

# Normalização e Certificação na Construção Habitacional

Coletânea HABITARE

Volume **3**

Editores

**Humberto Roman**

**Luis Carlos Bonin**

2003

Porto Alegre



© 2003, Coleção HABITARE  
**Associação Nacional de Tecnologia do  
Ambiente Construído - ANTAC**  
Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar - Centro  
90035-190 - Porto Alegre - RS  
Telefone (51) 3316-4084  
Fax (51) 3316-4054  
<http://www.antac.org.br/>

**Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP**  
Diretor: **Fernando de Nielander Ribeiro**

Área de Instituições de Pesquisa/AIPE  
Superintendente: **Maria Lúcia Horta de Almeida**

**Grupo Coordenador Programa HABITARE**  
Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP  
Caixa Econômica Federal - CEF  
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico  
e Tecnológico- CNPq  
Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT  
Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente  
Construído - ANTAC  
Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano  
da Presidência da República - SEDU  
Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas  
Empresas - SEBRAE  
Comitê Brasileiro da Construção Civil/Associação  
Brasileira de Normas Técnicas - COBRACON/ABNT  
Câmara Brasileira da Indústria da Construção -  
CBIC

Apoio Financeiro  
**Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP**  
**Caixa Econômica Federal - CEF**  
Apoio Institucional

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul –  
UFRGS**  
**Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC**

Editores da Coletânea HABITARE  
**Roberto Lamberts – UFSC**  
**Maria Lúcia Horta de Almeida – FINEP**

Equipe Programa HABITARE  
**Ana Maria de Souza**  
**Cristiane M. M. Lopes**

Editores do Volume 3  
**Humberto Roman**  
**Luis Carlos Bonin**

Projeto gráfico  
**Regina Álvares**

Textos de apresentação da capa  
**Arley Reis**

Revisão gramatical e bibliografia  
**Giovanni Secco**  
**Roseli Alves Madeira Westphal (INFOHAB)**

Editoração eletrônica  
**Amanda Vivan**

Fotolitos e impressão  
**Coan**

Foto da capa  
**Christine Gonsalves (Hong Kong)**

Catálogo na Publicação (CIP).  
Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC).

---

N842 Normalização e Certificação na Construção Habitacional /  
Editores Humberto [e] Luis Carlos Bonin. — Porto Alegre :  
ANTAC, 2003. — (Coleção Habitare, v. 3)

220p.  
ISBN 85-89478-03-3

1. Certificação. 2. Normalização. 3. Habitação. 4.  
Construção civil I. Humberto Roman. II. Luis Carlos Bonin. III.  
Série.

CDU - 624 (083)

---

## Sumário

1. Introdução _____	4
Humberto Roman e Luis Carlos Bonin	
2. Normalização em conforto ambiental: desempenho térmico, lumínico e acústico de edificações _____	16
EneDir Ghisi, Roberto Lamberts, Maurício Roriz, Fernando Oscar R. Pereira e Mauricy Cesar Rodrigues de Souza	
3. Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações _____	42
Orestes M. Gonçalves	
4. Mapeamento dos agentes de degradação dos materiais _____	54
Maryangela Geimba de Lima e Fabiano Morelli	
5. Projeto e execução de lajes pré-moldadas com vigotas de concreto armado: sugestões para elaboração de uma norma específica para lajes pré-fabricadas _____	68
João Eduardo Di Pietro	
6. Elaboração de normas: projeto, fabricação e execução de lajes mistas pré-moldadas _____	78
Jorge Bounassar Filho	
7. Desenvolvimento de técnicas de avaliação e critérios de desempenho de materiais e componentes da construção _____	110
Humberto Ramos Roman, Orestes Alarcon, Denise Antunes da Silva, Leslie Maria Finger Roman, e André Mate Sagave	
8. Aperfeiçoamento e desenvolvimento de novos métodos de avaliação de desempenho para subsidiar a elaboração e revisão de normas técnicas _____	134
Miriam Jerônimo Barbosa, Berenice M Toralles Carbonari, Juliano Sakamoto, Andrea Zeballos Adachi, Eduardo Mesquita Cortelassi, Eulito Bazoni Silva Júnior, Marcelo Venícius Zanon	
9. Contribuições para revisão da NR-18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção _____	174
Tarcísio Abreu Saurin, Elvira Lantelme, Carlos Torres Formoso e Lia Buarque de Macedo Guimarães	
10. Projetos HABITARE/FINEP, equipes e currículos dos participantes _____	208

**Humberto Ramos Roman** é engenheiro civil (1980) e mestre (1983) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor (1990) pela University of Sheffield, Inglaterra. Membro do British Masonry Society desde 1993, do International Council for Building Research Studies (CIB) desde 1997. Colaborador da Universidade do Minho, Portugal, desde 1999. É professor adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desde 1992. Atua nas áreas de Alvenaria Estrutural e Processos Construtivos. Atualmente é supervisor do Laboratório de Materiais de Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil e coordenador do Grupo de Desenvolvimento de Sistemas em Alvenaria (GDA).  
E-mail: [humberto@ecv.ufsc.br](mailto:humberto@ecv.ufsc.br)

**Luis Carlos Bonin** é engenheiro civil (1983) pela Universidade Católica de Pelotas e mestre (1987) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É professor assistente do Departamento de Engenharia Civil da UFRGS desde 1991. Atua nas áreas de Desempenho das Edificações e Manutenção de Edificações.  
E-mail: [lbonin@cpgec.ufrgs.br](mailto:lbonin@cpgec.ufrgs.br)

# 1.

## Introdução

Humberto Roman e Luis Carlos Bonin

O objetivo geral do Programa Habitare é contribuir para o avanço do conhecimento no campo da tecnologia de habitação, apoiando pesquisas na área de ciência e tecnologia que visam ao atendimento das necessidades de modernização do setor de Construção Civil e à produção de habitações de interesse social.

Um importante tema tratado pelo Programa Habitare e presente expressamente nos seus editais de seleção de projetos é a normalização. O termo “normalização” é definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como o “processo de formulação e aplicação de regras para um tratamento ordenado de uma atividade específica, para o benefício e com a cooperação de todos os interessados e em particular para a promoção da economia global ótima, levando na devida conta condições funcionais e requisitos de segurança” (ABNT, 1998).

Essas regras são expressas em documentos denominados “normas”, definidas por Bezerra (1991), citando o ISO/IEC Guide 2/86, proposto conjuntamente pela International Organization for Standardization e pela International Electrotechnical Commission como um “documento estabelecido por consenso e

aprovado por uma instituição reconhecida, que atende, para uso comum e repetido, regras, diretrizes ou características para atividades ou seus resultados, buscando ordenação ou o nível otimizado num dado contexto”.

A ABNT (1998) aponta como objetivos do processo de normalização:

- reduzir a variedade de procedimentos e tipos de produtos;
- proporcionar meios mais eficientes para a troca de informações entre o fornecedor e o consumidor, de forma a melhorar a confiabilidade nas relações comerciais e na prestação de serviços;
- reduzir custos ao longo de todo o processo de produção e consumo;
- proteger a vida e a saúde humana;
- proteger o consumidor ao permitir a aferição da qualidade de produtos e serviços; e
- evitar a existência de regulamentos conflitantes de produtos e serviços em diferentes países, eliminando barreiras comerciais.

Ao comentar o processo de incorporação de inovações tecnológicas nas empresas, Pereira (1991) destaca que a documentação de procedimentos implementada pelo processo de normalização otimiza a transferência de tecnologia, aumentando, conseqüentemente, a expectativa de sucesso da inovação. Em sentido convergente, comenta Gonçalves (1991) que a normalização está se incorporando cada vez mais à prática das empresas como requisito fundamental para a implantação de sistemas de garantia de qualidade e para a otimização e racionalização de processos de produção, atuando como elemento-chave para avanços da modernidade e da competitividade empresarial.

O processo de normalização, todavia, como adverte Dias (1998), é complexo e envolve diversos aspectos da vida econômica de uma sociedade, não se esgotando apenas em aspectos técnicos mas também possuindo importantes implicações políticas e sociais. Por isso, a normalização desempenha uma significativa função social, qual seja, a de se constituir em canal de comunicação entre os diversos agentes sociais. A elaboração de regras demanda a participação de fornecedores e consumidores de bens e serviços, devendo haver um consenso entre eles, bem como a participação de outros agentes neutros interessados, como organizações governamentais e não-governamentais, centros de pesquisa e de formação profissional, etc. Nesse sentido, não é um exagero afirmar que o grau de desenvolvimento de uma sociedade pode muito bem ser representado pela adequação de seu acervo normativo.

Se não existem vozes contrárias aos benefícios sociais decorrentes do processo de normalização, por outro lado, lembra Bezerra (1991), existe no Brasil um baixo nível de conscientização, tanto por parte do setor privado quanto do setor governamental, sobre a necessidade de uma maior participação no processo de normalização. Complementa Gonçalves (1991) que, apesar de reconhecerem a importância da normalização, muitas empresas encaram sua participação no processo normativo apenas como uma despesa, e não como um investimento.

Essa não é uma situação recente na realidade brasileira. Dias (1998) mostra que no Brasil apenas ao final da década de 30, no século XX, a padronização das compras públicas passou a merecer a atenção das autoridades governamentais, culminando com a criação de uma entidade normalizadora privada em 1940, a ABNT. Como destaca o autor, o pequeno apoio governamental, associado ao pequeno porte da maioria das empresas, não estimulou o desenvolvimento de uma cultura de cumprimento da normalização técnica existente, e muito menos de participação ativa no processo de normalização, restando à ABNT manter-se graças ao esforço de abnegados. Em consequência, os resultados obtidos ficaram aquém das necessidades do país, pois de 1940 até 1971 apenas 545 normas técnicas definitivas foram registradas. Somente a partir da década de 70, prossegue o autor, graças a um maior apoio por parte do governo e à simplificação do procedimento de discussão e aprovação das normas técnicas, o país aumentou seus resultados no processo de normalização, totalizando, no início dos anos 90, mais de 6.400 normas, com predominância de textos voltados ao setor de transportes e à indústria metalmeccânica. Apenas 12% dos textos eram relativos ao setor da Construção Civil.

Uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) (1995) que envolveu 909 empresas de pequeno, médio e grande porte de vários setores produtivos em 14 estados do país demonstrou um amplo reconhecimento pelos empresários brasileiros da importância do uso das normas técnicas nos processos de produção (93% distribuídos nas categorias “importantes”, “muito importantes” e “indispensáveis”). Por outro lado, esse dado não significa que as normas estejam efetivamente presentes na produção. Das empresas de pequeno porte, 40% declararam a indisponibilidade das normas ou a restrição ao seu acesso no processo de produção. Esse percentual cai para 18% nas empresas de médio porte e para 10% nas grandes empresas, mas é necessário lembrar que a maioria das empresas – não na pesquisa, mas na realidade dos setores produtivos – é de pequeno porte. Entre outros aspectos, a pesquisa avaliou também o julgamento da adequação dos textos

normativos disponíveis, e apenas 22% das empresas responderam que as normas atendem adequadamente às suas necessidades.

Todos esses dados conduzem a uma reflexão a respeito da efetividade da normalização no Brasil. Sem dúvida alguma é preciso buscar estratégias para superar as deficiências mais prementes. Isso tem sido feito pelo Programa Habitare, que tem estimulado a comunidade técnica nacional a formular projetos cujos resultados contribuam para o processo de normalização aplicada à produção de habitações de interesse social.

Entre os projetos realizados no Programa Habitare, dez têm seus resultados diretamente relacionados à normalização, abrangendo um amplo espectro de áreas de conhecimento. Esses projetos encontram-se descritos a seguir.

- O projeto **Normalização em Conforto Ambiental - Térmica, Lumínica e Acústica**, realizado sob a coordenação do Prof. Roberto Lamberts, tem por objetivo a elaboração de projetos de norma sobre o desempenho térmico e acústico e sobre o uso da iluminação natural nas edificações. O relato deste projeto, antes de abordar o conteúdo dos textos elaborados, apresenta uma descrição detalhada do processo de formação do grupo de discussão e das estratégias experimentadas para uma maior democratização nas discussões, incluindo fóruns de debates criados na internet especificamente para auxiliar o processo e reduzir a necessidade de reuniões presenciais mais frequentes. Com os resultados deste projeto, foram constituídas três Comissões de Estudos no âmbito do Comitê da Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas (COBRACON/ABNT): (1) a CE 02:135.01 - Desempenho acústico de edificações, que revisou as NBRs 10151 e 10152 e elaborou os projetos-de-norma de dois novos textos normativos sobre métodos de ensaio aplicáveis à medição de propriedades acústicas de materiais e componentes utilizados nas edificações; (2) a CE 02:135.02 - Iluminação natural nas edificações, que elaborou os projetos-de-norma de quatro novos textos normativos sobre conceitos básicos, procedimentos de cálculo e métodos de ensaio aplicáveis à iluminação interior de edificações utilizando a iluminação natural; (3) a CE 02:135.07 - Desempenho térmico de edificações, que elaborou os projetos-de-norma de cinco novos textos normativos sobre definições, métodos de cálculo de propriedades térmicas dos elementos e componentes das edificações, zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes para construções habitacionais, e



métodos de ensaio aplicáveis à determinação das propriedades térmicas de materiais de construção. Todos os projetos-de-norma elaborados foram encaminhados à ABNT para votação, estando já alguns aprovados e publicados, e outros em processo de votação ou revisão de votos. Cabe destacar que os textos referentes a desempenho térmico e iluminação natural das edificações foram os primeiros textos normativos brasileiros sobre esses temas, preenchendo importante lacuna antes existente na normalização nacional aplicável à produção habitacional.

· O projeto **Normas Técnicas para Avaliação de Sistemas Construtivos Inovadores para Habitações**, realizado sob a coordenação do Prof. Orestes Gonçalves, tem por objetivo elaborar um conjunto de normas técnicas para a avaliação de desempenho de novas tecnologias aplicáveis à construção habitacional. Está sendo utilizada pelo COBRACON/ABNT a abordagem da elaboração de normas por classes de edifícios, havendo, para cada classe, uma norma para o desempenho do edifício em seu conjunto e normas para cada um de seus elementos construtivos. Neste projeto estão sendo elaborados projetos-de-norma de desempenho para a classe de edifícios habitacionais de até quatro pavimentos, incluindo oito dos elementos constituintes das edificações: (1) fundação, (2) estrutura, (3) paredes e pisos em contato com o solo, (4) fachada, (5) cobertura, (6) divisórias internas, (7) pisos internos e (8) sistemas hidrossanitários. Como resultado das atividades de desenvolvimento de tal projeto foi constituída a Comissão de Estudos CE 02:136.01 - Desempenho de edificações, que está elaborando oito textos normativos, um para cada elemento construtivo da classe de edifício selecionada. A expectativa em relação aos resultados deste projeto para o setor da Construção Civil nacional é muito grande, pois os projetos-de-norma elaborados, uma vez votados e aprovados na ABNT, constituirão a referência técnica necessária para a avaliação de novas tecnologias aplicáveis à construção habitacional, preenchendo uma lacuna na infra-estrutura tecnológica nacional. Suprida essa lacuna, estar-se-á fomentando a inovação tecnológica e, por conseqüência, uma maior competitividade entre as empresas do setor, resultando em edificações com melhor qualidade e menor custo.

· O projeto **Mapeamento Geográfico dos Agentes de Degradação dos Materiais**, coordenado pela Prof.<sup>a</sup> Maryangela Lima, tem por objetivo elaborar, para

todo o território nacional, mapas de agressividade ambiental relacionados com a degradação dos materiais de construção. Este projeto ainda está em andamento, e o relato apresentado nesta coletânea mostra apenas preliminares dos resultados que se espera atingir para aperfeiçoar a consideração do requisito “durabilidade” no processo de normalização de materiais e componentes de construção no Brasil. O trabalho proposto neste projeto é imenso em sua ambição, pois envolve a geração de uma ampla base de dados climáticos abrangendo todo o território nacional em uma série temporal contínua de pelo menos dez anos necessária para o tratamento estatístico dos dados e para a geração dos mapas de agressividade. Corresponde à ambição somente a relevância dos resultados do projeto, pois a disponibilidade de dados confiáveis sobre a agressividade ambiental permitirá a otimização do projeto de componentes para a construção, aumentando a durabilidade e reduzindo os custos na produção habitacional. Além disso, o desenvolvimento deste projeto marca o engajamento da pesquisa nacional em um importante projeto desenvolvido pelo Coinsel International du Batiment (CIB), instituição internacional que congrega os pesquisadores em tecnologia de construção. Tal projeto, desenvolvido pela Comissão de Trabalho W106 - Geographic Information Systems, trata especificamente do uso de ferramentas de geoprocessamento (GIS) para a definição de mapas de agressividade a materiais de construção.

· **O Projeto e Execução de Lajes Pré-Moldadas com Vigotas de Concreto Armado**, coordenado pelo Prof. João Di Pietro, tem por objetivo verificar o comportamento estrutural das lajes pré-fabricadas com vigotas de concreto armado e a validade das hipóteses de cálculo, bem como o conseqüente dimensionamento dos elementos em relação aos resultados experimentais observados, com o intuito de subsidiar a elaboração de normas técnicas específicas. Destaca-se que, no conjunto de experimentos realizados com elementos de concreto armado produzidos por empresas da região de Florianópolis/SC, verificou-se que todos os elementos analisados não atendiam à segurança estrutural prescrita pela NBR 6118:1982 - Projeto e execução de obras de concreto armado. Num sentido convergente, o projeto **Elaboração de normas: projeto, fabricação e execução de lajes mistas pré-moldadas**, coordenado pelo Prof. Jorge Bounassar Filho, foi desenvolvido com o objetivo de elaborar textos normativos

para o projeto, a produção e a montagem de lajes pré-fabricadas. Neste projeto também foram sistematizadas informações fornecidas por fabricantes de componentes utilizados na produção de lajes pré-fabricadas e realizados ensaios em laboratório para a definição de parâmetros a serem considerados nos textos normativos. Os resultados desses projetos provocaram, junto ao COBRACON/ABNT, a formação da Comissão de Estudos CE 02:107.01 - Lajes pré-fabricadas, tendo sido elaborados seis projetos-de-norma que foram encaminhados para aprovação pela ABNT, criando um novo referencial técnico para a produção e utilização desses elementos na construção habitacional.

· O projeto **Desenvolvimento de Técnicas de Avaliação e Critérios de Desempenho de Materiais e Componentes da Construção**, coordenado pelo Prof. Humberto Roman, constitui-se de dois subprojetos, um deles abordando a avaliação de propriedades das argamassas utilizadas no assentamento de revestimentos cerâmicos e o outro abordando a avaliação da resistência à abrasão e a dureza ao risco das peças cerâmicas de revestimento. Este projeto tem por objetivos, em seus dois subprojetos, a avaliação de normas técnicas nacionais e estrangeiras existentes, a criação de métodos de ensaio para a determinação de propriedades relevantes nos materiais e componentes utilizados na produção de revestimentos cerâmicos e a coleta de dados experimentais para a determinação de parâmetros para a elaboração de novos textos normativos e para a revisão de normas existentes. Os resultados obtidos neste projeto permitiram o desenvolvimento de um aparato e de uma metodologia para o ensaio de cisalhamento direto de revestimentos cerâmicos (uma alternativa ao ensaio de tração normalizado), a definição de parâmetros para um ensaio de resistência à abrasão superficial e dureza ao risco de cerâmicas de revestimento, a definição de parâmetros para um ensaio de resistência ao escorregamento de peças cerâmicas durante o processo de aplicação sobre a base a ser revestida e o desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação de argamassas colantes, utilizadas no assentamento de revestimentos cerâmicos. Todos esses resultados foram objeto de publicações e de discussão entre a comunidade técnica, aguardando a oportunidade para a constituição de uma Comissão de Estudos no COBRACON/ABNT para a elaboração de projetos-de-norma.

· O projeto **Aperfeiçoamento de Metodologia de Avaliação de Desempenho Térmico e Desenvolvimento de Ensaios de Durabilidade em Habitação Popular**, coordenado pela Prof.<sup>a</sup> Míriam Barbosa, também é constituído de dois subprojetos desenvolvidos simultaneamente. Ambos coletaram dados experimentais em um conjunto de habitações representativas de sistemas construtivos utilizados na região de Londrina/PR, habitações essas submetidas todas às mesmas condições de exposição. O objetivo deste projeto é, a partir da comparação dos dados coletados em edificações construídas com diferentes sistemas construtivos, gerar subsídios para o desempenho térmico e para a durabilidade em habitações populares, tendo em vista o aperfeiçoamento de textos normativos aplicáveis à produção habitacional. Os resultados do projeto, ainda em andamento na realização do monitoramento do conjunto de habitações, incluem a verificação da adequação dos procedimentos de avaliação do desempenho térmico contidos nos projetos-de-norma propostos em outros projetos do Programa Habitare (os projetos Normalização em conforto ambiental - Térmica, lumínica e acústica e Elaboração de textos normativos contendo critérios mínimos de desempenho para aplicação em sistemas construtivos) e a definição de parâmetros para a realização de um ensaio de controle do crescimento de microorganismos nas edificações.

