 14 - Resultados Z-Score Dentro por laboratório dos ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos.....	33
Figura 15 - Resultados Z-Score Entre por laboratório dos ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos.....	33
Figura 16 - Elipse de confiança para os resultados dos ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos.....	34

SUMÁRIO

Introdução	08
Capítulo 1: Caracterização do concreto fresco e endurecido	11
1.1 Controle Tecnológico	11
1.2 Ensaio de caracterização do concreto fresco e endurecido	13
1.2.1 Amostragem	13
1.2.2 Consistência pelo abatimento do tronco de cone	13
1.2.3 Moldagem e cura	15
1.2.4 Resistência à compressão	16
1.2.5 Módulo estático de elasticidade	16
Capítulo 2: Requisitos de garantia da qualidade pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005	18
2.1 Requisitos para competência de laboratórios de ensaio	18
2.2 Requisitos técnicos	18
2.2.1 Fatores humanos	19
2.2.2 Acomodações e condições ambientais	20
2.2.3 Métodos de ensaio	20
2.2.4 Equipamentos	20
2.2.5 Rastreabilidade de medição	21
2.2.6 Manuseio de itens de ensaio	21
2.3 Garantia da qualidade de resultados de ensaio	22
2.3.1 Programas interlaboratoriais	22
2.3.1.1 Tratamento de dados	23
2.3.1.1.1 Elipse de confiança	23
2.3.1.1.2 Z-score (Estatística Robusta) – Par de amostras	24
Capítulo 3: Estudo da relevância da acreditação na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 para laboratórios de Construção Civil	25
3.1. Relato da pesquisa	25
3.2 Metodologia de obtenção dos dados	27

3.3 Resultados obtidos e análise de dados	28
Considerações finais	35
Referências Bibliográficas	37

INTRODUÇÃO

A competência dos laboratórios de ensaio de materiais utilizados na construção civil é de suma importância na medida em que fornecem resultados para as tomadas de decisão em atividades de engenharia. A confiabilidade destes resultados laboratoriais é essencial para um adequado controle tecnológico do concreto, permitindo tomadas de decisão seguras com aprovações ou reprovações dos produtos para as diferentes especificações de trabalho. Muitas vezes, resultados indicando a não conformidade de concreto estão relacionados à deficiência nos ensaios dos corpos de prova, decorrentes de problemas com a moldagem, cura, desforma e transporte até o laboratório, ou de falhas na própria realização do ensaio de compressão dos corpos de prova.

Nessa medida, visando garantir a competência técnica dos laboratórios responsáveis por ensaios laboratoriais e de campo da caracterização de concreto fresco e endurecido, a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 – “Requisitos gerais para a competência para laboratórios de ensaio” desponta como uma ferramenta imprescindível para nortear e garantir as melhores práticas possíveis a regirem essas atividades. Assim sendo, laboratórios que busquem a acreditação nessa norma de competência para laboratórios de ensaio têm seu desempenho técnico e de gestão avaliados pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (Cgcre), atestando a confiabilidade e excelência para a atuação no ramo.

O problema de pesquisa desse trabalho se relaciona aos fatores que interferem na confiabilidade de ensaios laboratoriais culminando em desvios de resultados, mais especificamente para os ensaios de caracterização de concreto fresco e endurecido.

Acredita-se que haja por parte dos laboratórios que executam ensaios em concreto o desconhecimento ou negligência da importância de conceitos e procedimentos englobados pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, tais como: rastreabilidade de processos, calibrações de equipamentos, procedimentos de gestão de competências dos funcionários, auditorias, registro e tratamento de não conformidades e participação em programas nacionais de proficiência. Considera-se também, que o não investimento em tais procedimentos de qualidade pode ter

motivação financeira pela necessidade de ter que investir em um Sistema de Gestão para buscar garantir a eficácia no cumprimento.

O trabalho justifica-se pela necessidade de embasamento nos dados obtidos em ensaios laboratoriais ou em campo para adequadas tomadas de decisão nas mais diversas situações da engenharia. Para que os profissionais de engenharia possam optar pelas melhores práticas construtivas devem se amparar em dados de elevada confiabilidade, fornecidos por laboratórios que apresentem competência para tal. Resultados equivocados, que podem ter sua origem em variados pontos do processo, levam a conclusões equivocadas, que nas dimensões da engenharia podem ocasionar verdadeiras catástrofes. Assim sendo, a identificação de fatores que afetam a confiabilidade de resultados laboratoriais pode ajudar a minimizar os desvios em resultados, auxiliando no embasamento para melhores tomadas de decisões e reduções de incidentes graves nos processos construtivos.

Esse estudo tem como objetivo fazer um levantamento dos fatores que interferem na confiabilidade de resultados laboratoriais de caracterização de concreto fresco e endurecido, justificando a relevância da acreditação na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 para garantir a qualidade de execução dos ensaios. O trabalho tem como objetivos específicos: identificar as etapas de execução dos ensaios de caracterização de concreto fresco e endurecido; analisar como a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 atua de maneira a minimizar esses desvios de resultados nos ensaios e elaborar um *check list* que propicie maior confiabilidade na execução dos ensaios envolvidos na análise do trabalho.

A abordagem do trabalho se inicia com duas fundamentações teóricas, primeiramente tratando sobre a caracterização do concreto fresco e endurecido e depois abordando os requisitos de garantia da qualidade pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025. Dessa maneira, inicialmente são apresentadas informações relativas aos ensaios de caracterização do concreto fresco e endurecido, para maior familiaridade com os procedimentos, apresentando conceitos e normas, e depois é introduzida a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005. São trazidas informações sobre o contexto de surgimento da norma em questão, sua proposta e requisitos técnicos que têm influência direta na execução e obtenção de resultados laboratoriais para os ensaios de caracterização de concreto fresco e endurecido. Dessa maneira, após compreender melhor os ensaios, pode-se entender a interface

dos requisitos da norma com a melhoria das atividades laboratoriais abordadas. Posteriormente são apresentados os resultados e discussão, abordando o que foi obtido após o desenvolvimento do trabalho em relação aos objetivos traçados inicialmente. E por último são apresentadas as considerações finais relativas ao estudo desenvolvido.

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO FRESCO E ENDURECIDO

1.1 – Controle Tecnológico

O Controle Tecnológico é uma atividade que tem como finalidade a verificação e análise do concreto e seus materiais constituintes, além de acompanhamento da concretagem: recebimento, lançamento, adensamento, desforma e cura do concreto (SILVA, 2017).

Dentre os diversos objetivos do Controle Tecnológico estão o de averiguar se os materiais que constituem o concreto atendem as normas vigentes, além de que por intermédio dos ensaios que o compõem há a possibilidade de comparar e escolher materiais de melhor qualidade (SILVA, 2017).

Trata-se de um processo que busca a garantia da conformidade dos concretos produzidos e aplicados em obras, com base nas especificações técnicas do projeto estrutural ou de outros documentos técnicos, englobando os serviços relacionados a:

a) Conhecimento de:

a.1) Projeto:

- Verificação e análise das especificações técnicas de projeto, quanto a propriedades, características e respectivas idades do concreto fresco e endurecido, procurando atender parâmetros de desempenho, uso, manutenção e durabilidade;
- Análise conjunta com o construtor dos elementos estruturais a serem concretados.

a.2) Durabilidade:

- Conhecimento das condições de exposição e ação de agentes externos e classe de agressividade ambiental; pressão hidrostática; ambientes quimicamente agressivos.

a.3) Materiais:

- Materiais disponíveis na região da obra e suas características; definição dos materiais constituintes do concreto com base nos requisitos de projeto; armazenagem; planos de amostragem, periodicidade e ensaios de caracterização.

a.4) Equipamentos:

- Equipamentos disponíveis para mistura, transporte, lançamento e adensamento do concreto.

a.5) Cura:

- Processos de cura a serem empregados e período mínimo especificado.

a.6) Mão de obra:

- Mão de obra disponível, devidamente qualificada e treinada.

b) Fornecimento e verificação de dosagens

c) Acompanhamento da obra:

- Análise da metodologia de execução (plano de concretagem) em conjunto com responsáveis;
- Verificação periódica dos materiais empregados, do estado de manutenção e operação dos equipamentos de mistura, transporte, lançamento e adensamento, além dos métodos de cura;
- Cuidados requeridos pelo processo construtivo.

d) Realização dos ensaios:

- Ensaios do concreto fresco e endurecido, conforme plano de amostragem previamente definido e especificações de projeto;
- Interpretação dos resultados;
- Eventual correção ou modificação das recomendações iniciais;
- Fornecimento de instruções e acompanhamento dos serviços de reparo do concreto no caso de falhas nos elementos concretados;

- Fornecimento de relatório técnico (BAUER, 2017).

1.2 – Ensaios de caracterização do concreto fresco e endurecido

Para a caracterização do concreto fresco e endurecido é necessário a realização de ensaios, tais como de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, moldagem e cura de corpos de prova de concreto, resistência à compressão do concreto, módulo estático de elasticidade. Para a realização dos ensaios, deve-se atentar para uma amostragem bem representativa. Cada um destes ensaios é regido por uma norma ABNT específica que apresenta o procedimento de execução dos mesmos.

1.2.1 – Amostragem

De acordo com a norma prescritiva ABNT NBR NM 33:1998 - Concreto - Amostragem de concreto fresco, as amostras de concreto fresco devem ser obtidas de maneira aleatória, logo após terem sido completadas a adição e homogeneização de todos os componentes do concreto, principalmente após a incorporação total da água de mistura. A frequência e o número de amostras coletadas dependem dos ensaios subsequentes.

A norma ABNT NBR NM 33:1998 estabelece o procedimento para amostragem de concreto fresco em betoneiras estacionárias, caminhões betoneira, concreto para pavimentos, caminhões abertos, caçambas, misturadores dotados de agitador e final da tubulação de bombeamento.

1.2.2 – Consistência pelo abatimento do tronco de cone

A consistência pode ser definida como a mobilidade ou facilidade do concreto de escoar, dependendo da mobilidade e compacidade. A compacidade está relacionada com a quantidade de trabalho interno necessário para a completa compactação do concreto fresco. A mobilidade é inversamente proporcional à resistência interna à deformação, sendo dependente do atrito interno, coesão e viscosidade (BAUER, 2000).

Segundo Neville (2010) não existem ensaios que avaliem diretamente a trabalhabilidade do concreto fresco, no entanto são utilizados métodos com aceitação universal, com o diferencial da simplicidade executiva.

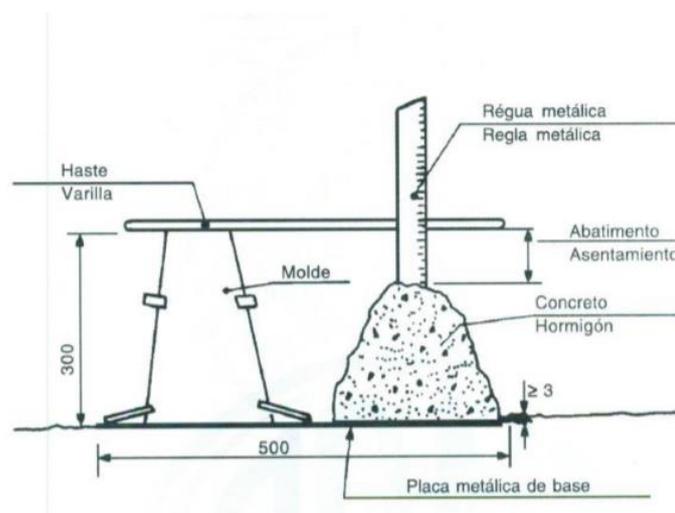
Dentre os métodos para medir a consistência do concreto temos ensaios de: abatimento, penetração, escorregamento, compactação e remoldagem. Ainda existem métodos que combinam vários desses métodos, como o de Lesage que combina escoamento e remoldagem. No entanto, nenhum deles mede qualquer propriedade fundamental do concreto fresco, sendo úteis para acompanhamento de um parâmetro que influi nas propriedades do concreto, como por exemplo, teor de água e dosagem, quando outros parâmetros são mantidos constantes (BAUER, 2000).

Pela norma ABNT NBR NM 67:1998 – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, a consistência do concreto fresco é mensurada pela medida de seu assentamento, em laboratório ou em obra.

O ensaio se resume ao preenchimento do tronco de cone metálico com o concreto fresco amostrado, por exemplo, de caminhão ou betoneira, passando por um processo de compactação por golpes em camadas por parte de uma haste metálica. Após preenchimento, compactação e rasamento do concreto em excesso, o tronco de cone é retirado em tempo pré-estabelecido, com o concreto fresco sofrendo um abatimento em sequência. Essa diminuição da altura do centro após a retirada do tronco cônico é denominada abatimento, ou *slump* (NEVILLE, 2010).