· O projeto **Subsídios para Revisão da NR-18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**, coordenado pela Prof.<sup>a</sup> Lia Guimarães, tem por objetivo gerar subsídios para a revisão da NR-18, uma das Normas Regulamentadoras de Medicina e Segurança do Trabalho elaboradas em comissões tripartites com representantes do Governo Federal, empresários e trabalhadores. As Normas Regulamentadoras se constituem em texto básico para a fiscalização das empresas pelo Ministério do Trabalho. Neste projeto foram avaliados setenta e nove canteiros de obras em sete cidades de quatro estados brasileiros, incluindo capitais e cidades do interior. A partir do levantamento e da análise de acidentes e doenças de trabalho oficialmente registrados, do diagnóstico da adequação dos canteiros de obras aos requisitos da NR-18 e de entrevistas com lideranças das três partes envolvidas na elaboração da norma, foram identificados aspectos críticos a serem discutidos para revisá-la. Como resultados do projeto, foram feitas as recomendações de hierarquização dos textos normativos relacionados com a medicina e segurança do trabalho, e percebeu-se a necessidade de

elaboração de normas técnicas, no âmbito do COBRACON/ABNT, como complemento aos dispositivos prescritos na NR-18.

· O projeto **Validação de Softwares Aplicativos para Simulação do Comportamento Térmico de Habitações**, coordenado pelo Eng. Fulvio Vittorino, objetiva gerar uma base de dados contendo resultados de testes de validação e análise da aplicabilidade de softwares que estimam a resposta térmica de edificações. O projeto **Elaboração de textos normativos contendo critérios mínimos de desempenho para aplicação em sistemas construtivos**, coordenado pelo Eng. Ércio Thomaz, teve por fim revisar os textos elaborados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas no Estado de São Paulo (IPT) em 1981 para o Banco Nacional da Habitação (BNH), visando a estabelecer procedimentos de avaliação de desempenho estrutural, segurança ao fogo, estanqueidade à água, conforto térmico, conforto acústico e durabilidade. Os textos revisados neste projeto serviram de referência a outros projetos do Programa Habitare, principalmente aos projetos Normalização em conforto ambiental - Térmica, lumínica e acústica e Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações. Infelizmente, o relato desses projetos não foi incluído nesta coletânea porque os respectivos coordenadores declinaram do convite para dela participarem.

Analisando-se o conjunto de resultados obtidos até agora pelos projetos incluídos no Programa Habitare, observa-se que, embora o número de textos normativos produzidos seja limitado, a relevância do trabalho realizado é significativa, pois lacunas críticas na normalização nacional foram e estão sendo preenchidas, superando deficiências na infra-estrutura tecnológica necessária ao desenvolvimento da Construção Civil brasileira, deficiências essas enfrentadas particularmente pelo setor da Construção voltado à produção de habitações de interesse social.

Também se observa em alguns dos projetos uma desejável, estreita e direta cooperação de grupos de pesquisa com organizações do setor produtivo, propiciando a imediata apropriação dos resultados desses projetos pelas empresas ligadas às atividades de construção filiadas a essas organizações. Nesse caso, uma vez conhecidos e dominados os parâmetros para o controle e a garantia da qualidade de materiais, componentes e elementos de construção, pode-se fomentar no setor produtivo uma competitividade saudável, baseada no cumprimento objetivo de parâmetros técni-

cos desejados. Quem ganha com essa competição saudável é, ao final, a sociedade, que passa a dispor de soluções construtivas mais confiáveis e de melhor qualidade, sem um correspondente aumento nos custos de produção diante do estímulo a uma maior competitividade no setor produtivo.

Finalmente, cabe salientar a amplitude de temas abordados envolvendo desde a consideração de aspectos concretos de tecnologias construtivas, passando pela elaboração de referências normativas para a avaliação de desempenho de novas tecnologias, até chegar à interface da normalização técnica com a normalização de medicina e segurança do trabalho. Sem dúvida alguma, a compreensão desse amplo espectro de temas relacionados com a produção habitacional, objeto da publicação desta coletânea de relatos de pesquisas, auxiliará o leitor a formar uma idéia mais clara dos objetivos do Programa Habitare.

## Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Normalização**: um fator de desenvolvimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 26 p.

BEZERRA, Carlos Alberto Mendes. Qualidade e credibilidade da norma brasileira. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE, 2., 1991, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABNT, 1991. p. 323-326.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA; Departamento de assistência à média e pequena indústria. **Serviços tecnológicos para a qualidade e produtividade**: pesquisa 1995. Rio de Janeiro: CNI/DAMPI, 1995. 64 p.

DIAS, José Luciano de Mattos. **Medida, normalização e qualidade**: aspectos da história da metrologia no Brasil. Rio de Janeiro: INMETRO, 1998. 253 p.

GONÇALVES, Antônio Carlos. A normalização como guia para a qualificação e fator determinante para a competitividade empresarial. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE, 2., 1991, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABNT, 1991. p. 115-118.

PEREIRA, Paulo Cesar Lopes. Normalização e inovação tecnológica. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE, 2., 1991, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABNT, 1991. p. 327-333.

**Enedir Ghisi** é engenheiro civil (1995) e mestre (1997) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). PhD (2002) pela University of Leeds, Inglaterra. Pesquisador do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da UFSC, sendo responsável atualmente pelas disciplinas Instalações Hidro-Sanitárias e Resistência dos Sólidos. É responsável pela disciplina Conforto Térmico e Acústico do Departamento de Engenharia Civil da UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense, em Criciúma-SC. Atua nas áreas de Eficiência Energética, Conforto Ambiental e Uso Racional de Água em Edificações.  
E-mail: enedir@labeee.ufsc.br

**Roberto Lamberts** é engenheiro civil (1980) e mestre (1983) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor (1988) pela University of Leeds, UK, com pós-doutoramento (1994) no Lawrence Berkeley Laboratory da University of California, USA. Consultor *ad-hoc* do CNPq, CAPES, Fapesp, Fapemat e da Agencia Nacional de Producción Científica y Tecnológica da Argentina. É professor da UFSC desde 1989 e titular a partir de 1997. Atualmente é presidente do IBPSA-Brasil, supervisor do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), coordenador do Núcleo de Pesquisa em Construção (NPC) e do INFOHAB. Atua em várias áreas com destaque para as de Conforto Térmico, Desempenho Térmico e Eficiência Energética.  
E-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

**Fernando Oscar Ruttkay Pereira** é engenheiro civil (1979) e mestre em engenharia (1984) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Menção Honrosa no Prêmio Jovem Cientista - 1982, CNPq - "Conservação de Energia". Obteve seu doutorado em 1992 na School of Architectural Studies, University of Sheffield, Inglaterra. Professor titular do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desde 1982. Consultor *ad-hoc* do CNPq, CAPES e FAPEAL. Atualmente é Diretor do PLEA - Passive and Low Energy Architecture Association, Supervisor do Laboratório de Conforto Ambiental (LabCon/ARQ). Atua nas áreas de Insolação e Iluminação no Ambiente Urbano, Sistemas Inovativos de Iluminação Natural, Eficiência Energética do Ambiente Construído e Ensino de Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Escolas de Arquitetura.  
E-mail: feco@arq.ufsc.br

16

**Maurício Roriz** é arquiteto pela Universidade Católica de Goiás (UCG), em 1973, com especialização em Conforto Ambiental (1979) e especialização para docentes de Conforto Ambiental (1975). Mestre (1987) e doutor (1996) pela Universidade Federal de São Paulo (USP). Foi professor da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e da Católica de Goiás. É professor da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) desde 1982, sendo atualmente chefe do Dep. de Eng. Civil. Atua nas áreas de Desempenho Térmico de Edificações, Arquitetura Bioclimática e Conforto Ambiental.  
E-mail: roriz@power.ufscar.br

**Mauricy Cesar Rodrigues de Souza** é engenheiro químico (1985) pela Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Engenharia Civil (1997) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Pesquisador do Laboratório de Ruído Industrial da UFSC desde 1997. Trabalhou na indústria no período de 1986 a 1995 em serviços especializados na especificação de materiais acústicos. Atua junto à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), tendo sido o coordenador da Comissão de Estudos de Desempenho Acústico das Edificações entre 1997 e 2002.  
E-mail: mauricy@eps.ufsc.br



# 2.

## Normalização em conforto ambiental: desempenho térmico, lumínico e acústico de edificações

Enedir Ghisi, Roberto Lamberts, Maurício Roriz, Fernando Oscar R. Pereira  
e Mauricy Cesar Rodrigues de Souza

### 1 Introdução

A necessidade de se desenvolver uma normalização sobre desempenho térmico e energético de edificações que seja adequada à realidade brasileira foi inicialmente discutida durante o I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, realizado em Gramado, no Rio Grande do Sul, em 1990. Tal discussão conduziu à criação de um projeto internacional de desenvolvimento e compatibilização de normas visando ao uso racional de energia e ao conforto térmico em edificações envolvendo os países Brasil, Argentina e Uruguai (LAMBERTS, 1991). Nesse contexto, em 1991 realizou-se o I Encontro Nacional de Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações, na cidade de Florianópolis, em Santa Catarina, com o intuito de se definir diretrizes básicas para o desenvolvimento da normalização brasileira e sua compatibilização com as normas argentinas e uruguaias. Seguindo o que foi discutido no evento, dois textos provocativos foram elaborados. Em março de 1993, por ocasião da publicação dos anais do Encontro de 1991, esses dois textos haviam sido

apresentados ao Comitê Brasileiro de Construção Civil (COBRACOM), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a saber:

- Desempenho térmico de edificações: definição, símbolos e unidades; e
- Desempenho térmico de edificações: cálculo da transmitância térmica de elementos e componentes.

Em outubro de 1993, Barbosa e Lamberts (1993) publicaram uma comunicação técnica no Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, no qual, através da análise de normas desenvolvidas em outros países, apresentou-se uma listagem de sete propostas a serem consideradas no desenvolvimento de normas brasileiras de desempenho térmico e energético de edificações. Mencionava-se, na comunicação técnica, que as duas primeiras propostas já se encontravam em discussão na ABNT. As sete propostas apresentadas foram as seguintes:

- (1) Definição, símbolos e unidades;
- (2) Cálculo da transmitância térmica de elementos e componentes;
- (3) Procedimentos para tratamento de dados climáticos;
- (4) Zoneamento bioclimático brasileiro;
- (5) Desempenho térmico e energético de edifícios residenciais;
- (6) Desempenho térmico e energético de edifícios comerciais; e
- (7) Métodos de ensaio.

Essa lista serviu de base para novas discussões, e decidiu-se por adiar para projetos futuros a elaboração de textos relacionados ao desempenho energético de edificações, assim como também se percebeu a oportunidade de serem elaborados textos relacionados à iluminação natural e ao desempenho acústico.

18

Firmou-se então, em janeiro de 1997, o convênio n. 63.96.0211-00 com a FINEP, para o desenvolvimento do Projeto Normalização em Conforto Ambiental, sob coordenação geral de Roberto Lamberts, professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Na ABNT, o trabalho foi desenvolvido com o apoio do Comitê Brasileiro de Construção Civil (COBRACON) (CB-02) através do Subcomitê (SC-35) Conforto e Energia em Edificações. No CB-02 foram criadas três Comissões de Estudo (CE), a saber:

#### - CE-02:135.01 – Desempenho acústico de edificações

Coordenada por Mauricy César Rodrigues de Souza, pesquisador ligado ao Laboratório de Vibrações e Acústica da UFSC (LVA);

#### - CE-02:135.02 - Iluminação natural nas edificações

Coordenada por Fernando Oscar Ruttkay Pereira, professor titular do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFSC e coordenador do Laboratório de Conforto Ambiental (LABCON); e

#### - CE-02:135.07 – Desempenho térmico de edificações

Coordenada por Roberto Lamberts, professor titular do Departamento de Engenharia Civil da UFSC e coordenador do Núcleo de Pesquisa em Construção (NPC) e do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE).

## 2 Objetivos

Este capítulo tem como objetivos (1) descrever e discutir o processo de desenvolvimento de textos-base para normalização na área de Conforto Ambiental; (2) apresentar informações a respeito dos textos elaborados; e (3) descrever a metodologia utilizada no processo de discussão para torná-los textos padrão da ABNT nas áreas de desempenho térmico, iluminação natural e desempenho acústico de edificações.

## 3 Metodologia

### 3.1 Os textos provocativos para discussão

O passo inicial para o desenvolvimento do projeto foi a elaboração de textos provocativos para discussão. Os textos completos que serviram como base para as discussões bem como as versões finais em formato da ABNT podem ser obtidos em Lamberts et al. (2000). As versões em formato da ABNT também estão disponíveis na internet, na página do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, no seguinte endereço: <<http://www.labee.ufsc.br/conforto/index.html>>.

#### 3.1.1 Desempenho térmico de edificações

Com relação ao desempenho térmico de edificações, sete textos provocativos foram elaborados. Nessa etapa inicial pretendeu-se cobrir temas concernentes a definições e símbolos, métodos de cálculo de grandezas relacionadas, tratamento de

dados climáticos, zoneamento bioclimático e avaliação de desempenho térmico. Também foram elaborados dois textos referentes à determinação da condutividade térmica de materiais: um, pelo princípio da placa quente protegida, e outro, pelo método fluximétrico. A seguir, apresentam-se os títulos e autores desses textos.

**Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades**

Autores: Enedir Ghisi e Roberto Lamberts

**Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica e da capacidade térmica de elementos e componentes**

Autores: Enedir Ghisi e Roberto Lamberts

**Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Procedimento para o tratamento de dados climáticos**

Autores: Solange V. G. Goulart e Roberto Lamberts

**Desempenho térmico de edificações – Parte 4: Zoneamento bioclimático brasileiro**

Autores: Enedir Ghisi e Roberto Lamberts

**Desempenho térmico de edificações – Parte 5: Avaliação de desempenho térmico de edificações unifamiliares**

Autores: Enedir Ghisi e Roberto Lamberts

**Desempenho térmico de edificações – Parte 6: Medição da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida**

Autor: Vicente de Paulo Nicolau

**Desempenho térmico de edificações – Parte 7: Determinação da resistência térmica e da condutividade térmica em regime estacionário pelo método fluximétrico**

Autor: Saulo Güths

### 3.1.2 Iluminação natural nas edificações

Na parte relacionada à iluminação natural nas edificações, quatro textos provocativos foram elaborados. Abrangeram-se temas relacionados a definições, procedimentos de cálculo estimativo da disponibilidade de luz natural e da determinação de iluminação natural em interiores, bem como procedimentos para medições de iluminância e luminância de ambientes internos. Os títulos e respectivos autores desses textos são apresentados a seguir.

**Iluminação natural – Parte 1: Conceitos básicos e definições**

Autor: Fernando O. R. Pereira

### **Iluminação natural – Parte 2: Disponibilidade de luz natural**

Autores: Fernando O. R. Pereira, Antônio A. Xavier e Aderina de Q. Madeira

### **Iluminação natural – Parte 3: Método de determinação da iluminação natural em interiores**

Autores: Fernando O. R. Pereira, Maria das Graças V. do Amaral, Laura G. Souza Malta e Roberta V. G. de Souza

### **Iluminação natural – Parte 4: Medição das condições internas**

Autores: Eneid Ghisi e Fernando O. R. Pereira

#### **3.1.3 Desempenho acústico de edificações**

Com relação ao desempenho acústico de edificações, o projeto englobou a elaboração de dois textos provocativos: (1) um que estabelece procedimentos para medição de isolamento sonoro em construções e elementos construtivos; e (2) outro que permite medir a absorção sonora em sala reverberante. Também foram revisadas duas normas, as NBRs 10151 e 10152, ambas de 1987. Os títulos e autores dos textos provocativos bem como da revisão das normas são apresentados abaixo.

#### **Desempenho acústico de edificações – Parte 1: Medição do isolamento sonoro em construções e elementos construtivos**

Autores: Fabiano R. Lima e Mauricy C. R. de Souza

#### **Desempenho acústico de edificações – Parte 2: Medição da absorção sonora em sala reverberante**

Autores: Júlio A. Cordioli e Mauricy C. R. de Souza

#### **Desempenho acústico de edificações – Revisão da NBR 10151:1987 – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando ao conforto da comunidade**

#### **Desempenho acústico de edificações – Revisão da NBR 10152:1987: Níveis de ruído para conforto acústico**

#### **3.2 Processo de discussão dos textos**

Conforme mencionado anteriormente, o projeto de normalização em conforto ambiental tinha como um de seus objetivos desenvolver os primeiros textos normativos para as áreas de desempenho térmico e iluminação natural em edificações, além de complementar e revisar textos de norma relacionados ao desempenho acústico de edificações. Como se pretendia realizar o processo de discussão de uma forma dinâmica, mas pouco onerosa, que permitisse a participação de um grande número

ro de debatedores nas três áreas, a internet foi então o veículo selecionado para tal fim.

A elaboração dos textos provocativos foi finalizada em agosto de 1996. Paralelamente, foram montadas uma estrutura composta por listas de discussão por e-mail e uma página na internet, o que permitia acompanhar o andamento do projeto. Em seguida, foram contatados profissionais e pesquisadores de cada área, os quais foram indagados sobre o seu interesse em colaborar na análise e avaliação dos textos elaborados.

Durante o período de discussão, cartas informativas sobre o andamento do projeto foram enviadas aos participantes por e-mails e publicadas na internet. Além disso, apesar de não consideradas inicialmente, algumas reuniões com os principais colaboradores de cada área foram necessárias para se discutirem pontos de divergência nos diferentes textos.

### 3.2.1 Listas de discussão

Aos profissionais de cada área que mostraram interesse em participar das discussões, foram enviadas cópias dos textos, os quais foram disponibilizados na internet não apenas para consulta *on-line*, mas também para *download*.

O debate sobre os textos baseou-se em listas de discussão por e-mail. O processo consistiu na distribuição automática de um comentário a todos os participantes cadastrados. O cadastro também foi feito por e-mail, necessitando porém da autorização do coordenador de cada lista, nesse caso, os subcoordenadores de cada área. As cartas informativas também foram distribuídas através dessas listas.

Para cada uma das três áreas do projeto foi criada uma lista de discussão na UFSC, sendo:

- *termica-l@mbbox1.ufsc.br* para os interessados em colaborar na discussão dos textos relacionados ao desempenho térmico de edificações; lista coordenada por Roberto Lamberts;
- *ilumina-l@mbbox1.ufsc.br* para os interessados em colaborar na discussão dos textos relacionados à iluminação natural nas edificações; lista coordenada por Fernando O. R. Pereira; e
- *acustica-l@mbbox1.ufsc.br* para os interessados em colaborar na discussão dos textos relacionados ao desempenho acústico de edificações; lista coordenada por Mauricy C. R. de Souza.

As informações gerais sobre o andamento do projeto, inclusive com os trechos mais relevantes das discussões realizadas nas listas por e-mail, o procedimento de inscrição nas listas de discussão e as cartas circulares enviadas aos interessados também foram disponibilizados para consulta *on-line*.

### 3.2.2 Colaboradores e principais sugestões

Através da lista de discussão foram recebidas algumas sugestões. Abaixo, são apresentadas a relação das pessoas que utilizaram a lista para enviá-las e as principais alterações sugeridas.

#### Desempenho térmico de edificações

Colaboradores: Antônio César S. B. Silva, UFPel; Carlos Alberto Discoli, Universidade de La Plata, Argentina; Fúlvio Vittorino, IPT; Grupo de pesquisadores da Arquitetura da USP – São Carlos; Grupo de pesquisadores da FEC, UNICAMP; José Antônio Bellini da Cunha Neto, UFSC; Jorge Daniel Czajkowski, Universidade de La Plata, Argentina; Leonardo Bittencourt, UFAL; Maria Akutsu, IPT; Miguel Aloysio Sattler, UFRGS; Paulo Beyer, UFRGS; Paulo César Philippi, UFSC; Paulo Schneider, UFRGS; e Vicente de Paulo Nicolau, UFSC.

#### Principais sugestões

A Parte 1: Definições, símbolos e unidades e a Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica e da capacidade térmica de elementos e componentes receberam algumas sugestões visando à melhora dos textos.