Deve-se ressaltar a relevância do ensaio de abatimento do tronco de cone no canteiro de obras na verificação dos materiais que estão sendo carregados na betoneira. A alteração expressiva do valor de abatimento permite a tomada de providências para correção imediata da situação, sendo que o aumento no abatimento pode ser devido ao aumento da umidade dos agregados ou alteração granulométrica dos agregados (NEVILLE, 2010).

Figura 1 – Medição do abatimento do tronco de cone



Fonte: NBR NM 67, 1998.

1.2.3 – Moldagem e cura

A moldagem engloba a etapa de adensamento, que pode ser manual ou mecânico, que tem por objetivo obter um concreto compactado com o mínimo de vazios. Essa menor fração de vazios se deve à saída de ar, arranjo interno dos agregados e melhor contato do concreto com os moldes, ocasionados pela compactação. A decisão pelo tipo de adensamento se dá pelo valor de abatimento característico do concreto, sendo o adensamento manual efetuado em concreto plástico com abatimento entre 5 e 12 cm (BAUER, 2000).

A cura do concreto está relacionada a procedimentos para evitar a evaporação da água utilizada na mistura do concreto, que deverá reagir com o cimento, hidratando-o. Várias qualidades do concreto como a resistência à ruptura e ao desgaste, impermeabilidade e resistência a agentes agressivos são dependentes do efetivo processo de cura (BAUER, 2000).

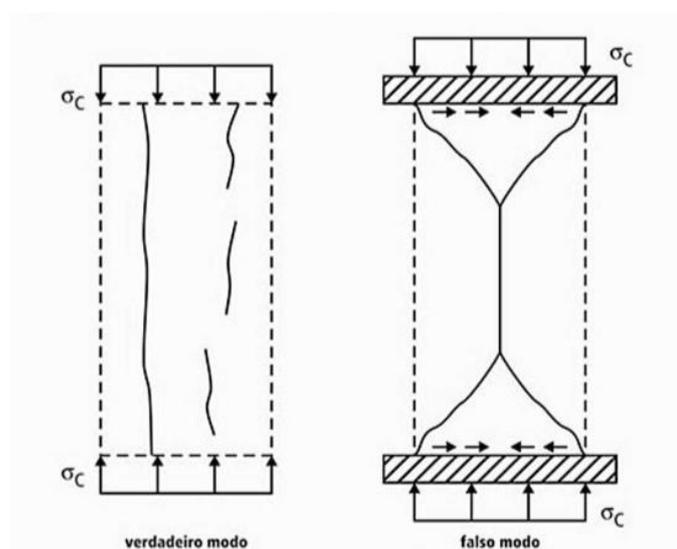
A norma ABNT NBR 5738:2016 prescreve o procedimento para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos de concreto.

1.2.4 – Resistência à compressão

A determinação da resistência à compressão do concreto endurecido é muito importante na avaliação da segurança de estruturas. Mesmo que sejam levantadas dúvidas sobre a sua exatidão o ensaio de compressão simples de corpos de prova padronizados se firmou como método para se avaliar a resistência de lotes de concreto (FUSCO, 2008).

A norma ABNT NBR 5739:2007 aborda um método de ensaio de compressão de corpos cilíndricos de concreto, moldados de acordo com a ABNT NBR 5738 e extraídos conforme a ABNT NBR 7680.

Figura 2 – Ruptura por compressão de corpos de prova cilíndricos



Fonte: FUSCO, 2008.

1.2.5 – Módulo estático de elasticidade

Segundo Altheman e Rocha (2014) pelo fato de o concreto ser um material não homogêneo, o seu comportamento de deformação perante carregamento mecânico vai depender das propriedades de seus materiais constituintes (agregados miúdos, agregados graúdos, pastas e vazios). Essas deformações caso não sejam consideradas nos projetos e execução podem vir a se tornar patologias futuras, assim sendo, faz-se de suma importância a especificação do módulo de elasticidade nos projetos.

Uma consideração importante é que o concreto é classificado como um material elástico-plástico, não seguindo a lei de Hooke, dessa maneira a sua deformação não apresenta comportamento linear perante carregamento. Em carregamentos mais altos as deformações residuais são expressivas, não sendo mais a deformação linear ao carregamento, apresentando comportamento plástico (ALTHEMAN; ROCHA, 2014).

A norma ABNT NBR 8522:2017 especifica um método para determinação do módulo estático de elasticidade à compressão do concreto endurecido, em corpos de prova cilíndricos moldados ou extraídos de estruturas.

CAPÍTULO 2

REQUISITOS DE GARANTIA DA QUALIDADE PELA NORMA ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005

2.1 – Requisitos para competência de laboratórios de ensaio

Existe grande interesse de que a atividade laboratorial seja regida por sistemas de gestão de qualidade que operem em conformidade com a ABNT NBR ISO 9001 – Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos. Assim sendo, foram tomados cuidados para incorporar na ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 - Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração, todos os requisitos da ABNT NBR ISO 9001 que são pertinentes ao tipo de serviço da atividade laboratorial (ABNT, 2005).

A ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 é uma norma de desenvolvimento do Sistema de Gestão da Qualidade, que estabelece requisitos para atestar a competência de laboratórios para realizar ensaios. É importante ressaltar que o termo “sistema de gestão” abordado nessa norma aborda sistemas de qualidade, administrativos e técnicos que governam as operações de um laboratório (ABNT, 2005).

Laboratórios que atendam aos requisitos dessa norma têm o seu Sistema de Gestão de Qualidade para atividades de ensaio que atendem também aos princípios da norma ABNT NBR ISO 9001, tendo a vantagem de que a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 contempla requisitos de competência técnica não abordados pela ABNT NBR ISO 9001. Isso comprova a sua maior adequação para comprovação técnica da atividade laboratorial em específico (ABNT, 2005).

2.2 – Requisitos técnicos

Vários fatores podem ser levantados como significativos para a confiabilidade dos resultados de ensaios realizados pelo laboratório de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, podem ser citados:

- Fatores humanos;
- Acomodações e condições ambientais;
- Métodos de ensaio;
- Equipamentos;
- Rastreabilidade de medição;
- Manuseio de itens de ensaio.

O nível de interferência que cada fator irá contribuir para o resultado final irá variar consideravelmente para cada tipo de ensaio. Os principais fatores de influência para cada atividade de ensaio devem ser considerados na confecção de instruções de trabalho, treinamento e qualificação do pessoal envolvido (ABNT, 2005).

2.2.1 Fatores humanos

Deve ser assegurada a competência de todos os colaboradores que operem equipamentos específicos na execução das atividades de ensaio, assim como do pessoal que avalie resultados e assine relatórios. Atividades muito específicas vão demandar pessoal qualificado com comprovações de formação, treinamento, experiência e habilidade (ABNT, 2005).

O laboratório deve manter descrições das funções atuais do pessoal gerencial, técnico e de apoio envolvidos em ensaios, estando disponível, de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005:

- Responsabilidades com respeito a realização de ensaios;
- Responsabilidades quanto ao planejamento dos ensaios;
- Responsabilidades quanto a avaliação de resultados;
- Especialização e experiência requeridas;
- Qualificações e programas de treinamento;
- Tarefas gerenciais.

2.2.2 – Acomodações e condições ambientais

As instalações do laboratório devem proporcionar a realização correta dos ensaios, sendo assegurado que elas não invalidem ou afetem os resultados laboratoriais. Qualquer desvio possível em relação a um procedimento técnico relacionado a acomodações e condições ambientais deve ser documentado. Os ensaios devem ser interrompidos quando as condições ambientais comprometerem os resultados (ABNT, 2005).

O acesso às áreas do laboratório que possam vir a comprometer a qualidade dos ensaios deve ser controlado e deve ser assegurada a boa limpeza e arrumação do laboratório (ABNT, 2005).

Para atividades realizadas fora das instalações permanentes do laboratório devem haver cuidados especiais (ABNT, 2005).

2.2.3 – Métodos de ensaio

Os métodos utilizados pelo laboratório devem ser apropriados ao seu escopo de ensaios, além disso devem estar disponíveis instruções sobre o uso e operação de todos os equipamentos pertinentes, manuseio e a preparação dos itens para ensaio. As normas, manuais e dados de referência devem ser mantidos atualizados e disponíveis (ABNT, 2005).

A ocorrência de desvios de métodos de ensaios somente é permitida se estiverem documentados, tecnicamente justificados, autorizados e aceitos pelo cliente (ABNT, 2005).

2.2.4 – Equipamentos

O laboratório deve ser provido de todos os equipamentos necessários para a execução correta dos ensaios, seguindo as especificações técnicas requeridas. Deve existir um plano de calibração para os equipamentos de precisão que interferem mais diretamente nos resultados de ensaio, e plano de verificação para os demais. Sempre antes de ser colocado em uso o equipamento deve estar calibrado

(equipamentos de precisão) ou verificado (demais equipamentos), e analisado para ver se atende às especificações necessárias de uso (ABNT, 2005).

Apenas o pessoal autorizado pode operar os equipamentos, devem estar disponíveis instruções sobre o uso e manutenção do equipamento e devem ser mantidos registros dos equipamentos para identificação e controle. Além disso devem haver procedimentos sobre manuseio, transporte e armazenamento, uso e manutenção, visando o correto funcionamento e conservação dos equipamentos (ABNT, 2005).

Devem ser retirados de serviço equipamentos com funcionamento comprometido, que ocasionem resultados suspeitos ou incorretos, sendo isolados dos setores e devidamente identificados sobre sua situação (ABNT, 2005).

2.2.5 – Rastreabilidade de medição

Equipamentos de precisão devem ser calibrados de forma rastreável à Rede Brasileira de Calibração - RBC. Isso indica que antes do uso os equipamentos devem ter suas características comparadas com as de padrões para cada grandeza. Essa comparação (calibração) permite que sejam aferidas características do equipamento para analisar se ele se encontra em condições de uso que atendam às necessidades do laboratório (ABNT, 2005).

2.2.6 Manuseio de itens de ensaio

O laboratório deve ter procedimentos para transporte, recebimento, manuseio, proteção, armazenamento, retenção e/ou remoção das amostras que receber, dessa maneira garantindo os resultados válidos de ensaio e resguardando os interesses do cliente (ABNT, 2005).

Deve haver no laboratório um sistema de identificação das amostras, de forma que a integridade dessa identificação seja mantida, durante toda a permanência da amostra no laboratório, evitando dúvidas e confusões nas atividades (ABNT, 2005).

O recebimento dessas amostras deve possuir etapas de identificação e registros de anormalidades de condições das amostras especificadas, assim como

as amostras devem ser armazenadas até o momento de ensaio em instalações adequadas e condições ambientais especificadas, de maneira a evitar deteriorações e alterações (ABNT, 2005).

2.3 Garantia da qualidade de resultados de ensaio

O laboratório deve ter procedimentos de controle da qualidade monitorando a validade dos ensaios, sendo os dados colhidos registrados e analisados, assim como levantadas tendências de comportamento. O uso de técnicas estatísticas para a análise crítica dos resultados deve ser utilizado quando aplicável (ABNT, 2005).

Deve ser evidenciado pelo laboratório o seu planejamento para atender esse controle da qualidade, assim como a análise, e essa etapa pode envolver, segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005:

- Uso de amostras padrão para controle interno de processos;
- Participação em programas de comparação interlaboratorial;
- Participação em programas de ensaios de proficiência;
- Repetição de ensaios;
- Reensaios utilizando-se de técnicos ou equipamentos diferentes;
- Utilização de amostras padrão e cartas controle.

2.3.1 Programas interlaboratoriais

Esses programas são mecanismos de controle de qualidade dos resultados gerados pelos laboratórios e que atestam a confiabilidade dos métodos utilizados. A participação nesses programas permite a obtenção de uma base para implementação de ações de melhoria dos métodos de ensaio, assim como fornecem informações relacionadas ao desempenho desses métodos (FURNAS, 2016).

2.3.1.1 Tratamento de dados

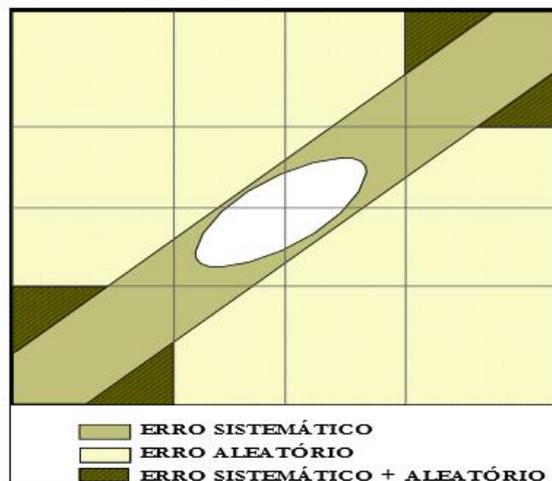
Ferramentas estatísticas frequentemente utilizados nesses programas interlaboratoriais nacionais são: o método da elipse de confiança (ou método de Youden) e o Z-score (Estatística Robusta) – Par de Amostras (FURNAS, 2016).