Entre as contribuições mais relevantes, considerou-se que a Parte 3: Procedimento para o tratamento de dados climáticos era desnecessária e, portanto, decidiu-se pela sua exclusão do projeto. Com relação à Parte 4: Zoneamento bioclimático brasileiro, concluiu-se que deveria ser inserida na Parte 5: Avaliação de desempenho térmico de edificações unifamiliares. Ainda no tocante à Parte 5, recebeu-se a proposta do arquiteto Antônio César S. B. Silva, da Universidade Federal de Pelotas, que elaborou um zoneamento bioclimático brasileiro. As duas propostas para a Parte 5 continuaram em discussão.

#### Iluminação natural nas edificações

Colaboradores: Lúcia Mascaró, UFRGS; Luiz Antônio Stahl, UFRGS; e Paulo Sérgio Scarazzato, FAU/USP.

#### Desempenho acústico de edificações

Colaboradores: Carlos Robinson, CETESB; Marco Nabuco, Laboratório de Acústica do INMETRO; Miguel Aloysio Sattler, NORIE/UFRGS; Peter Barry, La-

boratório de Acústica do IPT; Ricardo Musafir, COPPE/UFRJ; Rogério Benevides, Laboratório de Ruído Aeronáutico do Instituto de Aviação Civil; e Sylvio Bistafa, Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP.

### **Principais sugestões**

O físico Peter Barry, do IPT, sugeriu que os textos baseados nas traduções das normas ISO fossem os mais fiéis possíveis de tais traduções, pois é assim que as duas normas são utilizadas nos ensaios feitos pelo IPT. Para esses mesmos textos, o eng. Marco Nabuco, do INMETRO, sugeriu mudar apenas os itens relacionados à incerteza da medição.

Os textos de revisão das NBRs 10151 e 10152 receberam diversas sugestões, muitas vezes apenas pontuais. O arq. João Baring, do IPT, se prontificou a conciliar as sugestões e a elaborar textos harmonizados para serem discutidos pela Comissão.

### **3.2.3 Cartas circulares**

Durante o processo de discussão foram enviadas diversas cartas aos participantes inscritos nas três listas, informando-os sobre o andamento das atividades. Todas as cartas também foram disponibilizadas na página de normalização na internet. No total, foram enviadas nove cartas, cuja idéia principal é apresentada a seguir, em ordem cronológica.

#### **Primeira carta – 20 de setembro de 1996**

Carta enviada às três listas: térmica, iluminação e acústica. Nesta carta mostrava-se que a resposta para a primeira chamada tinha sido excelente, com aproximadamente 100 pessoas cadastradas nas três áreas. Apresentaram-se, também, os prazos que deveriam ser respeitados durante o processo, ou seja:

- setembro de 1996: distribuição dos textos provocativos;
- outubro/novembro de 1996: discussão dos textos provocativos por e-mail;
- dezembro de 1996: transformação dos textos provocativos em textos-base, no padrão ABNT;
- janeiro/agosto de 1997: discussão dos textos-base, preferencialmente por e-mail; e
- setembro de 1997: reunião para aprovação dos textos e elaboração de propostas para novo projeto.

Nesta carta apresentava-se também a relação de textos elaborados (título e objetivo) para cada área. Solicitou-se resposta dos inscritos (até 15 de novembro de



1997) para as seguintes perguntas: para quais textos você pretende contribuir? O texto é adequado? Que mudanças poderia sugerir?

### **Segunda carta – 20 de dezembro de 1996**

Carta enviada à lista de acústica. Esta carta mostrava que, através de consulta ao grupo e também durante o Encontro da SOBRAC, realizado em Petrópolis - RJ, no dia 6 de dezembro de 1996, as propostas enviadas haviam sido aceitas, e seriam necessários apenas alguns acréscimos.

### **Terceira carta – 30 de abril de 1997**

Carta enviada à lista de térmica. Esta carta apresentava os primeiros resultados obtidos após as discussões, ou seja:

- as Partes 1 e 2 deveriam ser levadas adiante e convertidas para o formato da ABNT;
- quanto à Parte 3, não foi sentida a necessidade de transformá-la em norma;
- a Parte 4, por estar ligada à Parte 5, deveria ser incorporada a ela. Existiam duas propostas para o texto dessas partes, uma baseada no trabalho do IPT (AKUTSU et al., 1995) e outra baseada no trabalho de Antônio César S. B. Silva (SILVA, 1994), com alguns parâmetros fundamentados no trabalho do IPT; e
- as Partes 6 e 7 deveriam ser mantidas e convertidas para o formato da ABNT.

Esta carta também alertava para a continuidade das discussões por e-mail. Nessa data, os textos disponíveis na internet eram os seguintes:

- Partes 1 e 2 (versão com modificações, no formato da ABNT);
- Parte 5 nas duas opções para discussão; e
- Partes 6 e 7 (versão antiga, ainda não no formato da ABNT).

Nota: em virtude da eliminação da Parte 3 e da incorporação da Parte 4 à 5, houve uma renumeração dos textos de Desempenho Térmico de Edificações, ficando assim definidos:

Parte 1: Definições, símbolos e unidades;

Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica e da capacidade térmica de elementos e componentes;

Parte 3: Avaliação de desempenho térmico de edificações unifamiliares;

Parte 4: Medição da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;

Parte 5: Determinação da resistência térmica e da condutividade térmica em regime estacionário pelo método fluximétrico.

#### **Quarta carta – 18 de julho de 1997**

Carta enviada à lista de acústica. Esta carta informava que os textos sobre isolamento acústico e absorção sonora já estavam disponíveis na página de normalização na forma de projetos no padrão ABNT, assim como a norma de Terminologia para padronização dos termos técnicos utilizados. A página já contava com algumas normas da CETESB e do Comitê Aeronáutico da ABNT, conforme sugestões feitas por essas instituições na reunião de Petrópolis e por e-mail.

#### **Quinta carta – 22 de dezembro de 1997**

Carta enviada às três listas: térmica, iluminação e acústica. Esta carta alertava para os prazos finais do projeto, definidos durante o IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, realizado em Salvador. A agenda para os trabalhos finais ficou estipulada da seguinte forma:

- 15 de março de 1998 – prazo-limite para todas as contribuições e discussões;
- 31 de março de 1998 – prazo-limite para realização de todas as eventuais alterações.

Definiu-se que em abril de 1998 todos os textos seriam repassados à ABNT para transformá-los em padrão de norma. Os textos em padrão ABNT seriam enviados novamente aos coordenadores de cada área para uma revisão final, e a comunidade interessada teria três meses para votá-los.

#### **Sexta carta – 13 de março de 1998**

Carta enviada às três listas: térmica, iluminação e acústica. Esta carta convidava todos os interessados para a reunião do dia 24 de abril de 1998, em Florianópolis, alertando-os de que as discussões ocorreriam em paralelo entre as três áreas e que existia a intenção de discutirem e eventualmente votarem os principais pontos de divergência. Também questionava a possibilidade de as pessoas participarem da reunião com recursos de suas instituições ou próprios, em virtude dos recursos limitados do projeto.

#### **Sétima carta – 24 de junho de 1998**

Carta enviada à lista de térmica. Esta carta informava que as alterações propostas na reunião de 24 de abril de 1998 haviam sido realizadas e que as Partes 1, 2 e 3 de Desempenho Térmico de Edificações já estavam disponíveis na página, no endereço <<http://www.npc.ufsc.br/~energia/normas>> (atualmente os textos encontram-se em <<http://www.labee.ufsc.br/conforto/index.html>>). Definiu-se a data de 15 de julho de 1998 como prazo-limite para comentários, críticas ou sugestões.

Também se informou que as Partes 4 e 5 continuavam em discussão entre os colaboradores Vicente de Paulo Nicolau, Saulo Güths e Neide Sato.

#### **Oitava carta – 29 de julho de 1998**

Carta enviada à lista de térmica. Esta carta informava sobre a pequena participação dos inscritos com relação a comentários após a carta de 24 de junho de 1998, principalmente no tocante à Parte 3, que foi completamente reformulada. Apenas Miriam Jerônimo Barbosa, Nathan Mendes e Leonardo Bittencourt enviaram seus comentários. A carta também informava sobre a elaboração de uma nova proposta para a Parte 3 englobando as metodologias de Givoni e Mahoney, que seria divulgada oportunamente, e sobre a ampliação dos prazos para discussão até o final do mês de agosto de 1998.

#### **Nona carta – 14 de setembro de 1998**

Carta enviada à lista de térmica. Esta carta informava que a última versão da Parte 3 de desempenho térmico já estava disponível na internet e que os prazos para discussão seriam prorrogados até o dia 30 de setembro de 1998, como forma de possibilitar a avaliação do texto por parte dos membros do grupo.

Esta carta também comunicava sobre a reunião realizada durante o NUTAU 98, na FAU/USP, para discutir a Parte 3. Naquela ocasião concluiu-se que o título do texto deveria ser alterado, pois o texto não permitia a avaliação de desempenho térmico, e sim estabelecia requisitos de projeto como indicadores de obtenção de edificações com desempenho térmico aceitável. Dessa forma, o título ficou provisoriamente definido como Desempenho térmico de edificações: Parte 3 – Requisitos mínimos para obtenção de desempenho térmico aceitável em edificações de interesse social.

#### **3.2.4 Reuniões**

Apesar da intenção de realizar o processo pela internet apenas, fizeram reuniões entre os principais colaboradores se fez necessária. Em alguns casos, as reuniões foram realizadas devido à falta de comentários; em outros, aproveitou-se a presença de membros das listas de discussão em congressos e eventos relacionados às respectivas áreas para se debaterem os textos.

As reuniões realizadas são brevemente descritas a seguir.

#### **Reunião de iluminação (UFSC, Florianópolis, maio de 1997)**

Em virtude da falta de comentários por parte dos membros ligados ao grupo de Iluminação Natural em Edificações, foi promovida uma reunião no dia 1º de maio

de 1997 entre os professores Fernando O. R. Pereira, Lúcia Mascaró e Paulo Sérgio Scarazzato, com o intuito de resolver alguns pontos de discordância.

### **Encontro durante o ENCAC** (Salvador, novembro de 1997)

Durante o IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, realizado em Salvador, de 24 a 28 de novembro de 1997, foram formadas oficialmente as Comissões de Estudo para as áreas de térmica, iluminação e acústica, com eleição de coordenadores e secretários para as três áreas, quais sejam:

· Desempenho térmico de edificações

*Coordenador:* Roberto Lamberts, UFSC

*Secretário:* Eneid Ghisi, UFSC

· Iluminação natural em edificações

*Coordenador:* Fernando O. R. Pereira, UFSC

*Secretário:* Amilcar José Bogo, FURB

· Desempenho acústico de edificações

*Coordenador:* Mauricy Cesar Rodrigues de Souza, UFSC

*Secretária:* Maria de Lourdes Zunino, consultora

Em Salvador, também ocorreu um encontro entre algumas das pessoas que colaboraram com sugestões e/ou críticas por e-mail na lista de térmica, o que mostrou que a discussão conjunta seria mais eficiente do que aquela por e-mail. Nesse encontro, estavam presentes as seguintes pessoas: Eneid Ghisi, UFSC; Fúlvio Vittorino, IPT; Maria Akutsu, IPT; Maurício Roriz, UFSCar; Miriam Jerônimo Barbosa, UEL; Paulo Beyer, UFRGS; Paulo Schneider, UFRGS; e Roberto Lamberts, UFSC.

### **Reunião dos coordenadores** (UFSC, Florianópolis, janeiro de 1998)

Como se verificou em Salvador que discussões em grupo poderiam favorecer o andamento do projeto, decidiu-se, no dia 8 de janeiro de 1998, na UFSC, através de um encontro entre os coordenadores das três áreas e o secretário da comissão de Desempenho Térmico de Edificações, organizar uma reunião para o dia 3 de abril de 1998, em Florianópolis, com todos os interessados em avaliar os textos e as alterações propostas.

Em uma segunda avaliação, em virtude de o Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ENTAC) estar marcado para o período de 27 a 30 de abril de 1998, em Florianópolis, decidiu-se por marcar a citada reunião para o dia 24 de

abril de 1998, como forma de facilitar a vinda de pessoas que também participariam do ENTAC.

### **Reunião de acústica durante o XVIII SOBRAC** (Florianópolis, abril de 1998)

No dia 6 de abril de 1998, durante o I Encontro da FIA e o XVIII Encontro da SOBRAC, realizados em Florianópolis, ocorreu uma reunião entre alguns inscitos do grupo de acústica. Os membros presentes foram os seguintes: Lourdes Zunino Rosa, consultora; Mauricy César Rodrigues de Souza, SOBRAC/UFSC; Peter Joseph Barry, IPT; Ricardo Eduardo Musafir, COPPE/UFRJ; Stelamaris Bertolli, UNICAMP; e Victor Mourthé Valadares, UFMG.

Nessa data, foram levantadas algumas questões de interesse para revisão das NBRs 10151 e 10152.

### **Encontro precedente ao ENTAC** (Florianópolis, abril de 1998)

Como poucas pessoas manifestaram interesse em participar da reunião, optou-se por utilizar recursos do projeto para a vinda das pessoas que haviam colaborado de forma mais efetiva durante as discussões por e-mail. Esse encontro ocorreu no dia 24 de abril de 1998, em Florianópolis. Os participantes foram os seguintes:

**Desempenho térmico de edificações:** Antônio César S. B. Silva, UFRGS; Eneidir Ghisi, UFSC; Fúlvio Vittorino, IPT; João de Valentin, COBRACON; Leonardo Bittencourt, UFAL; Maria Akutsu, IPT; Maurício Roriz, UFSCar; Miguel Aloysio Sattler, UFRGS; Miriam Jerônimo Barbosa, UEL; Nathan Mendes, UFSC; Neide Matiko Nakata Sato, IPT; Paulo Beyer, UFRGS; Paulo Schneider, UFRGS; Roberto Lamberts, UFSC; Saulo Güths, UFSC; e Vicente de Paulo Nicolau, UFSC.

As principais decisões tomadas durante essa reunião encontram-se descritas a seguir.

*Parte 1:* deveriam ser adotadas as definições de fontes reconhecidas, quando possível, e a fonte deveria ser citada.

*Parte 2:* a expressão “de edificações” deveria ser acrescentada ao final do título, e as tabelas de resistências térmicas superficiais e de câmaras de ar não ventiladas deveriam ser transformadas em anexo.

*Parte 3:* decidiu-se pela alteração completa do texto. A proposta baseada no trabalho do IPT foi descartada e optou-se por um novo texto que permita a avaliação do desempenho térmico de edificações de interesse social através de diretrizes de

projeto para cada zona bioclimática, seguindo um modelo semelhante à proposta de Antônio César S. B. da Silva (que tinha alguns parâmetros fundamentados no trabalho do IPT). Essa nova proposta, baseada nos métodos de Mahoney e Givoni, foi realizada por Maurício Roriz, Eneide Ghisi e Roberto Lamberts.

*Partes 4 e 5:* estes textos, discutidos por Neide Sato, Saulo Güths e Vicente de Paulo Nicolau, sofreram apenas pequenas alterações em sua redação. Porém, não se conseguiu finalizar a revisão de ambos.

De acordo com os procedimentos adotados na Parte 3, a Parte 2 recebeu a inclusão dos procedimentos de cálculo do atraso térmico e do fator de calor solar de componentes construtivos.

**Iluminação natural em edificações:** Amilcar José Bogo, FURB; Fernando O. R. Pereira, UFSC; João de Valentin, COBRACON; Marcos Barros de Souza, UFSC; Maria das Graças V. do Amaral, UFSC; Paulo Sérgio Scarazzato, FAU/USP; Ricardo Carvalho Cabús, UFAL; e Roberta Vieira Gonçalves de Souza, UFMG.

As principais decisões foram as seguintes:

*Parte 1:* decidiu-se por uma melhor redação dos conceitos apresentados.

*Parte 2:* optou-se pela correção de alguns aspectos formais, como, por exemplo, a fonte das ilustrações e das tabelas, além do formato dessas tabelas. Também se concluiu que as tabelas ilustrativas e exemplificadoras deveriam ser excluídas do texto.

*Parte 3:* foi considerada adequada, existindo a necessidade de pequenas correções formais.

*Parte 4:* decidiu-se pela alteração do título do texto, que passou a ser Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações. Foram citados e definidos valores quanto à instrumentação apresentada no texto, bem como a qualidade dos instrumentos no tocante à sensibilidade à temperatura. Também optou-se pela citação bibliográfica referente a parâmetros numéricos apresentados no texto.

**Desempenho acústico de edificações:** Celito Cordioli, Polícia Civil – SC; Denise da Silva de Souza, UFRJ; Dinara Xavier da Paixão, UFSM; Elvira Barros Viveiros, UFSC; João Baring, IPT; João de Valentin, COBRACON; Lourdes Zunino Rosa, Consultora – RJ; Marco Nabuco, INMETRO; e Mauricy César Rodrigues de Souza, SOBRAC/UFSC.

Neste encontro ficou definido que Elvira Barros Viveiros e Marco Nabuco ficariam responsáveis pela revisão das Partes 1 e 2 do projeto. A Parte 3 foi discutida parcialmente, sendo aceita a sugestão de João Baring com relação à manutenção da estrutura da NBR 10151. A Parte 4 foi discutida em sua totalidade, cabendo a João Baring revisar a Tabela 1, e a Mauricy César Rodrigues de Souza revisar a Figura 1.

#### **Reunião de acústica** (UFSC, Florianópolis, agosto de 1998)

Nos dias 28 e 29 de agosto de 1998 foi realizada uma nova reunião em Florianópolis com alguns membros do grupo de acústica, com a finalidade de convergir em todos os eventuais pontos de discordância. Os presentes foram os seguintes: Alexandre de Barros e Castro, Secretaria Municipal do Meio Ambiente – RJ; Celito Cordioli, Polícia Civil – SC; Dinara Xavier da Paixão, UFSM; João Baring, IPT; Marco Nabuco, INMETRO; e Mauricy César Rodrigues de Souza, SOBRAC/UFSC.

Durante essa reunião, as Partes 2 e 3 foram discutidas e finalizadas, ficando definido que seriam repassadas ao COBRACON para que se iniciasse o processo de votação. As Partes 1 e 4 dependem de pequenas correções, e o repasse destas ao COBRACON ocorrerá oportunamente.

#### **Reunião de térmica** (UFSC, Florianópolis, agosto de 1998)

No dia 28 de agosto de 1998, Saulo Güths, Vicente de Paulo Nicolau e Neide Sato reuniram-se em Florianópolis para discutir as Partes 4 e 5 de Desempenho Térmico de Edificações. Nessa oportunidade, os dois textos foram revisados e sofreram pequenas alterações em sua redação. Sua estrutura não foi alterada.

#### **Reunião de térmica durante o NUTAU** (FAU/USP, São Paulo, setembro de 1998)

No dia 10 de setembro de 1998 durante o NUTAU 98 – Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI – aconteceu um novo encontro entre algumas pessoas do grupo de térmica e participantes desse congresso. Os presentes foram os seguintes: Amílcar José Bogo, FURB; Arlindo Tribess, Escola Politécnica/USP; Denise Duarte, FAU/USP; Eneide Ghisi, UFSC; Helder Perdigão Gonçalves, INETI/Portugal; Fúlvio Vittorino, IPT; Lucila Labaki, UNICAMP; Maria Akutsu, IPT; Maria de Fátima Becker, PUC/RS; Maurício Roriz, UFSCar; Nelson Solano Vianna, FAU/USP; e Pedro Tarcísio Emerenciano, CHESF.

Nessa ocasião, foi discutida apenas a versão da Parte 3 de Desempenho Térmico de Edificações. Concluiu-se que o texto estava adequado, porém era necessário alterar o título da proposta, pois o texto não permite a avaliação de desempenho

térmico; ele estabelece requisitos de projeto como indicadores de obtenção de edificações com desempenho térmico aceitável. Portanto, o título provisório (a ser discutido) ficou definido como Desempenho térmico de edificações: Parte 3 – Requisitos mínimos para obtenção de desempenho térmico aceitável em edificações de interesse social.

### 3.2.5 Alterações

Conforme o andamento das discussões, novas propostas, sugestões e correções quanto aos textos iniciais foram surgindo. As decisões de alteração normalmente eram tomadas durante as reuniões e encontros, conforme descrito anteriormente.

Após as devidas alterações, a existência da nova versão era comunicada aos participantes, sendo disponibilizada através da página de normalização do projeto na internet.