2.3.1.1.1 Elipse de confiança

A interpretação dos resultados do programa pode ser feita pelo estudo estatístico de duas variáveis aleatórias, utilizando a técnica gráfica baseada na elaboração de um diagrama de dispersão dos resultados associados a uma região de confiança (elipse). A vantagem desse método é a interpretação dos resultados por uma visualização simples e rápida (FURNAS, 2016).

Para cada propriedade analisada no programa interlaboratorial é construído um diagrama no qual cada laboratório é representado por um ponto. A abcissa do ponto é a média das medições obtidas pelo laboratório para a amostra A e a ordenada é a média das medições do mesmo laboratório para a amostra B. A dispersão dos pontos ao longo do eixo maior está associada aos erros sistemáticos, enquanto que ao longo do eixo menor está associada aos erros aleatórios (FURNAS, 2016).

Figura 3 – Elipse de confiança (método de Youden) e a identificação dos tipos de erros de ensaios



Fonte: FURNAS, 2016.

2.3.1.1.2 Z-Score (Estatística Robusta) – Par de amostras

Nos programas interlaboratoriais são averiguadas duas fontes principais de variabilidade de resultados: a variação entre laboratórios (o que inclui a variação de metodologias) e a variação dentro do laboratório. Considera-se como estatística robusta a estatística que não é altamente influenciada pela presença de resultados extremos, não sendo altamente afetada por valores dispersos. Os procedimentos estatísticos utilizam o Z-Score para identificar resultados dispersos sendo necessários pares de resultados para avaliar ambas as fontes de variação: variabilidade dentro do laboratório e variabilidade entre laboratórios. Para cada par de resultados dois Z-Scores são calculados, sendo que o Z-Score entre laboratórios será baseado na soma dos resultados do par, enquanto o Z-score dentro do laboratório será baseado na diferença entre os resultados do par (FURNAS, 2016).

Os Z-scores são valores padronizados que atribuem uma nota (score) para cada resultado, relacionada aos demais do grupo. Quanto mais próximo de zero, significa que o resultado é compatível aos dos demais participantes. Um Z-score alto entre laboratórios indica que um ou ambos os resultados do laboratório é significativamente maior do que o consenso, valendo a lógica inversa para um valor baixo. O Z-score dentro do laboratório muito alto (positivo) ou muito baixo (negativo) indica que a diferença dos resultados é muito grande ou muito pequena (FURNAS, 2016).

É adotada a seguinte classificação para interpretação dos resultados:

$|z| \leq 2$ *Desempenho Satisfatório*

$2 < |z| < 3$ *Desempenho Questionável*

$|z| \geq 3$ *Desempenho Não Satisfatório*

CAPÍTULO 3

ESTUDO DA RELEVÂNCIA DA ACREDITAÇÃO NA NORMA ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 PARA LABORATÓRIOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

3.1 Relato da pesquisa

Essa pesquisa foi desenvolvida usando como base a vivência teórica e prática do autor pelo período de dois anos no laboratório de ensaios da empresa Solocap Geotecnologia Rodoviária Ltda. Fundada em 1988, a Solocap é uma empresa que atua em atividades laboratoriais em materiais da construção civil (solos, agregados, misturas betuminosas, ligantes e concreto), fabricação e venda de equipamentos de laboratório, geotecnia, controle tecnológico e consultoria.

Em outubro de 2016 a empresa conquistou sua acreditação pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 sob o número CRL 1165 para ensaios de solos, agregados, misturas betuminosas e concreto, conforme certificado (Figura 4).

Figura 4 – Certificado de acreditação da Solocap segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005



Fonte: Cedido pela Solocap Geotecnologia Rodoviária Ltda.

É o primeiro laboratório de Minas Gerais acreditado nesse escopo para materiais de construção civil, demonstrando responsabilidade com a qualidade dos serviços prestados, melhoria contínua dos processos, além da adequação às tendências de mercado na atualidade.

O escopo de acreditação é a relação de ensaios em que o laboratório teve seu desempenho avaliado pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (Cgcre), e teve a sua competência técnica de execução atestada. Assim sendo, são documentos complementares, sendo o certificado de acreditação o documento oficial do resultado de avaliação por parte da Cgcre, e o escopo de acreditação a relação dos ensaios que foram acreditados. Conforme o escopo de acreditação (Figuras 5, 6 e 7), é notado que a Solocap possui ensaios acreditados nas áreas de atividade de: misturas betuminosas, concreto endurecido, agregado para concreto, agregado para pavimentação, solos e concreto fresco.

Figura 5 – Escopo inicial de acreditação pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 da empresa Solocap - PARTE 1

ESCOPO DA ACREDITAÇÃO – ABNT NBR ISO/IEC 17025 – ENSAIO		
Norma de Origem: NIT-DICLA-016		Folha: 1
Total de Folhas: 3		
RAZÃO SOCIAL/DESIGNAÇÃO DO LABORATÓRIO		
SOLOCAP GEOTECNOLOGIA RODOVIÁRIA LTDA / SOLOCAP GEOTECNOLOGIA RODOVIÁRIA LTDA		
ACREDITAÇÃO Nº	TIPO DE INSTALAÇÃO	
CRL 1165	INSTALAÇÃO PERMANENTE	
ÁREA DE ATIVIDADE / PRODUTO	CLASSE DE ENSAIO / DESCRIÇÃO DO ENSAIO	NORMA E /OU PROCEDIMENTO
CONSTRUÇÃO CIVIL MISTURA BETUMINOSA	ENSAIOS MECÂNICOS Ensaio Marshall	DNER ME 043:1995
	Determinação da resistência à tração por compressão diametral	DNIT 136:2010
	Determinação da densidade aparente	DNER ME 117:1994
	Determinação da adesividade de agregado graúdo à ligante betuminoso	DNER ME 078:1994
	ENSAIOS QUÍMICOS Determinação da porcentagem de betume	DNER ME 053:1994
CONCRETO ENDURECIDO	ENSAIOS MECÂNICOS Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos	ABNT NBR 5739:2007
	ENSAIOS MECÂNICOS Determinação da composição granulométrica	ABNT NBR NM 248:2003
AGREGADO PARA CONCRETO	Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro do agregado graúdo	ABNT NBR 7809:2008
	Ensaio de abrasão "Los Angeles"	ABNT NBR NM 51:2001

Fonte: Cedido pela Solocap Geotecnologia Rodoviária Ltda.