No caso específico da área de Desempenho Térmico, o texto 3 foi o alvo das principais discussões. Diversas discussões oriundas de e-mail ou surgidas em reuniões provocaram o desenvolvimento de uma nova proposta, conforme o item a seguir.

#### **Nova proposta da Parte 3 de Desempenho Térmico**

No dia 18 de agosto de 1998 foi divulgada a nova proposta da Parte 3 de Desempenho Térmico, elaborada de acordo com as metodologias da Carta Bioclimática de Givoni e com o Método de Mahoney. Com o intuito de se aprimorar e avaliar a proposta antes de torná-la pública a todos os membros inscritos na lista *termica-l*, ela foi divulgada apenas para Maurício Roriz, Miguel Sattler, Antônio César S. B. da Silva, Roberto Lamberts e Enedir Ghisi. Em seguida, também Leonardo Bittencourt, Antônio Manuel Fernandes e Miriam Jerônimo Barbosa foram incluídos nesse processo. Através das primeiras discussões entre Enedir Ghisi e Maurício Roriz foram percebidas algumas incoerências com relação a determinadas estratégias bioclimáticas e ao clima de algumas cidades conhecidas. Dessa forma, começou-se a elaborar uma segunda proposta baseada na alteração de alguns limites da Carta Bioclimática de Givoni. Também foram recebidos comentários de Miguel Sattler.

No dia 25 de agosto de 1998 foi divulgada a segunda proposta da Parte 3 de Desempenho Térmico, elaborada em função da alteração dos limites citados anteriormente. Essa proposta foi discutida inicialmente por Maurício Roriz e Enedir Ghisi. No dia 27 de agosto de 1998, decidiu-se pela divulgação dessa proposta para todas as pessoas citadas no item anterior, de forma a se definir qual das duas propostas seria mais adequada para ser divulgada na lista *termica-l*.



### 3.3 Os textos finais

Apresentam-se a seguir os títulos, o objetivo principal e uma breve descrição do conteúdo de cada texto, a partir das discussões e sugestões propostas pelos participantes das listas de discussões durante todo o processo. Atenta-se que os textos finais tiveram a colaboração das pessoas citadas neste trabalho, as quais são, portanto, co-autoras dos textos para cada uma das três áreas. Os textos completos podem ser obtidos na atual página do projeto, no endereço <<http://www.labeee.ufsc.br/conforto/index.html>>.

#### 3.3.1 Desempenho térmico de edificações

##### Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades

**Objetivo:** estabelecer as definições e os correspondentes símbolos e unidades dos termos relacionados com o desempenho térmico de edificações.

**Descrição:** o texto é composto de definições relativas às características térmicas de materiais, elementos construtivos e ambientes, e por definições que se referem a dados climáticos e humanos para o projeto de edificações. Cada definição é acompanhada dos respectivos símbolo e unidade. Apresenta-se também uma tabela de conversão de unidades para medidas lineares, massa, energia, condutividade térmica e temperaturas.

##### Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações

**Objetivo:** estabelecer procedimentos para o cálculo das propriedades térmicas – resistência, transmitância e capacidade térmicas, atraso térmico e fator de calor solar – de elementos e componentes de edificações quando sujeitos a um regime estacionário de transferência de calor.

**Descrição:** esse texto foi baseado na norma ISO 6946:1996 e é composto da apresentação das fórmulas básicas para o cálculo de resistência térmica, transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar. Apresenta-se também o procedimento de cálculo da resistência térmica, da capacidade térmica e do atraso térmico de componentes com camadas homogêneas e não-homogêneas e com câmaras de ar ventiladas para condições de verão e inverno. Define-se ainda a precisão das grandezas tratadas no texto. Em anexo são apresentados os valores tabelados para resistência térmica superficial interna e externa, resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas, absorptância e

emissividade para alguns tipos de superfície, além de condutividade térmica e capacidade térmica específicas para diversos materiais de construção em função de sua massa volumétrica aparente. Exemplos de cálculo de resistência térmica, transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar são apresentados para quatro tipos de paredes e dois tipos de coberturas.

### **Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**

**Objetivo:** estabelecer requisitos mínimos de projeto que proporcionem condições aceitáveis de conforto térmico em habitações unifamiliares de interesse social de até três pavimentos para cada uma das oito zonas bioclimáticas estabelecidas no Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

**Descrição:** o texto apresenta um zoneamento bioclimático para o território brasileiro, com divisão em oito zonas. Para cada zona bioclimática são apresentados parâmetros relacionados a tamanho das aberturas para ventilação, sombreamento das aberturas, transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para paredes e coberturas, e estratégias de condicionamento térmico passivo. Em anexo é apresentada uma relação de 330 cidades brasileiras indicando a zona bioclimática na qual a cidade se localiza, e também as respectivas estratégias bioclimáticas recomendadas, bem como a metodologia utilizada na definição do zoneamento bioclimático e uma lista de transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico de algumas paredes e coberturas. Esse texto foi baseado em trabalho desenvolvido por Maurício Roriz especificamente para este projeto (RORIZ et al., 1999).

### **Desempenho térmico de edificações – Parte 4: Medição da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida**

**Objetivo:** descrever um método absoluto para a determinação, em regime permanente, da resistência e da condutividade térmicas de materiais isolantes na faixa de temperatura de -20 °C a 100 °C, usando-se uma aparelhagem denominada de placa quente protegida.

**Descrição:** esse texto apresenta o campo de aplicação e a metodologia para a determinação da condutividade térmica de materiais, discute os princípios gerais de medição e descreve os equipamentos a serem usados nos experimentos e na preparação dos corpos-de-prova. Apresenta ainda procedimentos a serem adotados durante os ensaios e uma listagem de informações para inclusão no relatório de

ensaio. Texto baseado nas normas ISO 8302:1991, BS 874:1986 e ASTM C-177:1997.

### **Desempenho térmico de edificações – Parte 5: Determinação da resistência térmica e da condutividade térmica em regime estacionário pelo método**

**Objetivo:** descrever o método de utilização de técnicas fluximétricas para medir a condutividade térmica em regime estacionário, através de amostras na forma de placas ou painéis planos.

**Descrição:** esse texto apresenta o campo de aplicação da norma, discute os procedimentos de medição, apresenta recomendações para calibração de equipamentos e definição de amostras, bem como informações a serem incluídas no relatório de ensaio. Texto baseado na norma ISO 8301:1991.

### **3.3.2 Iluminação natural nas edificações**

#### **Iluminação natural – Parte 1: Conceitos básicos e definições**

**Objetivo:** apresentar definições de termos relacionados com a iluminação natural e o ambiente construído.

**Descrição:** o texto é composto de definições gerais e de definições relacionadas a componentes da iluminação natural e a elementos de controle. É complementado pela TB-23 (1991).

#### **Iluminação natural – Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural**

**Objetivo:** estabelecer procedimentos estimativos de cálculo da disponibilidade de luz natural em planos horizontais e verticais externos, para condições de céu claro, encoberto e parcialmente encoberto ou intermediário.

**Descrição:** o texto compõe-se de definições correlatas ao tema, apresenta procedimentos para determinação dos parâmetros relativos à geometria da insolação e descreve os algoritmos para a verificação da disponibilidade de luz natural para condições de céu claro, encoberto e parcialmente encoberto. Foi desenvolvido com base nas seguintes referências: DIN 5034-2 (1985), Kittler (1981), CIE 110 (1994), IES RP-21 (1984), Krochmann e Seidl (1974), Tregenza (1993).

#### **Iluminação natural – Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos**

**Objetivo:** descrever um procedimento de cálculo para a determinação da quantidade de luz natural incidente em um ponto interno num plano horizontal, através de aberturas na edificação.

**Descrição:** o texto mostra considerações gerais relacionadas ao tema, apresenta um referencial teórico para predição da iluminação natural e propõe um método de cálculo (método do fluxo dividido).

#### Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de ensaio

**Objetivo:** prescrever métodos para a verificação experimental das condições de iluminância e luminância de ambientes internos.

**Descrição:** o texto apresenta exigências com relação à instrumentação, mostra métodos e descreve procedimentos para medições de iluminância em modelos em escala reduzida e em ambientes reais, além de expor procedimentos para medições de luminância. Também apresenta um procedimento para normalização dos resultados, para determinação da iluminância média e para representação gráfica dos resultados. Em anexo consta uma descrição de campo visual, de condições de céu para medições e uma planilha para medição de luminâncias.

#### 3.3.3 Desempenho acústico de edificações

##### Desempenho acústico de edificações – Parte 1: Medição do isolamento acústico de materiais e componentes construtivos: tradução livre da norma ISO 140:1978 – Parte III

**Objetivo:** aumentar o conhecimento sobre o isolamento acústico dos materiais existentes no mercado; melhorar a interpretação dos resultados de ensaios; contribuir para o desenvolvimento de materiais e sistemas mais eficientes.

**Descrição:** este texto é uma tradução livre da parte III da norma ISO 140:1978. Nele são apresentados definições relativas ao tema e procedimentos de ensaio e cálculo. Também se define a precisão e expressão dos resultados, bem como se estabelecem informações a serem incluídas no relatório de ensaio.

##### Desempenho acústico de edificações – Parte 2: Medição da absorção sonora em sala reverberante

**Objetivo:** aumentar o conhecimento sobre a absorção sonora dos materiais existentes no mercado; melhorar a interpretação dos resultados de ensaios; e contribuir para o desenvolvimento de materiais e sistemas mais eficientes.

**Descrição:** este texto é uma tradução livre da norma ISO 354:1985. Estabelece escopo e campo de aplicação, apresenta uma lista de definições correlatas, determina características para a sala reverberante e amostras de teste, descreve pro-

cedimentos de ensaio, define o método de cálculo do tempo de reverberação e lista informações a serem incluídas no relatório de ensaio.

#### **Desempenho acústico de edificações – Revisão da NBR 10151:1987 – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando ao conforto da comunidade**

**Objetivo:** apresentar métodos adequados e atualizados para avaliar e medir os níveis de pressão sonora visando ao conforto da comunidade.

#### **Desempenho acústico de edificações – Revisão da NBR 10152:1987 – Níveis de ruído para conforto acústico**

**Objetivo:** apresentar níveis de pressão sonora atualizados e adequados para o conforto acústico.

## **4 Conclusões**

### **4.1 Impactos do projeto**

A atual ausência de textos normativos relacionados ao desempenho térmico e de iluminação natural em edificações, além da falta de atualização nos textos de desempenho acústico, deixa a sociedade indefesa contra a má qualidade de alguns sistemas construtivos e dificulta aos órgãos públicos o estabelecimento de critérios técnicos para o julgamento de licitações em obras de construção civil. Dessa forma, a publicação dos textos propostos pode contribuir para a conscientização dos profissionais em construir edificações mais adequadas ao uso, o que caracteriza um progresso significativo no campo da Construção Civil e também pode fornecer aos órgãos financiadores subsídios para a avaliação do desempenho ambiental das edificações.

### **4.2 Dificuldades encontradas**

Apesar de todos os participantes do processo de discussão terem um conhecimento razoável de internet, os resultados obtidos por discussão *on-line* ficaram um pouco aquém do esperado, fazendo com que os prazos tivessem de ser prorrogados freqüentemente. Acredita-se que, devido ao fato de esta ter sido a primeira experiência de discussão de textos normativos por internet, a falta de familiarização com esse tipo de procedimento seja um dos motivos que interferiram nos resultados. Somado a isso, há que se considerar a impessoalidade da discussão e também a impossibilidade de reuniões virtuais, por meio das quais opiniões pudessem ser emitidas e discuti-

das em tempo real. Por se tratar de um projeto piloto, acreditou-se que discussões somente por e-mail poderiam ser suficientes, mas durante o desenvolvimento do trabalho percebeu-se que reuniões nas quais os participantes podiam emitir e discutir opiniões em tempo real tornavam o processo mais ágil.

### 4.3 Infra-estrutura e *know-how*

A estrutura necessária para a implementação da metodologia inicialmente elaborada, fornecida pela FINEP e pela UFSC, foi adequada e permitiu o bom andamento dos trabalhos.

Criou-se uma estrutura que possibilitará o desenvolvimento de futuros projetos de normalização, inclusive a revisão das normas de desempenho térmico, acústico e de iluminação natural.

A estrutura de listas de discussão, página na internet e também de conferências em tempo real já está em parte implementada, permitindo a cessão do *know-how* adquirido ou até mesmo a eventual disponibilização da estrutura do LabEEE/NPC da UFSC.

### 4.4 Considerações finais

Em 1998, a apreciação dos textos foi feita pelos associados da ABNT, os quais foram votados e aprovados. Existem algumas considerações contrárias com relação à Parte 3 de Desempenho Térmico que se encontram em estudo. Após essa fase, os textos serão encaminhados para publicação.

Os trabalhos realizados até o momento permitem a afirmação de que em breve poderemos ter os primeiros textos de norma da história brasileira com relação ao desempenho térmico e à iluminação natural em edificações aprovados na ABNT. O tema é de essencial importância e alerta para a continuação do trabalho com enfoque sobre a eficiência energética em edificações, como forma de se evitarem consumos elevados e desnecessários de eletricidade em edificações brasileiras.

## Referências bibliográficas

AKUTSU, M. et al. Critérios mínimos de desempenho de habitações térreas unifamiliares. **Relatório Técnico nº 33800**. São Paulo: IPT, 1995. Anexo 5: Conforto térmico.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **Standard test method for steady-state thermal transmission properties by means of the guarded hot plate apparatus**, ASTM C-177, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5461**: Iluminação – terminologia. 1991. 68 p.

BARBOSA, M. J.; LAMBERTS, R. Avaliação térmica de edifícios: subsídios para a normalização brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1993. p. 955-956.

BRITISH STANDARD. **BS 874**: methods for determining thermal insulation properties. Part 2: Tests for thermal conductivity and related properties. Section 2.1: Guarded hot-plate method. 1986.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE. **CIE 110**: spatial distribution of daylight – luminance distribution of various reference skies. Viena, 1994.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 5034-2**: daylight in interiors: principles,. Berlin, 1985. (Part 2).

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. IES RP-21: **Recommended practice for the calculation of daylight availability**. USA, 1984.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 140**: acoustics – measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part III: laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements. 1978.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 354**: acoustics – measurement of sound absorption in a reverberation room. 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 6946**: building components and building elements – thermal resistance and thermal transmittance – calculation method. 1996.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8301**: thermal insulation – determination of steady-state thermal resistance and related properties – heat flow meter apparatus. 1991.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8302**: thermal insulation – determination of steady-state thermal resistance and related properties – guarded hot plate apparatus. 1991.

KITTLER, R. A universal calculation method for simple predetermination of natural radiation on building surfaces and solar collectors. **Building and Environment**, v. 16, n. 3, p. 177-182, 1981.

KROCHMANN, J.; SEIDL, M. Quantitative data on daylight for illuminating engineering. **Lighting, Research and Technology**, v. 6, n. 3, p. 165-202, 1974.

LAMBERTS, R. et al. Projeto normalização em conforto ambiental. **Relatório final**. Núcleo de Pesquisa em Construção, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2000.

LAMBERTS, R. Uso racional de energia em edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1., 1991, Florianópolis. **Comunicação de abertura...** Florianópolis, 1991.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Uma proposta de norma técnica brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1999. CD-ROM. Artigo n. 288. 8 p.

SILVA, A. C. S. B. **Zoneamento bioclimático brasileiro para fins de edificação**. 1994. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 1994.

TREGENZA, P. **Daylighting algorithms**. Renewable energy research and development program, Energy Technology Support Unit (ETSU), UK, 1993.



## Agradecimentos

A realização deste projeto só foi possível graças à ajuda das pessoas e instituições citadas a seguir.

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, pelo suporte financeiro

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

COBRACON – Comitê Brasileiro de Construção Civil CB-02

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

NPC – Núcleo de Pesquisa em Construção, UFSC

LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, UFSC

LABCON – Laboratório de Conforto Ambiental, UFSC

LVA – Laboratório de Vibrações e Acústica, UFSC

A Vilmar Grüdtner Silveira, então acadêmico de Engenharia Civil da UFSC, pelo seu empenho em manter nossa página na internet atualizada.

A Pilar Alejandra Grasso Rodas e Fernando Simon Westphal, então acadêmicos de Engenharia Civil da UFSC, pelos desenhos elaborados em AutoCAD para os textos de Desempenho Térmico de Edificações.

A todos os que elaboraram os textos originais para serem discutidos e a todos os que colaboram na discussão para aprimorá-los.

**Orestes M. Gonçalves** é engenheiro civil (1974), mestre (1979), doutor (1986) e livre docente (1997) pela Universidade Federal de São Paulo (USP). Diretor da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) no período de 1994 a 1998 e atualmente membro de Comissão. De 1995 a 2001, foi membro do Conselho de Administração da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo. É assessor de direção da FAPESP. Professor associado da USP desde 1975 e no período de 1989 a 1990 foi chefe do Departamento de Construção Civil. Atua na área de Instalações Prediais.  
E-mail: orestes@tesis.com.br

**Vanderley M. John** é engenheiro civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS (1982), mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS (1987), doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo, USP (1995). Fez pós-doutorado (2001) no Royal Institute of Technology, KTH, Suécia. Atualmente é professor da Escola Politécnica da USP, onde coordena o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Construção Civil. Foi professor na UNISINOS e pesquisador na Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT. Foi diretor da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC.  
E-mail: vanderley.john@poli.usp.br

**Flávio Augusto Picchi** é engenheiro civil pela Universidade de São Paulo, USP (1979), mestre e doutor em Engenharia Civil pela USP (1984 e 1993). Fez pós-doutorado no Massachusetts Institute of Technology, MIT, Estados Unidos (2002). Foi pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. Atuou nas áreas de Projeto e Gestão da Qualidade na Engenharia Comércio e Indústria - ENCOL, Lean Institute Brasil - LIB e Picchi Consultoria S C Ltda - PICCHICONSULT. Foi professor da Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR e atualmente atua na Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. É consultor *ad-hoc* da FAPESP.  
E-mail: piccon@xpnet.com.br

**Neide M. N. Sato** é física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo, USP (1975), mestre e doutora em Engenharia Civil pela USP (1983 e 1998). Atualmente é pós-doutoranda da Escola Politécnica da USP. Atuou como pesquisadora no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT. É professora da POLI/USP.  
E-mail: neide.sato@poli.usp.br

# 3.

## Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações

Orestes M. Gonçalves, Vanderley M. John, Flávio Augusto Picchi  
e Neide M. N. Sato

### 1 Estado da arte

A partir da década de 70, com a necessidade de suprir o déficit habitacional brasileiro, observou-se o surgimento de novos sistemas construtivos como alternativas aos produtos e processos tradicionais até então utilizados, visando principalmente à racionalização e industrialização da construção.

Ao mesmo tempo em que surgiam propostas de soluções inovadoras, revelou-se a necessidade de avaliá-las tecnicamente, com base em critérios que permitissem prever o comportamento do edifício durante sua vida útil esperada. A escassez de referências técnicas para esse tipo de avaliação restringiu a utilização dos novos sistemas na escala prevista. Por outro lado, a implementação de tecnologias ainda não suficientemente desenvolvidas ou adaptadas às necessidades nacionais levou, na maioria dos casos, a experiências desastrosas, com graves prejuízos para todos os agentes intervenientes no processo de construção, sendo transferidos aos usuários os problemas de patologia e os altos custos de manutenção e reposição advindos do uso de novos produtos, sem avaliação prévia.

Um grande prejuízo recaiu também sobre o setor da Construção Civil em seu conjunto, uma vez que, a partir de cada uma das experiências negativas, ele também tornou-se menos receptivo a inovações tecnológicas, com progressiva desatualização tecnológica em relação aos demais setores produtivos.

Na tentativa de equacionar o problema da falta de normalização técnica brasileira e reconhecendo-se a necessidade de novas soluções tecnológicas que permitissem a construção de edifícios em larga escala, o Banco Nacional da Habitação (BNH), no final de sua existência, investiu em pesquisas visando à elaboração de critérios para avaliar sistemas construtivos inovadores (IPT, 1981).

Na época, as normas técnicas disponíveis no Brasil e os códigos de obra eram na sua quase totalidade prescritivos, voltados para a especificação de componentes cujo comportamento era bem conhecido ou para a especificação de detalhes construtivos com a utilização desses produtos, não contendo especificações relacionadas aos limites mínimos de qualidade que pudessem servir de referência na avaliação do desempenho de novos produtos (SOUZA, 1983).

O documento elaborado pelo IPT para o BNH foi um dos primeiros no Brasil a se basear no conceito de desempenho para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitação.