Figura 6 – Escopo inicial de acreditação pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 da empresa Solocap - PARTE 2

ESCOPO DA ACREDITAÇÃO – ABNT NBR ISO/IEC 17025 - ENSAIO		
Norma de Origem: NIT-DICLA-016		Folha: 2
ACREDITAÇÃO Nº	TIPO DE INSTALAÇÃO	
CRL 1165	INSTALAÇÃO PERMANENTE	
ÁREA DE ATIVIDADE / PRODUTO	CLASSE DE ENSAIO / DESCRIÇÃO DO ENSAIO	NORMA E /OU PROCEDIMENTO
CONSTRUÇÃO CIVIL AGREGADO PARA PAVIMENTAÇÃO	ENSAIOS MECÂNICOS Determinação do índice de forma	DNER ME 086:1994
	ENSAIOS QUÍMICOS Avaliação da durabilidade pelo emprego de solução de sulfato de sódio ou de magnésio	DNER ME 089:1994
SOLOS	ENSAIOS MECÂNICOS Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização	ABNT NBR 6457:2016
	Ensaio de compactação	ABNT NBR 7182:2016
	Determinação do índice de suporte Califórnia	ABNT NBR 9895:2016
	Análise granulométrica	ABNT NBR 7181:2016
	Determinação do limite de liquidez	ABNT NBR 6459:2016
	Determinação do limite de plasticidade	ABNT NBR 7180:2016
	Determinação da massa específica dos grãos de solos que passam na peneira de abertura 4,8 mm	ABNT NBR 6458:2016 – ANEXO B
x-x-x-x-x	x-x-x-x-x	x-x-x-x-x

Fonte: Cedido pela Solocap Geotecnologia Rodoviária Ltda.

Figura 7 – Escopo inicial de acreditação pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 da empresa Solocap - PARTE 3

ESCOPO DA ACREDITAÇÃO – ABNT NBR ISO/IEC 17025 - ENSAIO		
Norma de Origem: NIT-DICLA-016		Folha: 3
ACREDITAÇÃO Nº	TIPO DE INSTALAÇÃO	
CRL 1165	INSTALAÇÃO DE CLIENTE	
ÁREA DE ATIVIDADE / PRODUTO	CLASSE DE ENSAIO / DESCRIÇÃO DO ENSAIO	NORMA E /OU PROCEDIMENTO
CONSTRUÇÃO CIVIL CONCRETO FRESCO	ENSAIOS MECÂNICOS Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone	ABNT NBR NM 67:1998
	Amostragem de concreto fresco	ABNT NBR NM 33:1998
	Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova	ABNT NBR 5738:2016
x-x-x-x-x	x-x-x-x-x	x-x-x-x-x

Fonte: Cedido pela Solocap Geotecnologia Rodoviária Ltda.

3.2 Metodologia de obtenção dos dados

O trabalho desenvolvido é classificado como uma pesquisa qualitativa exploratória e para a realização da mesma, foi utilizada a metodologia apresentada na Figura 8.

Figura 8 – Esquema da metodologia de obtenção dos resultados



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Os dados relativos à identificação das etapas de execução dos ensaios de caracterização de concreto fresco e endurecido foram obtidos pelo estudo das normas técnicas dos ensaios envolvidos na análise do trabalho.

Os dados relativos à identificação de como a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 atua de maneira a minimizar os desvios de resultados nos ensaios de caracterização de concreto fresco e endurecido foram obtidos pelo estudo da norma técnica ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 e correlação entre fatores levantados na fundamentação teórica (fatores humanos, acomodações e condições ambientais, métodos de ensaio, equipamentos e rastreabilidade, manuseio de itens de ensaio e garantia de qualidade) com o que é aplicado atualmente no laboratório da Solocap, laboratório de referência para a execução deste trabalho. Também foram obtidos dados pela análise de itens-chave do formulário técnico de um provedor de programas nacionais de proficiência para o ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, além da análise de resultado de programa interlaboratorial para o ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

3.3 Resultados obtidos e análise dos dados

Com a realização do estudo das normas técnicas relativas a cada um dos ensaios de caracterização de concreto fresco e endurecido abordados no trabalho,

foi realizada a identificação das principais etapas de execução dos ensaios apresentadas na tabela da Figura 9.

Figura 9 - Identificação das principais etapas dos ensaios

AMOSTRAGEM (caminhão betoneira)	SLUMP	MOLDAGEM - dimensão básica de 100 mm	COMPRESSÃO	MÓDULO ESTÁTICO DE ELASTICIDADE
NBR NM 33:1998	NBR NM 67:1998	NBR 5738:2016	NBR 5739:2007	NBR 8522:2017
1) retirada dos primeiros 15% do volume total da betonada	1) umedecimento do molde e da placa de base e encaixe dos mesmos	1) revestimento interno dos moldes e suas bases com fina camada de óleo mineral	1) determinações do diâmetro e altura do corpo de prova	1) determinações do diâmetro e altura do corpo de prova
	2) preenchimento do molde em 3 camadas (cada uma com aproximadamente 1/3 da altura do molde)	2) remistura da amostra		
	3) compactação de cada camada com 25 golpes da haste	3) colocar o concreto em 2 camadas de volume aproximadamente igual dentro do molde		
2) execução da amostragem	4) rasar a superfície do concreto	4) nivelar o concreto com a haste	2) ruptura do corpo de prova por compressão	2) aplicação da carga e leitura das deformações
	5) retirada do molde e medição do abatimento	5) adensamento manual de cada camada com 12 golpes da haste		
		6) rasar superfície do concreto		
		7) Cura inicial e desmolde		
		8) armazenamento na câmara úmida		
		9) preparação das bases		

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Dessa maneira percebemos que independente das particularidades de etapas de execução dos ensaios, todos eles envolvem fatores humanos (técnico executor), acomodações e condições ambientais (no caso do ensaio de moldagem de corpos de prova cilíndricos, por exemplo, na etapa de cura o corpo de prova deve ser armazenado em câmara úmida à temperatura de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e umidade relativa do

ar superior a 95%), métodos de ensaio normatizados, equipamentos e manuseio de itens de ensaio (concreto). Assim sendo, gerenciar cada um desses fatores é o caminho ideal para garantir a confiabilidade técnica dos resultados obtidos.

Com o estudo da norma técnica ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 e correlação entre os fatores levantados na fundamentação teórica com o que é aplicado atualmente no laboratório acreditado da Solocap, referência para a execução do trabalho, foi confeccionado o seguinte *check list* com o intuito de estabelecer um procedimento para o gerenciamento de cada um desses fatores na execução dos ensaios, considerando todas as variáveis levantadas. Nos quadros das Figuras 10 e 11 é apresentada a proposta de *check list* para o gerenciamento do ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, sendo que o mesmo pode ser aproveitado para os demais ensaios de caracterização do concreto mencionados neste trabalho com adaptações relativas a peculiaridades de cada ensaio.