Internacionalmente, esse conceito já vinha sendo utilizado há mais tempo, mas o seu uso de forma mais sistematizada começou nos anos 60 e 70, conforme descrição detalhada das instituições que atuam na área e de trabalhos publicados, feita por Mitidieri em sua tese de doutorado (MITIDIERI, 1998). Das instituições citadas, pode-se destacar a Réunion Internationale de Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et Constructions (RILEM), a American Society for Testing and Materials (ASTM) e o International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), que promoveram eventos técnicos para apresentação e discussão de trabalhos sobre a aplicação do conceito de desempenho em edifícios (RILEM, ASTM, CIB, 1972; 1982) e a International Organization for Standardization (ISO), que se integrou ao grupo anterior para a organização do terceiro simpósio sobre o mesmo assunto (CIB, ASTM, ISO, RILEM, 1996). Deve-se destacar ainda a importância da ISO na publicação de normas que consolidam o conceito de desempenho (ISO 6240:1980, ISO 6241:1984, ISO 7162:1992), as quais se constituem em referências importantes no assunto. As quatro instituições mencionadas mantêm grupos permanentes preocupados com a questão do desempenho de edifícios, valendo ressaltar que o CIB definiu como uma de suas prioridades para o triênio 1998-2001 o desenvolvimento de um amplo programa de trabalho voltado ao tema “Desempenho de Edifícios” (CIB, 1998).

A palavra “desempenho” é definida como o comportamento em uso do produto, caracterizando-se o fato de que este deve apresentar certas propriedades para cumprir a função proposta quando sujeito a determinadas influências ou ações durante a sua vida útil. Essas ações que atuam sobre o edifício são chamadas condições de exposição.

Assim, avaliar o desempenho de um produto implica definir qualitativa e/ou quantitativamente quais as condições que devem ser satisfeitas por ele quando submetido às condições normais de uso e quais os métodos para avaliar se as condições estabelecidas foram atendidas.

Os requisitos, critérios e métodos de avaliação de desempenho inicialmente formulados pelo IPT (IPT, 1981) foram revisados (IPT, 1997), e outros trabalhos (ITQC et al., 1999; CAIXA, 2000) também foram desenvolvidos para fornecer meios objetivos para que os agentes promotores da habitação e, principalmente, a CAIXA (Caixa Econômica Federal), sucessora do BNH na gestão dos investimentos sociais em habitação, pudessem avaliar as inovações tecnológicas, aprovando ou não os sistemas construtivos para financiamento. Dada a existência dessas diversas referências desenvolvidas, a CAIXA e o meio técnico identificaram a necessidade de harmonizá-las, transformando-as em normas técnicas que fortaleceriam ainda mais o processo de avaliação. Para elaborar essas normas, a CAIXA, com apoio da FINEP, financiou o projeto de pesquisa Normas Técnicas para Avaliação de Sistemas Construtivos Inovadores para Habitações.

A coordenação do projeto ficou a cargo do Comitê Brasileiro da Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com a participação de especialistas de diversas áreas de conhecimento contratados para elaborar os textos-base e coordenar e apoiar a comissão de estudos durante o processo de discussão pública e análise de votos.

## 2 Objetivo

O projeto foi elaborado com o objetivo de desenvolver um conjunto de normas técnicas brasileiras – normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para avaliação de edifícios habitacionais, utilizando como princípio fundamental o conceito de desempenho.

## 3 Metodologia

As etapas a seguir foram estabelecidas para o desenvolvimento do projeto.

### 3.1 Revisão bibliográfica

Consulta a normas (ISO 6240:1980, ISO 6241:1984, ISO 7162:1992, ABCB-1996, ASTM E 1557-97) e documentos técnicos relativos à avaliação do desempenho de edificações (RILEM, ASTM, CIB, 1972; 1982; CIB, ASTM, ISO, RILEM, 1996; IPT,1981; IPT, 1997; ITQC et al., 1999; CAIXA, 2000).

### 3.2 Estruturação de conjunto de normas brasileiras para avaliação de desempenho

Elaboração de uma estrutura de normas brasileiras para avaliação do desempenho de edifícios, abrangendo não somente edificações habitacionais, mas também a elaboração futura de normas para outras classes de edifícios, como as escolares, industriais, etc.

### 3.3 Proposta de textos-base de norma

Elaboração por consultores de reconhecido domínio sobre o tema de textos-base de norma contendo o conjunto de requisitos de desempenho aplicáveis à habitação. Apresentação dos textos-base como referência inicial para discussão pública e estabelecimento de norma técnica votada e aprovada pela comunidade técnica nacional.

### 3.4 Constituição da comissão de estudos

Constituição de Comissão de Estudos na ABNT, bem como de grupos de trabalho específicos a cada texto-base, para coordenar a discussão da comunidade técnica nacional e obter consenso passível de publicação e registro no INMETRO como norma técnica nacional.

### 3.5 Divulgação do projeto

Divulgação do projeto para a comunidade técnica nacional motivando-a a participar das discussões e do processo de votação da norma.

## 4 Principais resultados da pesquisa

### 4.1 Estruturação de Conjunto de Normas Brasileiras para Avaliação de Desempenho

A partir da revisão bibliográfica, foi proposta a estrutura das normas, levando-se em conta as seguintes questões:

- a existência de distintas classes de edifícios, com diferentes solicitações, como, por exemplo, os edifícios residenciais, industriais, etc.;
- as exigências dos usuários a serem consideradas nas normas;
- a possibilidade de se avaliar o sistema construtivo completo e também de se poder identificar facilmente o conjunto de requisitos para os seus subsistemas;
- a compatibilidade com normas já existentes e a desenvolver, para avaliação do desempenho de componentes; e
- a compatibilidade com todo o sistema normativo existente (métodos de cálculo, métodos de ensaio, etc.).

#### 4.1.1 Classes de edifícios

Tomando-se como referência classes adotadas em códigos de obras municipais e documentos técnicos (ISO 6241:1984, ABCB-1996), propôs-se a seguinte classificação dos edifícios de acordo com a utilização a que se destinam:

Classe 1 – Edifícios habitacionais

- 1a – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos
- 1b – Edifícios habitacionais com mais de cinco pavimentos

Classe 2 – Edifícios de escritório

Classe 3 – Edifícios institucionais. Exemplos: hospitais, escolas, teatros, cinemas, salas de conferências, bibliotecas, igrejas, museus, etc.

Classe 4 – Edifícios industriais e outros

O projeto abrangeu somente a Classe 1a – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos.

#### 4.1.2 Exigências dos usuários e elementos da edificação

A partir da lista de exigências do usuário apresentadas na norma ISO 6241:1984 e em publicação mais recente (CIB, 1998), definiram-se as 14 exigências dos usuários a serem consideradas nos textos normativos:

- a) Segurança
  - 1. Desempenho estrutural
  - 2. Segurança contra incêndio
  - 3. Segurança no uso e operação
- b) Habitabilidade
  - 4. Estanqueidade
  - 5. Conforto térmico
  - 6. Conforto acústico
  - 7. Conforto lumínico
  - 8. Saúde e higiene
  - 9. Funcionalidade e acessibilidade
  - 10. Conforto tátil
  - 11. Qualidade do ar
- c) Sustentabilidade
  - 12. Durabilidade
  - 13. Manutenibilidade
  - 14. Adequação ambiental

#### 4.1.3 Elementos ou subsistemas da edificação

Tomando-se como base os mesmos documentos citados em 4.1.2, propôs-se a divisão do edifício nos seguintes elementos ou subsistemas:

- Fundação
- Estrutura
- Pisos internos
- Fachada e paredes internas
- Cobertura
- Sistemas hidrossanitários
- Sistemas de condicionamento ambiental
- Sistemas de gás combustível
- Sistemas de telecomunicação
- Sistemas elétricos
- Sistemas de elevação e transporte
- Sistemas de proteção contra incêndios
- Sistemas de segurança e automação predial



#### 4.1.4 Estrutura proposta para o conjunto de normas

O conjunto normativo proposto para avaliação do desempenho de edifícios é composto de normas específicas para cada uma das classes de edifícios. A norma para avaliação do desempenho de uma classe de edifício, por sua vez, é constituída de diversas partes, cada uma representando um elemento da edificação. Para cada elemento ou subsistema são identificadas as exigências dos usuários aplicáveis e estabelecidos os requisitos, critérios e métodos de avaliação específicos para o atendimento dessas exigências. Além disso, há uma parte que traz requisitos gerais, ou seja, que congrega exigências comuns a diferentes elementos da construção e que trata das diversas interações e interferências entre esses elementos, conforme ilustrado na Tabela 1.

Partes da norma	Exigência do usuário													
	1. Desempenho estrutural	2. Segurança contra incêndio	3. Segurança no uso e operação	4. Estanqueidade	5. Conforto térmico	6. Conforto acústico	7. Conforto lumínico	8. Saúde e higiene	9. Funcionalidade e acessibilidade	10. Conforto tátil	11. Qualidade do ar	12. Durabilidade	13. Manutenibilidade	14. Adequação ambiental
Parte 1 - Requisitos gerais														
Parte 2 - Estrutura														
Parte 3 - Pisos internos														
Parte 4 - Fachada e paredes internas														
Parte 5 - Cobertura														
Parte 6 - Sistemas hidrossanitários														
Parte 7 - Fundações														
Parte 8 - Sistemas de condicionamento ambiental														
Parte 2 - Fundações														
Parte 9 - Sistemas de gás combustível														
Parte 10 - Sistemas de telecomunicação														
Parte 11 - Sistemas elétricos														
Parte 12 - Sistemas de elevação e transporte														
Parte 13 - Sistemas de proteção contra incêndios														
Parte 14 - Sistemas de segurança e automação predial														

Tabela 1 – Estrutura de uma norma para avaliação do desempenho de uma classe de edifício

A estrutura prevê, ainda, a adoção imediata de normas brasileiras já existentes para avaliação de componentes dos subsistemas, como, por exemplo, portas, janelas, etc., bem como de métodos de ensaio e de cálculo.

Um esquema do conjunto normativo que inclui as diversas classes de edifícios está ilustrado na Figura 1.

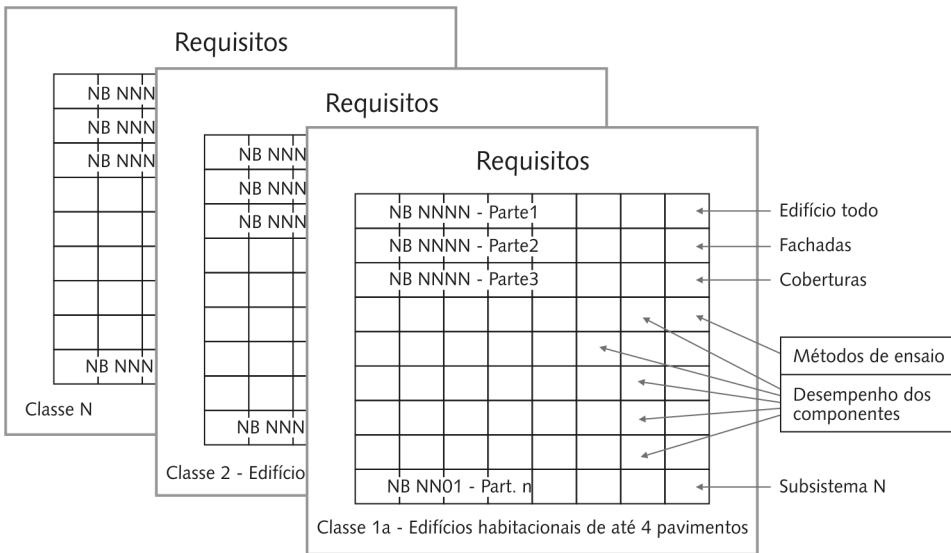


Figura 1 – Estrutura do conjunto de normas para avaliação de desempenho

## 4.2 Elaboração de textos-base de norma

Os textos-base foram elaborados em duas etapas.

### 4.2.1 Redação de requisitos, critérios e métodos de avaliação

Para cada exigência do usuário, foram contratados dois consultores, provenientes de instituições diferentes, com reconhecido conhecimento e acúmulo de experiência na área, encarregados de redigir os requisitos, critérios e métodos de avaliação aplicáveis a cada um dos elementos da edificação. Assim, por exemplo, dois especialistas elaboraram em consenso os requisitos, critérios e métodos de avaliação de estanqueidade aplicáveis à estrutura, fachadas, paredes internas, coberturas e outros elementos da edificação. As outras exigências foram estabelecidas de forma similar para todos os elementos da edificação que foram objeto do projeto, observando-se que, em alguns casos, houve a participação de um mesmo especialista em mais de uma área de conhecimento.

#### 4.2.2 Redação dos textos-base para cada elemento

Os textos-base por elemento foram elaborados reunindo-se todas as exigências e respectivos requisitos, critérios e métodos de avaliação aplicáveis. Os consultores que participaram dessa fase do projeto foram encarregados de coordenar os grupos de trabalho da comissão de estudos da ABNT.

#### 4.3 Instalação de comissão de estudos

Instalou-se uma comissão de estudos e grupos de trabalho para coordenar a discussão dos seguintes textos-base de norma:

- Projeto 02:136.01.001 - Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais
- Projeto 02:136.01.002 – Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 2: Estrutura
- Projeto 02:136.01.003 – Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 3: Pisos internos
- Projeto 02:136.01.004 – Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 4: Fachadas e paredes internas
- Projeto 02:136.01.005 – Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 5: Coberturas
- Projeto 02:136.01.006 – Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 6: Sistemas hidrossanitários.

Para possibilitar o envolvimento de um maior número de interessados e intervenientes no processo de produção e uso da habitação, além do processo de discussão tradicional com a realização de reuniões públicas, implementou-se um sistema de discussão dos textos-base via internet.

## Referências bibliográficas

AUSTRALIAN BUILDING CODES BOARD, 1996, Australia. **Building Code of Australia**, v. 1 e v. 2. Austrália, 1996.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Manual de avaliação de produtos inovadores**. São Paulo, 2000.

CIB, RILEM, ASTM, ISO. INTERNATIONAL SYMPOSIUM APPLICATIONS OF THE PERFORMANCE CONCEPT IN BUILDING, 3., 1986, Haifa. **Proceedings...** Haifa, 1996. 2 v.

CONSEIL INTERNATIONAL DU BÂTIMENT, 1998, Australia. **Development of the CIB proactive program on performance based building codes and standards**. BCE Doc 98/232. Austrália, Nov. 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social**. São Paulo, 1997.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Formulação de critérios para avaliação de desempenho de habitações. Relatório técnico n. 16.277**. São Paulo, 1981.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Performance standards in buildings: contents and presentation**, ISO 6240. London, 1980.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Performance standards in buildings: principles for their preparation and factors to be considered**, ISO 6241. London, 1984.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Performance standards in buildings: contents and format of standards for evaluation of performance**, ISO 7162. London, 1992.

ITQC, Ministério do Orçamento e Gestão, Caixa Econômica Federal. **Processo de aceitação técnica de inovações tecnológicas**: manual do proponente. São Paulo, 1999.

MITIDIERI, C. V. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações**: proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural. 1998. 218 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

RILEM, ASTM, CIB. PERFORMANCE CONCEPT IN BUILDINGS. ADVANCES IN THE DEVELOPMENT OF THE CONCEPT AND ITS APPLICATION IN REHABILITATION, 1982, Portugal. **Proceedings...** Portugal: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1982.

RILEM, ASTM, CIB. PERFORMANCE CONCEPT IN BUILDINGS, 1972. **Proceedings...** NBS Special Publication 362, 1972.

SOUZA, R. **A contribuição do conceito de desempenho para a avaliação do edifício e suas partes**: aplicação às janelas de uso habitacional. 1983. 218 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.

**Maryangela Geimba de Lima** é engenheira civil (1986) pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Tem licenciatura plena em Matemática (1984) na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Imaculada Conceição (FIC). Fez especialização no Instituto Eduardo Torroja na Espanha em Perspectivas da Construção. Mestre (1990) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e doutora (1996) pela Universidade Federal de São Paulo (USP). Realizou pós-doutoramento (2001) no Instituto Eduardo Torroja, em Madrid, na Espanha. Atualmente é professora do Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA. Atua nas áreas de Materiais e Componentes de Construção, Durabilidade das Construções, Corrosão de Armaduras, Processos Construtivos, Rodovias e Construções Aeroportuárias.  
E-mail: [magdlima@infra.ita.br](mailto:magdlima@infra.ita.br)

**Fabiano Morelli** é graduado em Oceanografia (1997) pela Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). Mestre (2000) pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Doutorando na área de Materiais, do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica. Atua nas áreas de Oceanografia, Geoprocessamento, GIS aplicado a Durabilidade de Materiais e Componentes de Construção.  
E-mail: [fmorelli@infra.ita.br](mailto:fmorelli@infra.ita.br)

# 4.

## Mapeamento dos agentes de degradação dos materiais

Maryangela Geimba de Lima e Fabiano Morelli

### Resumo

**E**ste trabalho apresenta o estado atual de desenvolvimento do Projeto Mapeamento dos Agentes de Degradação dos Materiais – FINEP/CEF, financiado pelo edital FINEP/Habitare. O referido projeto conta também com o financiamento adicional da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Este projeto tem como objetivo principal elaborar mapas de agressividade, para todo o território nacional, relacionados com a degradação dos materiais de construção. O projeto possui uma homepage, <http://www.infra.ita.br/~magdlima/habitare>, na qual se informa o andamento do projeto. O projeto encontra-se na fase de tratamento dos dados que representam os agentes de degradação<sup>1</sup>. Entre eles, destacam-se umidade relativa e temperatura.

<sup>1</sup> Agente de degradação, segundo a terminologia adotada pelo CIB W70/RILEM 71PSL (publicada nos anais do 1º Workshop sobre Durabilidade das Construções, 1997), é tudo o que age sobre a construção e suas partes e que reduz seu desempenho.

Neste trabalho é apresentada a motivação para o desenvolvimento do projeto, alguns aspectos sobre a metodologia, um dos agentes de degradação estudados, os principais resultados esperados e considerações sobre como os resultados podem auxiliar nos processos de normalização dos materiais de construção no Brasil.

## 1 Estado da arte

### 1.1 O projeto mapeamento dos agentes de degradação dos materiais – FINEP/CEF/Habitare – FAPESP

#### 1.1.1 Histórico

O projeto em questão foi elaborado após a realização do 1º Workshop sobre Durabilidade das Construções<sup>2</sup>, no qual compareceu o Dr. Christer Sjostrom<sup>3</sup>, membro/coordenador do CIB, que possuía um grande projeto referente ao tema de mapear os agentes de degradação das construções na Suécia. Esse projeto, hoje, transformou-se em um Grupo de Trabalho do CIB, o W-106 – Geographic Information Systems, que trata especificamente do uso de ferramentas de geoprocessamento (GIS) para a definição de mapas de agressividade a distintos materiais de construção.

Entre a produção desse grupo de trabalho, destaca-se a GIS and the Built Environment – CIB Report Publication 256, Ed. Svein E. Haagenrud, Bengt Rystedt e Christer Sjostrom, outubro de 2000, ISBN 91-631-0272-2, Gavle, Suécia.

Quando da realização desse 1º Workshop sobre Durabilidade das Construções, foram levantadas linhas de pesquisa prioritárias, que foram alvo de um edital Habitare. As diretrizes gerais para pesquisa, levantadas durante este 1º Workshop, estão relacionadas a seguir.

- **Pesquisa básica:** são consideradas pesquisas básicas em durabilidade das construções aquelas que visam a:

<sup>2</sup> 1º Workshop sobre Durabilidade das Construções, São Leopoldo, 30 de junho e 1º de julho de 1997, promovido pelo Grupo de Trabalho sobre Durabilidade das Construções da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC).

<sup>3</sup> Professor do Royal Institute of Technology, presidente do CIB (Conseil International du Bâtiment pour la Recherche l'Etude et la Documentation) na ocasião.



- caracterizar os fatores e mecanismos de degradação;
- determinar indicadores de degradação;
- desenvolver metodologias de ensaio e avaliação; e
- produzir informações básicas, como caracterização do meio e curvas de resposta de materiais em diferentes meios.

Como essas informações são imprescindíveis para o entendimento dos fenômenos de degradação das construções, essas pesquisas também devem ser contempladas pelas agências de fomento, uma vez que empresas privadas dificilmente aplicariam recursos em pesquisas dessa natureza.

- **Pesquisa aplicada:** incluem-se neste grupo as pesquisas em que a participação de entidades e empresas se faz necessária para garantir a transferência dos resultados ao meio técnico, isto é, as pesquisas destinadas à elaboração de manuais e normas que busquem a determinação de parâmetros de projeto voltados à melhoria da durabilidade e também aquelas destinadas à determinação de parâmetros regionais para normalização, e outras. O financiamento de pesquisas deve estar condicionado à garantia da ampla divulgação dos resultados, e regras específicas devem ser criadas quanto ao direito de patente de produtos e equipamentos com verbas públicas a fundo perdido.
- **Durabilidade em outras pesquisas:** recomenda-se a inclusão de conceitos de durabilidade em outras pesquisas de materiais e componentes, principalmente quando o estudo se refere a novos materiais ou novas utilizações de materiais convencionais. Elas devem prever no mínimo a caracterização dos fatores e mecanismos de degradação dos materiais e componentes estudados.

Com base na necessidade apresentada durante o referido evento e após o lançamento do edital Habitare, optou-se pela elaboração do presente projeto, considerando-se a relativa facilidade de relacionamento do instituto proponente (ITA) com outros institutos que poderiam fornecer as informações (dados) necessárias para o seu desenvolvimento. No entanto, devido ao desconhecimento da coordenação do projeto, esses aspectos não foram tão facilmente gerenciáveis, em especial pela falta de existência dos dados necessários, no intervalo proposto de análise – 10 anos –, em um formato já digitalizado e com continuidade e confiabilidade adequadas ao tratamento necessário nas instituições onde se teria um melhor relacionamento interinstitucional.

Outro aspecto que faz com que não se consiga o andamento esperado no projeto é que também faltam as informações referentes aos parâmetros de desempenho dos materiais; por exemplo, que intervalo de umidade relativa ambiente é prejudicial ou acelera o processo de degradação de um determinado material ou componente.

### 1.1.2 Objetivo principal

O objetivo principal do presente projeto é realizar um levantamento dos diferentes agentes de degradação dos materiais, buscando gerar ferramentas para sua utilização pelo meio técnico em geral. Os dados após tratamento serão disponibilizados, de forma a permitir:

- análise dos fatores de degradação determinantes para cada projeto, buscando maior durabilidade;
- definição de parâmetros para ensaios;
- definição de padrões regionais para revisão e estabelecimento de parâmetros de normalização;
- disponibilização de uma base de dados de fácil acesso, de condições ambientais, para permitir uma melhor adequação da obra ao meio, com uma melhor escolha de materiais e componentes, buscando uma maior durabilidade, um maior período de vida útil, e reduzindo os custos de manutenção e recuperação;
- caracterização dos diferentes macro e mesoclimas brasileiros, relacionados com os diferentes materiais de construção;
- colaboração com a redução dos custos de habitação, em particular as habitações populares, adequando-as melhor ao meio;
- apoio a projetos de pesquisa na área de durabilidade; e
- apresentação de novas possibilidades de pesquisa na área.

## 1.2 As ferramentas necessárias

### 1.2.1 Conhecimento dos agentes de degradação dos materiais

O levantamento das informações necessárias para avaliar a agressividade ambiental a cada um dos materiais e componentes de construção passa por uma revisão bibliográfica bastante ampla, buscando caracterizar os agentes de degradação de cada material, bem como seus parâmetros, ou seja, em que intervalo o agente em questão é agressivo ao material em estudo.

Com base na revisão bibliográfica, pôde-se construir uma primeira tabela, apresentada a seguir, onde estão relacionados os principais materiais de construção e seus principais agentes, incluindo os ambientais, de degradação.

Material	Principais Mecanismos	Principais Agentes
Madeiras	Ataque biológico (acentuado pela umidade e temperatura)	Fungos apodrecedores; bactérias; insetos xilófagos (cupins)
	Deterioração química superficial	Umidade; radiação UV; temperatura
Materiais Orgânicos (polímeros, plásticos, resinas, tintas, vernizes e borrachas)	Fotodegradação (acentuada pela umidade e temperatura); oxidação; quebra de duplas ligações em borrachas	Radiação UV; temperatura; oxigênio; ozônio
Materiais Cerâmicos	Eflorescências (acentuadas pela umidade e temperatura)	Presença de sais; umidade
	Fissuração	Choques térmicos (gradientes de temperatura)
Materiais Betuminosos	Perdas de constituintes leves; oxidação; enrijecimento	Temperatura (evaporação); oxigênio; CO (carbonização); umidade
Materiais Cimentados (argamassa e concreto)	Fissuras; corrosão da armadura; ataques químicos; lixiviação; abrasão	Agentes químicos (gás carbônico, oxigênio, ácidos, bases); íons agressivos (cloretos, sulfatos, amônia, etc.); umidade; sais; temperatura; chuva (ácida); agentes biológicos (biodegradação); choques térmicos (gradientes de temperatura); águas (puras, com material orgânicos, etc.); água em movimento
Metais	Corrosão	Umidade; íons agressivos (cloretos, sulfatos, etc.); chuva (ácida)
Vidros	Fissuras	Choques térmicos (gradientes de temperatura)

Tabela 1 – Principais mecanismos e agentes que atuam na degradação dos materiais utilizados na Construção Civil

Junto com a estruturação dessa tabela, buscou-se levantar os intervalos em que cada agente é agressivo a cada um dos materiais; por exemplo, em que intervalos de temperatura se tem aceleração nos processos de degradação por fungos em madeiras. No entanto, esse levantamento não é tão simples de ser realizado devido à falta de pesquisas básicas sobre o tema; estuda-se, por exemplo, quais os fungos que provocam degradação, mas não em que intervalos de temperatura eles são mais ativos e provocam degradação acelerada. Esses dados são extremamente importantes para que se possa construir os mapas de agressividade, de determinado agente, de cada material.

### 1.2.2 Os softwares utilizados e o pessoal especializado

Para o desenvolvimento deste projeto, optou-se por trabalhar com ferramentas de geoprocessamento da família ESRI, ARCVIEW, ARCINFO, SPATIAL ANALIST, ARCIMS, MAPOBJECTS e ARCSDE, por serem as mesmas utilizadas pelo CIB na Europa. Dessa forma, torna-se muito mais fácil o compartilhamento de dados e informações entre os resultados de pesquisas brasileiras e pesquisas internacionais. Além disso, a família de softwares da ESRI é muito completa e cobre todas as necessidades do projeto em uma única empresa, o que facilita as possíveis soluções de dúvidas ou problemas.

Para auxiliar nas atividades relacionadas à operacionalização do processamento dos dados, armazenamento em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados e geração dos mapas finais de agressividade, contratou-se um técnico com mestrado em geoprocessamento e sensoriamento remoto.

## 2 Metodologia

60

A metodologia utilizada para a execução deste projeto pode ser dividida em:

- levantamento dos agentes de degradação e de seus limites de agressividade;
- entrada e tratamento de dados;
- preparação de um banco de dados;
- análise de dados;
- geração de mapas distribuição das variáveis; e
- cruzamento de informações (variáveis espacializadas e parâmetros de desempenho dos diferentes materiais).

Ao final deste ciclo, obtém-se um mapa de agressividade de um determinado parâmetro sobre um tipo de material. Para melhor entender esse processo, a seguir é exemplificado, de forma bastante sucinta, em cada etapa da metodologia, o tratamento realizado das informações para geração dos mapas de agressividade.

## 2.1 Entrada e tratamento de dados

Os dados foram recebidos em arquivos que deveriam ser analisados quanto à sua consistência e ajustados para um novo padrão de formatação. Durante esta etapa foram analisados os valores extremos, visando a identificar erros, fossem eles de digitação ou mesmo de coleta.

Durante esta fase, em datas ou estações em que não houve coleta de dados, mas que estes se encontravam representados na massa inicial por algum caracter especial, tais dados foram retirados do contexto. Portanto, os dados acabaram sendo filtrados.

Além desse processamento com os valores relativos a uma determinada variável, paralelamente efetuou-se uma separação da informação, de forma que os itens de descrição das estações de coleta ficassem em um novo arquivo. Ou seja, os dados Nome da Estação, Código da Estação, Município Onde Está Localizada a Estação e, em alguns casos, a descrição dos equipamentos nela instalados foram formatados em um arquivo separado dos dados de variação dos parâmetros medidos.

## 2.2 Preparação de um banco de dados

Estando os arquivos devidamente formatados, optou-se por armazenamento deles em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados, para facilitar as consultas e a posterior disponibilização das informações na forma digital. Todos os arquivos, inicialmente, foram importados para um banco de dados em MS Access 97.

## 2.3 Análise de dados

Inicialmente, optou-se por avaliar a intensidade ou a variação temporal de uma determinada variável em cada mês durante os últimos dez anos de dados. Ou seja, para cada parâmetro foram feitas médias mensais desde 1990 dos dados disponíveis. Um exemplo desses gráficos pode ser observado na Figura 1.

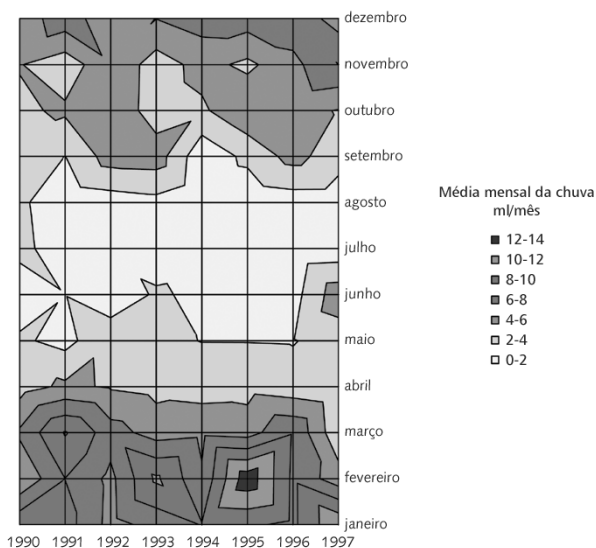


Figura 1 – Variação mensal da média de chuva no estado de São Paulo no período de 1990 a 1997

Neste gráfico é possível identificar a intensidade de variação de um parâmetro ao longo do período de estudo; no entanto, não deixa clara a influência do número total de estações ou mesmo da variação ao longo do estado dessas variações.

E neste caso específico (estado de São Paulo), os dados analisados provêm de um conjunto de 1.660 estações distribuídas em todo o estado.

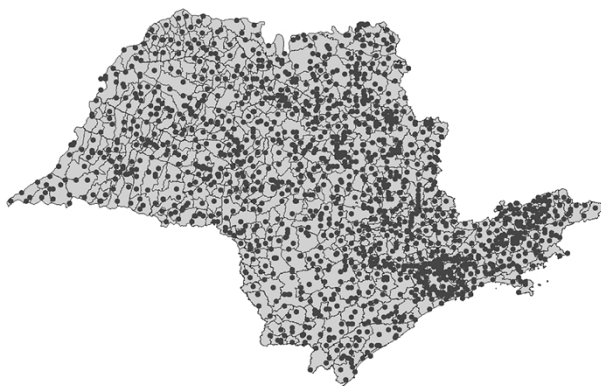


Figura 2 – Distribuição espacial das estações do DAEE, fonte de informação para este projeto, no estado de São Paulo

## 2.4 Geração de mapas de distribuição das variáveis

Sabe-se que um dos melhores mapas para interpretação de variação espacial dos dados é um mapa onde os valores são interpolados de forma a representar uma variação contínua ao longo do espaço.

Existem vários métodos para interpolação dos dados, entre eles interpolação pelo vizinho mais próximo, pelo inverso do quadrado da distância e por krigagem. Este último é o único que leva em consideração todos os pontos amostrados e a sua variância, mas, por outro lado, acaba sendo não muito popular, pois exige ajustes de parâmetros que devem ser analisados por meio de um semivariograma.

Mesmo assim, neste projeto os mapas foram gerados utilizando-se este método, e o exemplo de interpolação de chuva no estado de São Paulo pode ser observado na Figura 3.

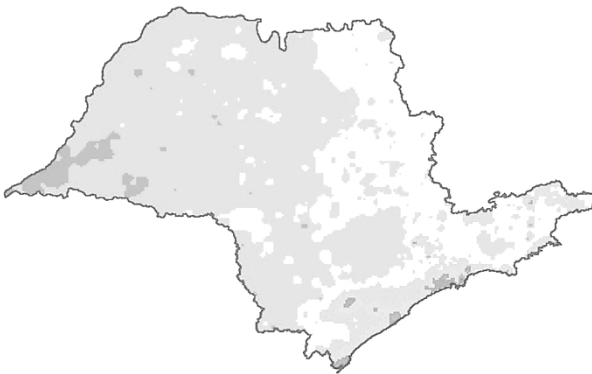


Figura 3 – Distribuição espacial da média de chuva no estado de São Paulo no mês de março, no período entre 1990 e 1997

## 2.5 Cruzamento de informações (variáveis espacializadas e parâmetros de desempenho dos diferentes materiais)

Depois de construídos os mapas para cada um dos meses, efetuou-se um processamento de álgebra de mapas. A última etapa desse processo é o cruzamento do mapa final com os parâmetros de desempenho dos materiais.

Para exemplificar, é apresentada uma análise de umidade relativa e temperatura, no estado de Santa Catarina, que busca caracterizar os níveis de agressividade desses parâmetros.

Considera-se aqui que a degradação de uma estrutura pode ser provocada por degradação química, que sofre influência direta de condições de umidade e temperatura.

Todos os dados possuem uma localização inicial de sua estação de coleta como o exemplo da Figura 2. A Figura 4 representa a interpolação da temperatura, de forma a caracterizar três graus de agressividade (baixo, médio e alto).

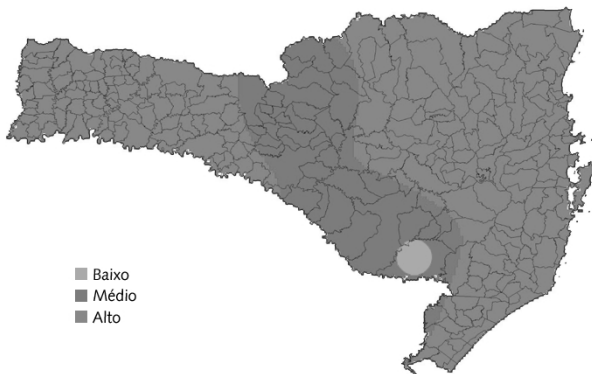


Figura 4 – Interpolação dos valores de temperatura na área de estudo

Na Figura 5, é realizado o mesmo trabalho, agora para os valores de umidade relativa; por fim, na Figura 6, é apresentado o mapa de vulnerabilidade/agressividade em estudo, também com a especificação de três níveis de degradação.

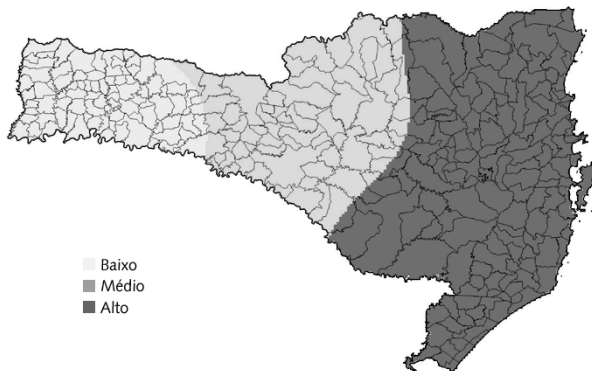


Figura 5 – Interpolação dos valores de umidade relativa na área de estudo



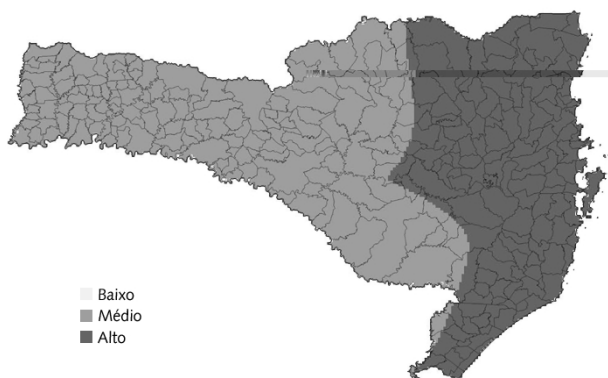


Figura 6 – Mapa final de agressividade

## 3 Principais resultados esperados da pesquisa

### 3.1 Em mídia impressa

- Relatórios parciais de atividades – até o momento foi realizado apenas um relatório parcial, aprovado pela FINEP e pela FAPESP.
- Relatório – texto Agentes e Mecanismos de Degradação dos Materiais de Construção, que contém, atualmente, o seguinte sumário, em desenvolvimento:

Capa

Agradecimentos

Glossário

Sumário

1 Introdução

2 Alguns Conceitos Básicos

2.1 Durabilidade, desempenho e vida útil

2.2 Mecanismos de transporte

2.3 Metodologias de avaliação da durabilidade

2.4 Indicadores de degradação (curvas de resposta)

2.5 Outros conceitos de interesse

3 Instituições e Pesquisas Relacionadas com Durabilidade

3.1 No Brasil

3.2 No exterior

4 Agentes e Mecanismos de Degradação

4.1 Materiais

- 4.1.1 Madeiras<sup>4</sup>
  - 4.1.1.1 Composição e microestrutura
  - 4.1.1.2 Características e propriedades relacionadas com a durabilidade do material
  - 4.1.1.3 Agentes e mecanismos de degradação
  - 4.1.1.4 Parâmetros para estimar a durabilidade
  - 4.1.1.5 Modelos de previsão de vida útil
  - 4.1.1.6 Normalização existente sobre a durabilidade do material
    - a) Nacional
    - b) Internacional
- 4.1.2 Materiais cerâmicos
- 4.1.3 Polímeros e plásticos
- 4.1.4 Tintas e vernizes
- 4.1.5 Vidros
- 4.1.6 Materiais betuminosos
- 4.1.7 Materiais metálicos
- 4.1.8 Aglomerantes
  - 4.1.8.1 Gesso
  - 4.1.8.2 Cal
  - 4.1.8.3 Cimento
- 4.1.9 Materiais cimentícios
  - 4.1.9.1 Argamassas
  - 4.1.9.2 Concretos
- 4.2 Sistemas
  - 4.2.1 Alvenaria<sup>5</sup>
    - 4.2.1.1 Componentes
    - 4.2.1.2 Características principais
    - 4.2.1.3 Agentes e mecanismos de degradação
    - 4.2.1.4 Parâmetros para estimar durabilidade
    - 4.2.1.5 Modelos de previsão de vida útil
    - 4.2.1.6 Normalização existente relacionada com durabilidade
  - 4.2.2 Estruturas de concreto armado
  - 4.2.3 Estruturas de concreto protendido
  - 4.2.4 Estruturas metálicas
- 5 Considerações Finais
- Bibliografia
- Anexos

<sup>4</sup> A estrutura apresentada para MADEIRAS será utilizada para todos os demais materiais.

<sup>5</sup> A estrutura apresentada para ALVENARIA será utilizada para todos os demais sistemas.

### 3.2 Em mídia eletrônica

Visando a aumentar a eficiência na troca de informações, principalmente na divulgação dos resultados, espera-se que, ao final das atividades deste projeto, esteja implantando um site com os principais resultados obtidos. A grande novidade proposta para esse site trata-se de um servidor de mapas, com o qual se espera que o usuário possa fazer suas consultas sobre a agressão dos agentes em suas áreas de interesse. Ou seja, o resultado de sua consulta deverá ser um mapa construído em tempo real a partir da consulta ao banco de dados final do projeto.

Além desse site, uma versão eletrônica dos relatórios e resultados obtidos deverá ser enviada para as instituições que colaboraram com o desenvolvimento do projeto.

## 4 Considerações finais

Embora o volume de trabalho tenha sido subdimensionado pela coordenação do projeto quando da proposta inicial, o que provocou solicitações de prorrogação consecutivas no referido projeto, espera-se que os seus resultados finais dêem embasamento à definição dos agentes de degradação e seus intervalos de agressividade e subsidie a elaboração de textos de normas nacionais. Espera-se também que este material possa servir como referência para a produção científica nessa área, bem como possa incentivar novas pesquisas e, principalmente, o crescente desenvolvimento da ciência e tecnologia no país.