Figura 10 - Check list proposto para acompanhamento de ensaios – PARTE 1

ITENS VERIFICADOS	ENSAIO	STATUS	OBSERVAÇÕES
FATORES HUMANOS	COMPRESSÃO - NBR 5739:2007	Colaborador treinado na norma técnica específica	Manutenção dos treinamentos e seus registros em dia de acordo com o plano de treinamento
ACOMODAÇÕES E CONDIÇÕES AMBIENTAIS		Verificada câmara úmida durante o ensaio e foram percebidos os valores de temperatura e umidade dentro dos intervalos especificados na norma técnica	A câmara úmida deve ser verificada toda vez que o funcionário for retirar um corpo de prova para rompimento, e registrado os valores de temperatura e umidade apontados pelo termohigrômetro no momento

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Figura 11 - Check list proposto para acompanhamento de ensaios – PARTE 2

ITENS VERIFICADOS	ENSAIO	STATUS	OBSERVAÇÕES
MÉTODOS DE ENSAIO	COMPRESSÃO - NBR 5739:2007	O colaborador demonstrou domínio da execução do ensaio de acordo com a norma técnica específica e a instrução de trabalho estava disponível para consulta no setor	O funcionário deve passar por auditoria interna com frequência mensal sem prévio aviso
EQUIPAMENTOS E RASTREABILIDADE		Todos os equipamentos de precisão envolvidos no ensaio (prensa, termohigrômetro, paquímetro) calibrados RBC e com calibração em dia e todos os equipamentos que não são de precisão verificados (retífica) e com verificação em dia	De forma geral o padrão de calibração RBC e verificação é anual, no entanto a frequência pode variar de acordo com especificidades e frequência de uso dos equipamentos
MANUSEIO DE ITENS		Corpos de prova devidamente identificados, manuseados, transportados e armazenados no laboratório	Sempre verificar os corpos de prova no momento de recebimento, fazendo análise crítica de sua situação antes de serem direcionados para o setor de ensaios de concreto

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Pelo *check list* podemos comprovar que para que cada um desses ensaios, com suas singularidades, seja executado de maneira a obedecer às normas técnicas específicas na íntegra, todos os itens verificados nesta pesquisa (Figuras 10 e 11), devem ser desempenhados em situação de conformidade, pois basta que algum desses elos seja realizado incorretamente para a execução ser comprometida em

alguma escala, ocasionando questionamentos de resultados com teor duvidoso ou até mesmo resultados incorretos. Para a segurança de obtenção de resultados tecnicamente válidos todos esses processos devem ser minuciosamente acompanhados com frequência suficiente.

Alguns desses itens chave citados anteriormente a serem gerenciados no cotidiano da atividade laboratorial podem ser verificados nos formulários técnicos utilizados no programa interlaboratorial de concreto do provedor nacional Eletrobrás Furnas para o ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Os formulários são apresentados nas Figuras 12 e 13 abaixo:

Figura 12 - Exemplo de formulário técnico para ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

NBR 5739:2007 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos															
Laboratório n.º:		Data de Moldagem:		Amostra A:		Data do ensaio:		Idade (Dia):		Amostra A:		Amostra B:			
				Amostra B:											
Máquina de ensaio															
Classe (NBR NM ISO 7500-1):		Tipo de acionamento:				Tipo de escala:				Capacidade:					
Preparação faces de trabalho (topo e base)															
Tipo de tratamento:						Composição do capeamento:									
Situação do laboratório neste ensaio na RBLE (Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio)															
Acreditado <input type="checkbox"/>				Em fase de acreditação <input type="checkbox"/>				Não acreditado <input type="checkbox"/>							
Amostra	Nº do Corpo-de-Prova	Dimensões (mm)				Força de Ruptura		Tensão (MPa)		Incerteza da Medição (95,45%)		Resultado do exemplar conforme NBR 12655 - item 6.2.2	Tipo de Ruptura		
		Individual	Média	Individual	Média	(kgf)	(N)	Individual	Média	U (MPa)	k				
A															
B															
Executado:				Conferido:				Responsável:							

Fonte: FURNAS, 2016.

Figura 13 - Exemplo de formulário técnico de controle de equipamentos para ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

ABNT NBR 5739:2007					
Equipamentos	Identificação	Data da Calibração	Data da Próxima Calibração	Laboratório Executante	Nº RBC
1. Máquina de Ensaio					
2. Paquímetro					

Fonte: FURNAS, 2016.

Pode-se perceber pelo formulário apresentado na Figura 12, o atendimento às informações requeridas pela norma técnica específica do ensaio, assim como

campos para o registro de responsabilidades pelas etapas do ensaio (execução, conferência e responsável).

Na Figura 13 é verificada a presença de campos para dados dos equipamentos utilizados especificamente na execução do ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, sendo eles a máquina de ensaio e o paquímetro. Percebem-se campos para preenchimento da identificação dos equipamentos para garantir rastreabilidade, assim como para data de calibração, data da próxima calibração (validade), laboratório executante da calibração e o número de acreditação RBC (Rede Brasileira de Calibração) do laboratório que executou a calibração para comprovação de status de acreditação.

Finalizando a análise, uma forma bastante eficiente de comprovação técnica dos resultados de ensaios de um laboratório é a participação em programas de proficiência como o programa interlaboratorial de concreto citado anteriormente (Eletrobrás Furnas), que comparam desempenho de laboratórios de todo o país, buscando melhores padrões de desempenho das atividades em âmbito nacional. As Figuras 14, 15 e 16 mostram um exemplo de análise de resultados dos laboratórios participantes para um dos resultados (resistência à compressão – média) do ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, utilizando os métodos estatísticos da elipse de confiança (ou método de Youden) e Z-Score (Estatística Robusta), classificando o resultado de cada laboratório participante do programa como “satisfatório”, “questionável” ou “insatisfatório”.

Figura 14 – Resultados Z-Score Dentro por laboratório dos ensaios de compressão (MPa) de corpos de prova cilíndricos

Laboratório	Am. A	Am. B	Z-score Dentro	Desempenho
33	26,0	25,4	-3,041	Insatisfatório
31	33,2	29,7	-1,799	Satisfatório

Fonte: FURNAS, 2016.