## Agradecimentos

FINEP  
CEF  
FAPESP  
INFRA  
ITA  
DAEE-SP  
CLIMERH-SC  
FUNCEME-CE  
NEMRH-PB  
NMRH-AL  
SIMEPAR-PR

# COLETÂNEA HABITARE

**João Eduardo Di Pietro** é engenheiro civil (1980), mestre (1993) e doutor (2000) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFSC. Atua nas áreas de Estruturas de Concreto, Construção Civil e Sistemas Construtivos.  
E-mail: [dipietro@arq.ufsc.br](mailto:dipietro@arq.ufsc.br)

# 5.

## Projeto e execução de lajes pré-moldadas com vigotas de concreto armado: sugestões para elaboração de uma norma específica para lajes pré-fabricadas

João Eduardo Di Pietro

### Resumo

Considerando-se a necessidade de uma discussão a respeito de uma norma específica para lajes pré-fabricadas com vigotas de concreto armado intercaladas com blocos de cerâmica e com uma cobertura de concreto, a fim de padronizar a forma das vigotas e sua taxa de armadura bem como melhorar a qualidade do produto, conferindo-lhe todas as condições de segurança estrutural, foram apresentadas sugestões que poderiam servir de subsídios para a elaboração de tal norma.

Essas sugestões dizem respeito, principalmente, ao dimensionamento das vigotas e aos critérios que devem ser observados na sua fabricação e aplicação nas edificações.

69

### 1 Introdução

A falta de uma norma específica para lajes pré-fabricadas – considere-se não somente as lajes com vigotas de concreto armado, pois são as mais empregadas em

todo o território nacional, mas todas de um modo geral – tem causado grandes transtornos não só aos projetistas de estruturas mas também aos fabricantes, pela falta de critérios para seu dimensionamento, fabricação e aplicação em obra. Com base nesse objetivo foram apresentadas algumas sugestões que poderiam servir de subsídios à elaboração dessa norma.

Todo projeto de uma edificação deve, obrigatoriamente, cumprir os objetivos a que se destina. Em função disso, as lajes possuem características importantes, que devem ser valorizadas para garantir uma perfeita adequação ao projeto.

Essas missões não são unicamente separar os pavimentos e absorver as cargas impostas às lajes, mas também promover com essas ações um isolamento de origem térmica e acústica à umidade e de resistência ao fogo.

A escolha de uma laje deve levar em consideração todos esses fatores, para que se obtenha um projeto realmente adequado ao que se propõe, isto é, deve-se cumprir as exigências da norma quanto à segurança e proporcionar as condições de conforto necessárias a toda edificação.

As lajes pré-fabricadas com vigotas de concreto armado, amplamente empregadas em todas as regiões do país, constituem, como um componente construtivo, importante decisão em termos de projeto, que pode representar sensíveis resultados no custo e no desempenho da edificação.

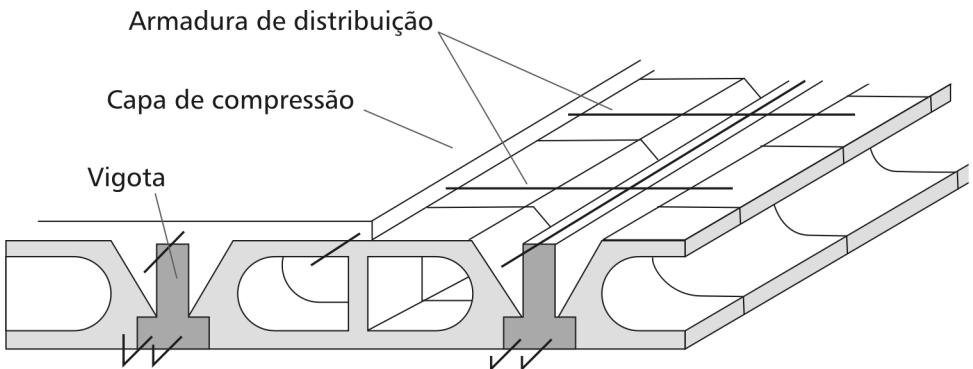


Figura 1 – Laje pré-fabricada

## 2 Objetivos

Verificar (1) o desempenho estrutural das lajes pré-fabricadas com vigotas de concreto armado, (2) a validade das hipóteses de cálculo e (3) os resultados de seu dimensionamento, através de ensaios experimentais, a fim de obter subsídios à elaboração de uma norma.

## 3 Metodologia

Os ensaios sobre flexão foram efetuados em protótipos de lajes com largura de 1,11 m, utilizando-se quatro vigotas com intereixo de 34 cm e comprimentos de 3,30 m e 4,20 m. O capeamento, com 3 cm de espessura, incorpora uma armadura de distribuição de tensões de 0,6 cm<sup>2</sup>/m ( $\phi$  4,2 c/23), disposta no sentido transversal das vigotas e, no sentido paralelo,  $\phi$  3,4 mm a cada 34 cm.

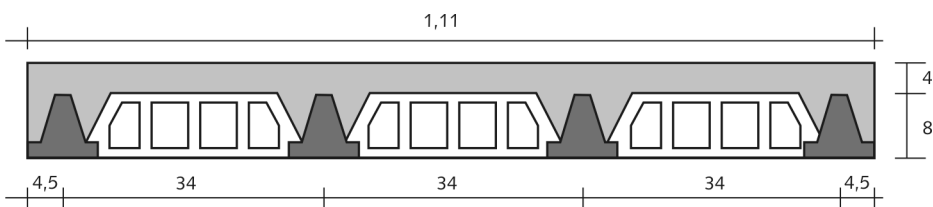


Figura 2 – Seção do protótipo da laje pré-fabricada

Essas lajes, apoiadas livremente em suas extremidades, foram submetidas a um carregamento gradativo, aplicado a uma distância dos apoios igual a 1/3 do vão e distribuído por toda a extensão de sua largura. Durante o ensaio, foram medidos os deslocamentos verticais (flechas) e foi avaliado o efeito da fissuração.

## 4 Resultados dos ensaios

Os ensaios experimentais com esse tipo de laje pré-fabricada, dimensionada por faixa de vigota, isto é, considerando-as como vigas de seção “I” ( $b_f$  = intereixo), resultante da integração da nervura com o capeamento, levaram à conclusão de que as deformações reais são menores que as teóricas, para um carregamento que comporta até 1,3 vezes a carga acidental. As deformações reais começam a ser maiores que as teóricas quando esse limite é ultrapassado.

Tal fenômeno é causado pelo fato de que, no início, existe um comportamento uniforme entre as vigotas e o concreto adicionado para execução do capeamento.

Inicialmente, o Momento de Inércia (I) da seção “I” mantém-se constante, mas, próximo à ruptura, inicia-se o descolamento da vigota com o concreto do capeamento, o que provoca sua minoração e aumenta sensivelmente as deformações.

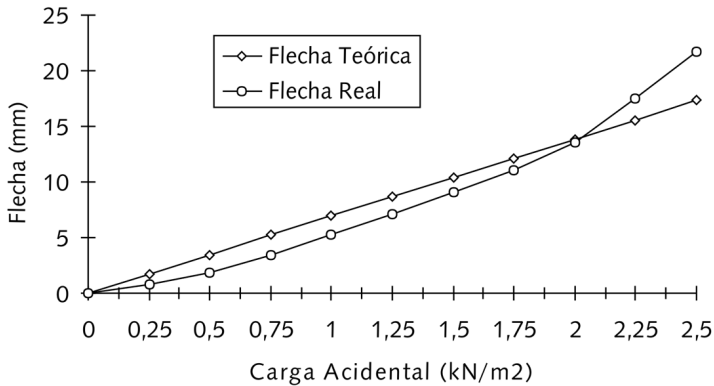


Figura 3 – Gráfico das deformações

## 5 Conclusão

O comportamento dessas lajes, com a atuação das cargas normais de serviço, é semelhante ao das de seção maciça, armadas numa única direção e, ao aproximarem-se da ruptura, como nervurada.

Outro fenômeno observado é o “Efeito de Arco”, que surge no capeamento, entre as vigotas, provocando esforços horizontais (empuxo) sobre elas, fazendo com que os blocos cerâmicos sejam prescindíveis para o funcionamento dessas lajes.

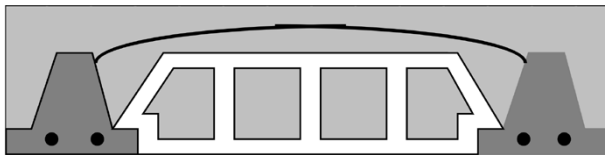


Figura 4 – Efeito de arco

Por esse motivo, a forma dos blocos cerâmicos deveria ser modificada, com o arredondamento dos cantos superiores, a fim de propiciar uma redução do raio de



curvatura do arco, diminuindo com isso os esforços horizontais e melhorando, conseqüentemente, o seu funcionamento.

Um dos fatores prejudiciais ao desempenho estrutural dessas lajes é a falta de monolitismo, isto é, a perfeita união entre as vigotas e o concreto adicionado em obra para o capeamento. Apesar de todos os cuidados empregados na concretagem, essa união nem sempre é possível, devido à falta de rugosidade nas faces da vigota, surgindo, assim, uma espécie de diafragma nessa interface.

Como sugestão, recomenda-se a execução das vigotas com grampos de  $\phi$  3,4 mm na sua parte superior, ancorados na armadura longitudinal da vigota e espaçados a cada 23 cm, de modo a possibilitar a passagem da armadura de  $\phi$  4,2 mm.

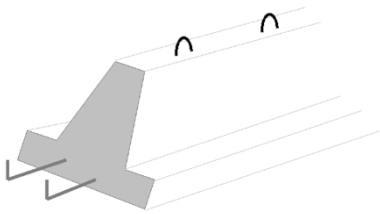


Figura 5 – Modelo da vigota

Dessa maneira, garante-se uma relativa aderência entre as vigotas e o concreto adicionado em obra para execução do capeamento.

## 6 Elementos para discussão de uma futura norma

### 6.1 Generalidades

As lajes pré-fabricadas com vigotas de concreto armado, intercaladas com blocos cerâmicos vazados, elementos de concreto celular ou EPS (isopor), para conferir uma superfície plana e diminuir seu peso próprio, deverão estar subordinadas à NB-1 (NBR 6118:1982) e ser consideradas como lajes nervuradas unidirecionais, isto é, armadas numa única direção.

### 6.2 Geometria

As vigotas em forma de “T” invertido deverão ter dimensões padronizadas, devendo a sua altura ser maior ou igual a 8 cm ( $h \geq 8$  cm). Os blocos cerâmicos terão também suas dimensões padronizadas, com alturas de 7, 8, 10 e 12 cm, e largura suficiente para permitir um intereixo que não deverá ser superior a 50 cm ( $t \leq 50$  cm).

O capeamento, moldado no local da obra, deverá ser uniforme e ter espessura mínima de 4 cm, para lajes de piso, a fim de absorver os esforços de compressão oriundos da flexão. Para lajes de forro, permite-se um capeamento de 3 cm.

### 6.3 Materiais constituintes das lajes

O concreto para confecção das vigotas e para o capeamento deverá ter um  $f_{ck} \geq 20$  MPa. O aço das vigotas deverá ser o CA 60, considerando-se um Coeficiente de Conformação Superficial igual a 1,0 ( $\eta_b = 1$ ), pois esse tipo de aço possui superfície lisa devido ao processo de trefilação empregado na sua usinagem. A recomendação para o uso dos fios CA-60 deve-se ao fato de que estes podem ser adquiridos em rolo, minimizando as perdas. Eventualmente, a hipótese de se utilizar o aço CA-50 não fica descartada.

### 6.4 Dimensionamento das vigotas

Seguirá rigorosamente as prescrições da NB-1 (NBR 6118:1982), devendo ser observado que, para obtenção dos Momentos Fletores Positivos, os cálculos deverão ser efetuados como viga biapoiada de seção “T”, resultante da integração da nervura com o capeamento. A mesa ( $b_p$ ) deverá ser tomada com largura igual ao entreixo (distância entre vigotas, de eixo a eixo).

### 6.5 Verificações

#### 6.5.1 Cisalhamento

A verificação do Esforço Cortante se faz de acordo com o anexo à norma NB 116:1989, que modifica dispositivos da NB-1.

#### 6.5.2 Fissuração

A caracterização da abertura de fissura, que é prejudicial à durabilidade, é, logicamente, função do meio. Dessa forma, o estudo da fissuração tem de ser efetuado em duas etapas distintas, a saber:

1. estabelecimento dos valores máximos admissíveis das aberturas das fissuras em função do meio; e
2. estabelecimento de formulação que permita estimar a abertura provável das fissuras em função das características das peças.

De acordo com as prescrições da NB-1, em seu item 4.2.2, aparecem duas expressões que pretendem estimar a abertura provável das fissuras. A primeira origi-

na-se da Teoria Básica da Fissuração, que aprecia a Formação Sistemática de Fissuras, e a segunda expressão, resultante da Teoria da Dupla Ancoragem, corresponde à Formação Não Sistemática de Fissuras.

A abertura máxima ( $w$ ) permitida por norma é de 0,3 mm, visto que essas lajes, por suas características, devem ser protegidas com revestimento e não podem ser aplicadas em meio agressivo. Faz-se necessário, portanto, que as desigualdades abaixo sejam satisfeitas.

$$w = \frac{\phi}{2 \eta_b - 0,75} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left( \frac{4}{\rho_r} + 45 \right) \leq 3$$

$$w = \frac{\phi}{2 \eta_b - 0,75} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \sigma_s}{f_{tk}} \leq 3$$

Por norma, o coeficiente de conformidade  $\eta_b$  para barras lisas é considerado igual a 1. No entanto, pode-se reduzir esse valor em 20% considerando o tipo de aço (CA 60) como desprovido de qualquer rugosidade ( $\eta_b = 0,8$ ).

### 5.5.3. Deformação vertical (flecha)

A deformação dessas lajes não poderá ultrapassar 1/300 do vão teórico (item 4.2.3 – NB-1) e deverá ser verificada nas condições menos favoráveis, isto é, como biapoiadas (isostáticas), proporcionando, assim, mais condições de segurança.

Para essas lajes, é conveniente a aplicação de uma contraflecha, que deverá ser 1/200 do vão teórico, para lajes com vão superior a 1,80 m.

## 6.6 Disposições construtivas

Na direção perpendicular às nervuras, será obrigatória a colocação de armadura complementar de distribuição de tensões e travamento das vigotas, posicionada na mesa de compressão sobre as vigotas, com área da seção transversal igual ou superior a 0,6 cm<sup>2</sup> por metro de laje e composta de pelo menos três barras (item 4.1.3.2 – NB 4:1980).

## 7 Recomendações

Na construção de edifícios de grande porte ou sujeitos à verificação da ação de vento, são requeridas disposições estruturais para combater o efeito do vento. Em alguns casos, as lajes podem ser desprezadas, considerando-se apenas o Efeito de

Pórtico dos pilares e das vigas. Portanto, há a possibilidade de se adotarem lajes pré-fabricadas, desde que sejam observadas as prescrições normativas de combate à ação do vento.

O emprego dessas lajes não é permitido nas edificações industriais ou comerciais, as quais poderão exigir vãos maiores e sobrecargas não compatíveis com a sua utilização, visto que tais edificações dependem diretamente da natureza e magnitude das cargas aplicadas e do vão a ser vencido.

Não é admissível também, para essas lajes, a ação predominante de cargas concentradas ou de cargas dinâmicas, de choque ou vibração, por mais elevada que seja a sua capacidade resistente. Para esses casos, os estudos serão efetuados por verificação experimental.

## 8 Considerações finais

A publicação de artigos em revistas especializadas (Associação dos Fabricantes de Lajes do Estado de São Paulo – AFALA), de apresentações de trabalhos em congressos, seminários e simpósios a respeito de lajes pré-fabricadas (ENTAC, ENEGEP, SIBRAGEQ e IBRACON) e ainda os contatos realizados junto ao COBRACON, à ABNT e à própria FINEP proporcionaram a criação, pelo COBRACON, de uma comissão com origem no Comitê Brasileiro da Construção (CB-02) para elaboração das normas específicas para lajes pré-fabricadas: CE-02:107.01. Essa comissão já encerrou os trabalhos, elaborando os seguintes projetos de norma:

- Projeto 02:107.01-001 - Lajes Pré-fabricadas – Especificação;
- Projeto 02:107.01-002 - Lajes Pré-fabricadas – Pré-laje Treliçada;
- Projeto 02:107.01-003 – Lajes Pré-fabricadas – Laje Tipo Painel Alveolar de Concreto Protendido; e
- Projeto 02:107.01-004 – Requisitos para Armações Treliçadas – Especificação.

Com o financiamento da FINEP foi possível a montagem do Laboratório de Estruturas do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal de Santa Catarina com a aquisição de todos os equipamentos necessários ao seu funcionamento. Esse laboratório faz parte do Laboratório de Sistemas Construtivos (LabSisCo).

## Bibliografia

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, NB-1, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7197**: projeto de estruturas de concreto protendido. Rio de Janeiro, NB-116, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6119**: cálculo e execução de lajes mistas. Rio de Janeiro, NB-4, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, NB-949, 1985.

COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON, 1978, Paris. **Code modele CEP-FIP, Pour les structures en Béton**. Paris, 1978.

DI PIETRO, João Eduardo. **Projeto, execução e produção de lajes com vigotas pré-fabricadas de concreto armado**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1993.

ESPAÑA. Ministério de Obras Públicas e Urbanismo. **Forjados, vigas y placas**. Espanha, 1990. (Normas).

**NORME** technique per il progetto delle strutture in cemento armato normale e precompresso. Itália: Gazzetta Officiale, 1986. Norma italiana.

UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION. **Directivas comuns para a homologação de pavimentos não tradicionais de betão armado ou pré-esforçado**. Portugal: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1982.

# COLETÂNEA HABITARE

**Jorge Bounassar Filho** é engenheiro civil pela Universidade Mackenzie e doutor em Engenharia Civil pelo Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Foi reitor da Universidade Estadual de Londrina e é professor associado do Departamento de Estruturas do Centro de Tecnologia e Urbanismo dessa instituição. Consultor *ad-hoc* na avaliação de projetos da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Presidente da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná.  
E-mail: [jbf@uel.br](mailto:jbf@uel.br)

# 6.

## Elaboração de normas: projeto, fabricação e execução de lajes mistas pré-moldadas

Jorge Bounassar Filho

### 1 Estado da arte

A indústria da Construção Civil representa uma das principais atividades da economia brasileira, tendo em vista o seu grande alcance social. É de se realçarem, no seu âmbito de atuação, as atividades voltadas para atendimento à habitação. Nesse campo, a engenharia nacional tem apresentado uma grande evolução no desenvolvimento de produtos e processos que visam a uma maior racionalização de recursos.

Nas soluções de sistemas estruturais tornou-se prática comum a utilização de lajes mistas para edificações, principalmente aquelas voltadas à habitação. Essa solução conduziu à fabricação de lajes mistas pré-moldadas, nas quais as nervuras de concreto armado (vigotas) ou os painéis são pré-fabricados e utilizam materiais de enchimento cerâmico ou outros. Esse processo, que torna a execução das lajes mais rápida e econômica, foi largamente difundido, e a sua utilização tornou-se uma prática comum. Tal situação induziu a criação de inúmeras empresas de fabricação dessas lajes. Entretanto, o desenvolvimento do setor não veio acompanhado de normatização específica que o ordenasse e lhe desse orientação de maneira sistemática.

As normas existentes de lajes mistas (NBR 6119) e de pré-moldados (NBR 9062) não satisfazem as peculiaridades do setor e nem disciplinam a sua produção. Assim sendo, tornou-se imperiosa a elaboração de um conjunto de normas que atendam às especificidades de projeto, produção e montagem dessas lajes, de forma a garantir os requisitos necessários de segurança com um controle efetivo de qualidade.

## 2 Metodologia

Com o propósito de atender às necessidades regionais, a Universidade Estadual de Londrina desenvolveu um projeto de extensão do Programa de Controle de Qualidade de Lajes Pré-Moldadas. Este projeto serviu de base para o início dos estudos e possibilitou a realização de um diagnóstico da situação de um grupo de empresas do setor.

Concomitantemente ao desenvolvimento inicial do projeto, os colaboradores dessa coletânea foram convidados para compor a Comissão de Estudos criada pelo COBRACON/ABNT (CE 02.107.01), com o propósito de elaborar um conjunto de normas para o setor das lajes pré-fabricadas. Essa comissão foi constituída por representantes das indústrias do setor produtivo de lajes e materiais componentes, bem como de representantes de universidades e laboratórios de análise experimental. Assim, o projeto foi desenvolvido simultaneamente com os trabalhos da Comissão de Estudos, o que veio a enriquecer sobremaneira o trabalho.