Figura 15 – Resultados Z-Score Entre por laboratório dos ensaios de compressão (MPa) de corpos de prova cilíndricos

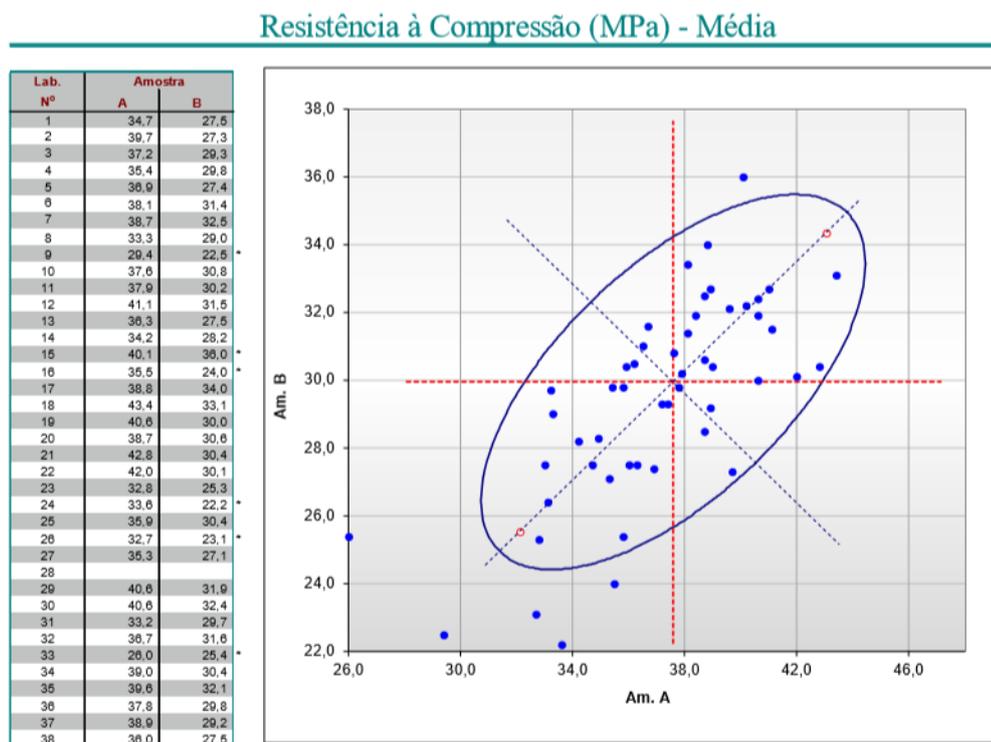
Laboratório	Am. A	Am. B	Z-score Entre	Desempenho
33	26,0	25,4	-2,450	Questionável

Fonte: FURNAS, 2016.

Sempre a análise feita pelo interlaboratorial considera a dispersão entre resultados para amostras A e B do mesmo laboratório (Z-Score Robusto dentro), assim como a dispersão dos resultados entre o laboratório e os demais participantes (Z-Score Robusto entre), tendo seu resultado classificado como satisfatório, questionável ou insatisfatório para essas duas situações (como exemplificado nas Figuras 14 e 15). Assim sendo, um mesmo laboratório pode ter resultado satisfatório no Z-Score Robusto dentro, e insatisfatório no Z-Score Robusto entre, por exemplo. Quanto mais próximo de zero for o valor encontrado para o Z-Score Robusto, melhor o resultado obtido.

Na Figura 16 os laboratórios que apresentam resultados que se encontram dentro da elipse de confiança obtida são classificados com desempenho satisfatório para o resultado “resistência a compressão - média” enquanto os que apresentam resultados que se encontram fora da elipse de confiança têm resultados classificados como questionáveis ou insatisfatórios.

Figura 16: Elipse de confiança para os resultados dos ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos



Fonte: FURNAS, 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da necessidade de se obter resultados confiáveis de ensaios de caracterização do concreto realizados em laboratórios para tomadas de decisões em engenharia, esta pesquisa teve como objetivo levantar fatores que interferem na confiabilidade destes resultados.

Para tal, foi realizada nesta pesquisa, revisão bibliográfica sobre controle tecnológico do concreto, ensaios de caracterização do concreto fresco e endurecido, e foram abordados os requisitos de garantia da qualidade desses ensaios.

Foram feitos estudos das normas sobre amostragem, determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, moldagem e cura de corpos de prova de concreto, resistência à compressão do concreto, módulo estático de elasticidade e da norma de gestão de laboratórios de ensaio. Foi realizada a correlação entre a fundamentação teórica e a aplicação no laboratório da empresa Solocap, laboratório referência neste trabalho e análise de resultados em programa interlaboratorial.

Pode-se concluir desta pesquisa que para ensaios de caracterização de concreto fresco e endurecido, os fatores humanos, de acomodações e condições ambientais, os métodos de ensaio, os equipamentos, a rastreabilidade e o manuseio de itens de ensaio interferem na confiabilidade dos resultados, podendo culminar em desvios, de acordo com o apresentado na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, e reafirmado para alguns aspectos nas normas técnicas específicas que não abordam todos esses itens. Cada um desses fatores tem a sua contribuição no resultado final obtido.

Percebe-se também que para o atendimento desses requisitos técnicos faz-se necessário um Sistema de Gestão que implemente e garanta a manutenção desses processos que devem ser devidamente acompanhados e contínuos. As normas técnicas específicas para os ensaios tratam de um procedimento para a execução correta dos mesmos, mas não se propõem a abordar outros aspectos que só podem ser englobados em algo mais completo como um Sistema de Gestão da Qualidade.

Por meio do *check list* sugerido é possível a correlação adequada entre as etapas dos ensaios de caracterização do concreto fresco e endurecido com os

requisitos levantados pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 para garantia da confiabilidade dos ensaios.

Vale ressaltar que a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 sofreu uma atualização recente, sendo a sua versão vigente a terceira edição de 19 de dezembro de 2017. Os laboratórios acreditados segundo a Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (Cgcre) terão um prazo para implementar os novos requisitos da norma que sofreu algumas modificações e adições, com destaque para ações relacionadas à Gestão de Riscos nas atividades e Gestão da informação do processo. Percebe-se assim que é uma norma bastante atual e com preocupação com a melhoria contínua dos processos e resultados, buscando a validade técnica das entregas dos laboratórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTHEMAN, D.; ROCHA, H. **Módulo de elasticidade do concreto**. Informativo Concrepav. 2.ed. Abr. de 2014. Disponível em: http://www.concrepav.com.br/wp-content/uploads/2014/05/Informativo_Concrepav_Modulo_Elasticidade_Concreto-Site.pdf. Acesso em: 15/01/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 33**: Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522**: Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17025**: requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, 2005.

BAUER, Roberto José Falcão. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

FURNAS. **Relatório GST.E.124.2016-R0**. Goiânia, 2016.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Tecnologia do concreto estrutural**. São Paulo: Pini, 2008.