Tais trabalhos foram sempre subsidiados por informações que tiveram origem nos variados setores industriais e de pesquisa envolvidos na problemática das lajes pré-fabricadas. As diversas associações representativas das empresas de fabricação de elementos pré-fabricados, de materiais de enchimento (cerâmico, EPS, etc.), as indústrias de fabricação de aço para concreto armado e protendido, alguns pesquisadores ligados a universidades e centros de pesquisa, laboratórios de controle de materiais e outros tiveram participação ativa no processo. Os subsídios apresentados e consolidados nos textos das normas supriram as necessidades do projeto, ao mesmo tempo que os recursos disponibilizados pela FINEP à UEL viabilizaram a compra de materiais e equipamentos para o laboratório de estruturas, dando condições de desenvolvimento de ensaios para os diversos elementos estruturais.



O resultado final dos textos das normas corresponde ao consenso entre os diversos setores envolvidos, tendo sido esses textos encaminhados para o processo de votação nacional pela ABNT.

### 3 Resultados

O projeto visou à produção de normas de especificações e requisitos para a regulamentação do setor produtivo de fabricação de lajes pré-fabricadas.

No desenvolvimento do projeto e dos trabalhos da Comissão de Estudos foram computadas as informações obtidas das diversas indústrias das lajes pré-fabricadas do sistema vigota-bloco (concreto armado, concreto protendido e treliçadas), do sistema de pré-laje (treliçadas e protendida), do sistema de painel alveolar de concreto protendido, assim como da indústria de materiais de enchimento (cerâmica, EPS e blocos de cimento), da indústria dos aços para concreto armado e protendido (fios, varões, treliças, etc.) e de outros setores. Nesse processo foram realizados diversos ensaios para orientar a definição de valores a serem assumidos como mínimos de normas e a padronização de valores da geometria dos diversos componentes dos sistemas.

As normas apresentam ainda exigências em relação aos projetos estrutural e de execução, bem como ao manual de colocação e montagem, a serem elaborados por profissionais habilitados, e também orientam no que se refere à inspeção de verificação de aceitação do material em obra, visando à qualidade do produto final.

Os resultados encontrados estão sistematizados nos textos apresentados para votação nacional.

### 4 Propostas para normalização

Os projetos-de-norma que resultaram dos trabalhos desenvolvidos estão apresentados a seguir. O projeto referente ao sistema vigota-bloco consta na sua íntegra na seqüência, e no tocante aos outros, apenas são apresentados o seu selo de identificação, o sumário e respectivo objetivo.

## Laje pré-fabricada

# Parte 1: Lajes unidirecionais - Especificação sistema vigota-bloco

Origem:

CB-02 Comitê Brasileiro da Construção

CE-02:107.01

NBR

Descriptors:

Válida a partir de

Palavras-chave: Laje pré-fabricada

19 páginas

## Sumário

### Parte 1: lajes unidirecionais

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Condições gerais

5 Condições específicas

6 Inspeção

7 Aceitação e rejeição

## Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudos (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Esta norma brasileira consiste de duas partes sob o nome genérico de Laje Pré-Fabricada, a saber. Parte 1: Lajes Unidirecionais e Parte 2: Lajes Bidirecionais. Os Anexos A, B, C e D são de caráter normativo.

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Votação Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

## 1 Objetivo

Esta norma fixa as condições exigíveis para recebimento e utilização de componentes de lajes pré-fabricadas (vigotas, elementos de enchimento e demais complementos adicionados à obra) a serem empregados na execução de estruturas laminares nervuradas unidirecionais (Parte 1) e bidirecionais (Parte 2), para qualquer tipo de edificação, de acordo com a NBR 6118 e a NBR 7197.

## 2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, através de referência neste texto, constituem prescrições válidas para a presente norma.

Na data de publicação desta norma, as edições indicadas eram válidas. Como todas as normas estão sujeitas a revisões, as partes envolvidas em acordos baseados nesta norma devem investigar a possibilidade de utilização de edições mais recentes das normas indicadas. A ABNT mantém registros das normas válidas atualmente.

Na aplicação desta norma é necessário consultar:

**NBR 5672** – Diretrizes para o controle tecnológico de materiais destinados a estruturas de concreto - Especificação

**NBR 6118:1978** – Projeto e execução de obras de concreto simples, armado e protendido – Procedimento

**NBR 6120:1978** – Cargas para o cálculo de estruturas e edificações - Procedimento

**NBR 7197:1989** – Projeto de estruturas de concreto protendido - Procedimento

**NBR 7211:1982** – Agregados para concreto - Especificação

**NBR 7480:1985** – Barras e fios de aço destinados a armadura de concreto – Especificação

**NBR 7481:1989** – Telas de aço soldadas para armadura de concreto - Especificação

**NBR 7482:1990** – Fios de aço para concreto protendido – Especificação

**NBR 7483:1990** – Cordoalhas de aço para concreto protendido – Especificação

**NBR 8953:1992** – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência – Classificação

**NBR 9062:1985** – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldados – Procedimento

**NBR 9607:1986** – Prova de carga em estruturas de concreto armado e protendido - Método de ensaio

**NBR 12654:1992** – Controle tecnológico de materiais componentes do concreto – Procedimento

**NBR 12655:1992** – Concreto – Preparo, controle e recebimento – Especificação

**02:107.01-004** – Requisitos para armações treliçadas – Especificação

### 3 Definições

Para os efeitos da Parte 1 desta norma são adotadas as definições dos itens 3.1 a 3.8.

#### 3.1 Laje pré-fabricada unidirecional

São lajes nervuradas constituídas por nervuras principais longitudinais (NL), dispostas em uma única direção. Poderão ser empregadas algumas nervuras transversais (NT) perpendiculares às nervuras principais.

##### 3.1.1 Vigotas pré-fabricadas

Componentes constituídos por concreto estrutural, executados industrialmente fora do local de utilização definitivo da estrutura, ou mesmo em canteiros de obra, sob rigorosas condições de controle de qualidade. Englobam total ou parcialmente a armadura inferior de tração, integrando parcialmente a seção de concreto da nervura longitudinal. Podem ser de três tipos:

- a) de concreto armado (VC): com seção de concreto usualmente formando um “T” invertido, com armadura passiva totalmente englobada pelo concreto da vigota; utilizadas para compor as lajes de concreto armado (LC) (Ver Figura 1.a);
- b) de concreto protendido (VP): com seção de concreto usualmente formando um “T” invertido, com armadura ativa pré-tensionada totalmente englobada pelo concreto da vigota; utilizadas para compor as lajes de concreto protendido (LP) (Ver Figura 1.b); e
- c) treliçadas (VT): com seção de concreto formando uma placa, com armadura treliçada (Projeto 02:107.01-004), parcialmente englobada pelo concreto da vigota. Quando necessário, deverá ser complementada com armadura passiva inferior de tração ( $f_{at}$ ) totalmente englobada pelo concreto da nervura; utilizadas para compor as lajes treliçadas (LT) (Ver Figura 1.c).

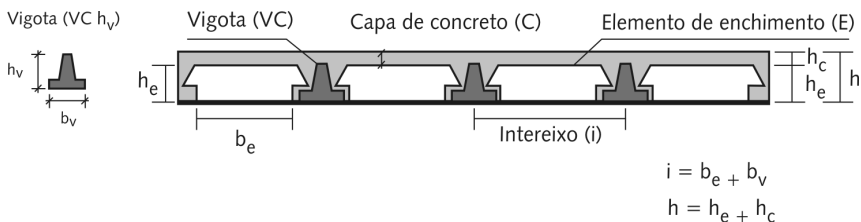


Figura 1a – Lajes com vigotas de concreto armado (LCh)

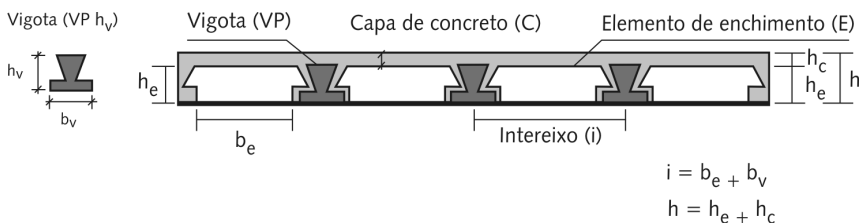


Figura 1b – Lajes com vigotas de concreto protendido (LPh)

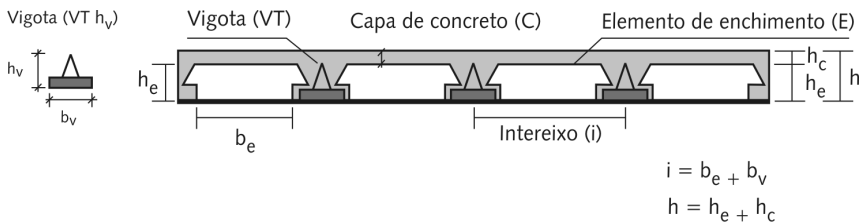


Figura 1c – Lajes com vigotas treliçadas (LTh)

### 3.1.2 Complementos de enchimento (E)

Componentes pré-fabricados com materiais inertes diversos, sendo maciços ou vazados, intercalados entre as vigotas em geral, com a função de reduzir o volume de concreto e o peso próprio da laje, e servir como forma para o concreto complementar. Nota: são desconsiderados como colaboradores nos cálculos de resistência e rigidez da laje.

### 3.1.3 Armadura complementar

Complemento adicionado à obra, dimensionado e disposto de acordo com o projeto da laje, conforme item 5.1. Poderá ser:

- a) longitudinal ( $f_{cl}$ ): admissível apenas em lajes treliçadas quando não for possível integrar na vigota treliçada toda a armadura passiva inferior de tração ( $f_{at}$ ) necessária;
- b) transversal ( $f_{pt}$ ): compõe a armadura das nervuras transversais (NT);
- c) de distribuição ( $f_{d}$ ): posicionada na capa nas direções transversal e longitudinal, quando necessária, para a distribuição das tensões oriundas de cargas concentradas e para o controle da fissuração, observando o disposto no item 5.6;
- d) superior de tração ( $f_{st}$ ): disposta sobre os apoios nas extremidades das vigotas, no mesmo alinhamento das nervuras longitudinais (NL) e posicionada na capa. Proporcionam a continuidade das nervuras longitudinais (NL) com o restante da estrutura, o combate à fissuração e a resistência ao momento fletor negativo, de acordo com o projeto da laje, conforme o item 5.1;
- e) outras: especificadas caso a caso, utilizadas para atender a necessidades particulares de cada projeto, conforme o item 5.1.

O aço que compõe o banzo superior das armações treliçadas eletrossoldadas, de acordo com o Projeto de Norma 02:107.01-004, pode ser considerado como de armadura de distribuição, superior de tração, desde que posicionado como descrito em 3.1.3.c e 3.1.3.d. e atendida a NBR 6118.

### 3.1.4 Capa (C)

Placa superior da laje cuja espessura é medida a partir da face superior do elemento de enchimento, formada por concreto complementar.

### 3.1.5 Concreto complementar

Componente preparado de acordo com a NBR 12655, adicionado à obra, com resistência, trabalhabilidade e espessuras especificadas de acordo com os projetos estrutural e de execução da laje, conforme o item 5.1. Deve ser aplicado em:

- a) complementação das vigotas pré-fabricadas para a formação das nervuras longitudinais (NL) e das nervuras transversais (NT), no caso das lajes treliçadas;

b) formação da capa (C).

### **3.2 Intereixo (i)**

Distância entre eixos de vigotas pré-fabricadas, entre as quais serão montados os elementos de enchimento (E).

### **3.3 Flecha (a)**

Maior deslocamento perpendicular ao plano da laje. Esse valor deverá respeitar os limites prescritos pela NBR 6118.

### **3.4 Contraflecha (a<sub>c</sub>)**

Deslocamento vertical intencional aplicado às vigotas pré-fabricadas durante a montagem destas, por meio do escoramento contrário ao sentido da flecha (a).

### **3.5 Escoramento (cimbramento)**

Estrutura provisória, destinada a auxiliar as vigotas pré-fabricadas a suportar a carga de trabalho durante a montagem da laje e durante o período de cura do concreto complementar lançado na obra.

### **3.6 Cargas (Ações)**

Ações especificadas por sua intensidade, natureza e localização sobre a laje.

#### **3.6.1 Carga permanente de peso próprio**

Somatória do peso dos componentes pré-fabricados (vigotas e elementos de enchimento) e dos materiais complementares (armaduras adicionais e concreto complementar).

#### **3.6.2 Cargas permanentes adicionais**

São as decorrentes de alvenarias, revestimentos, contrapisos e outras que serão parte integrante da carga da laje.

#### **3.6.3 Carga acidental**

Carga distribuída ou concentrada sobre a laje, conforme definido na NBR 6120, ou outras normas específicas, aplicáveis à utilização da estrutura.

#### **3.6.4 Carga adicional total**

É a somatória das cargas acidentais e permanentes adicionais. Não se inclui nesse valor, para efeitos de especificação, o peso próprio da laje.

#### **3.6.5 Carga de trabalho**

Cargas incidentes sobre a laje durante a fase de montagem, até que o concreto complementar alcance a resistência definida pelo projeto estrutural.

### 3.7 Altura total da laje (h)

Distância entre o plano inferior e o plano superior da laje, já com o concreto complementar lançado, adensado e regularizado (nervuras e capa).

#### 3.7.1 Altura da vigota ( $h_v$ )

Distância entre o plano inferior e o plano superior da vigota. No caso de vigota treliçada, o topo do banzo superior determina o plano superior.

#### 3.7.2 Altura do elemento de enchimento( $h_e$ )

Distância entre o plano inferior e o plano superior do elemento de enchimento.

### 3.8 Vãos

#### 3.8.1 Vão livre

Distância interna entre as faces dos apoios.

#### 3.8.2 Vão teórico

Distância utilizada para efeitos de cálculo e dimensionamento da laje, obtida a partir do vão livre, de acordo com o disposto na NBR 6118.

## 4 Condições gerais

### 4.1 Campo de aplicação

As especificações descritas na Parte 1 desta norma são aplicáveis a lajes unidirecionais para qualquer tipo de edificação.

### 4.2 Alturas padronizadas

Em função das alturas padronizadas dos elementos de enchimento, as alturas totais das lajes pré-fabricadas são as seguintes, conforme a Tabela 1:

Altura do elemento de enchimento ( $h_e$ )	Altura total da laje (h) (cm)
7,0	10,0 11,0 12,0
8,0	11,0 12,0 13,0
10,0	14,0 - 15,0
12,0	16,0 - 17,0
16,0	20,0 - 21,0
20,0	24,0 0- 25,0
24,0	29,0 - 30,0
29,0	34,0 - 35,0

Tabela 1 – Altura total (h)

4.2.1 Outras alturas poderão ser utilizadas, mediante acordo prévio e expresso entre fornecedor e comprador, desde que sejam atendidas todas as demais disposições desta norma.



4.2.2 A designação da laje deve ser composta de sua sigla (LC, LP ou LT), seguida da altura total (h), da altura do elemento de enchimento ( $h_e$ ), do símbolo “+” e da altura da capa ( $h_c$ ), devendo ser todos os valores expressos em “cm”.

Genérico	Exemplos
LC h ( $h_e + h_c$ )	LC 11 (7+4)
LP h ( $h_e + h_c$ )	LP 12 (8+4)
LT h ( $h_e + h_c$ )	LT 30 (24+6)

Tabela 2 – Descrição

### 4.3 Intereixo (i)

Os intereixos mínimos variam em função do tipo da vigota e das dimensões do elemento de enchimento, de acordo com o item 4.4.3, sendo os mínimos padronizados os estabelecidos na Tabela 3.

Tipo de vigota	Intereixos mínimos padronizados (cm)
VC	33,0
VP	40,0
VT	42,0

Tabela 3 – Intereixos mínimos padronizados

4.3.1 No caso da utilização de vigotas treliçadas e  $h \geq 13,0$  cm, permite-se adotar intereixo mínimo de 40,0 cm.

## 4.4 Materiais

### 4.4.1 Concreto

O concreto que compõe as vigotas pré-fabricadas e o concreto complementar devem atender às especificações das seguintes normas: NBR 6118, NBR 8953, NBR 12654 e NBR 12655. A resistência característica à compressão será a especificada pelo projeto estrutural, sendo exigida no mínimo a classe C20. No caso da execução concomitante do concreto complementar e do concreto da estrutura, prevalece o de classe mais alta especificado no projeto.

O concreto da classe C20 corresponde à resistência característica à compressão aos 28 dias, de 20 MPa.

### 4.4.2 Aço

O aço para fins de utilização em lajes pré-fabricadas deve atender ao disposto na Tabela 4.

Produto	Norma Brasileira	Diâmetro nominal mínimo (mm)	Diâmetro nominal máximo (mm)
Barras/fios de aço CA 50/CA 60	NBR 7480	6,3 (CA 50) 4,2 (CA 60)	20,0 (CA 50) 10,0 (CA 60)
Tela de aço eletrossoldada	NBR 7481	3,4	–
Fios de aço para protensão	NBR 7482	3,0	–
Cordoalhas de aço para protensão	NBR 7483	3 x 3,0	–
Armação treliçada eletrossoldada	Projeto 02: 107.01.004	Diagonal (sinusóide): 3,4 Banzo superior: 6,0 Banzo inferior: 4,2	Diagonal (sinusóide): 7,0 Banzo superior: 12,5 Banzo inferior: 12,5

**Tabela 4 – Aço para utilização em lajes pré-fabricadas**

4.4.2.1 Outras dimensões, desde que superiores à mínima padronizada, poderão ser utilizadas mediante acordo entre fornecedor e comprador.

#### 4.4.3 Vigotas

4.4.3.1 Para todos os tipos de vigotas, adota-se como tolerância dimensional  $b_v$  e  $h_v$   $\pm(5,0)$  mm.

4.4.3.2 Nas vigotas de concreto armado (VC) exige-se a colocação de espaçadores distanciados de no máximo 50,0 cm, com a finalidade de garantir o posicionamento das armaduras durante a concretagem.

#### 4.4.4 Elementos de enchimento

4.4.4.1 Devem ter as dimensões padronizadas estabelecidas na Tabela 5 e na Figura 2, podendo ser maciços ou vazados e compostos de materiais leves, suficientemente rígidos, que não produzam danos ao concreto e às armaduras.

4.4.4.2 Devem ainda ter resistência característica à carga mínima de ruptura de 1,0 kN, suficiente para suportar esforços de trabalho durante a montagem e concretagem da laje. Para os elementos de enchimento com 7,0 e 8,0 cm de altura, admite-se resistência característica para suportar a carga mínima de ruptura de 0,7 kN.

4.4.4.3 A determinação da carga de ruptura deve ser feita conforme os Anexos B e C desta norma.

4.4.4.4 A face inferior deve ser plana, e as laterais devem apresentar abas de encaixe para apoio nas vigotas. Devem manter íntegras as suas características durante a sua utilização bem como devem estar isentos de partes quebradas e de trincas que comprometam o seu desempenho ou que permitam a fuga do concreto complementar (capa e nervuras).

Altura ( $h_n$ ) nominal	7,0 (mínima), 8,0, 9,5, 11,5, 15,5, 19,5, 23,5, 28,5	
Largura ( $b_n$ ) nominal	25,0 (mínima), 30,0 32,0 - 37,0 39,0 40,0 47,0 50,0	
Comprimento (c) nominal	20,0 (mínimo), 25,0	
Abas de encaixe	( $a_n$ )	3,0
	( $a_b$ )	1,5

Tabela 5 – Dimensões padronizadas dos elementos de enchimento (cm)

Altura		
Nominal (cm)	Real (cm)	Tolerância
H7	7,0	+ (2,0) mm
H8	8,0	± (2,0) mm
H10	9,5	± (3,0) mm
H12	11,5	± (3,0) mm
H16	15,5	± (3,0) mm
H20	19,5	± (4,0) mm
H24	23,5	± (4,0) mm
H29	28,5	± (4,0) mm
Largura		
Nominal (cm)	Real (cm)	Tolerância
25	25	+ (3,0) mm
30	30	± (3,0) mm
32	32	± (3,0) mm
37	37	± (4,0) mm
39	39	± (4,0) mm
40	40	± (4,0) mm
47	47	± (5,0) mm
50	50	± (5,0) mm
Comprimento		
Nominal (cm)	Real (cm)	Tolerância
20	20	± (3,0) mm
25	25	± (3,0) mm
Altura do Apoio		
Nominal (cm)	Real (cm)	Tolerância
3,0	3,0	± (1,0) mm
Largura do Apoio		
Nominal (cm)	Real (cm)	Tolerância
1,5	1,5	± (1,0) mm

Tabela 6 – Tolerâncias dimensionais para os elementos de enchimento

Tabela 7 – Tolerâncias dimensionais para os elementos de enchimento de ruptura dúctil (mm)

Devem obedecer ao disposto no projeto da laje, conforme item 5.1, quanto às dimensões e às tolerâncias de fabricação. Para a definição dos parâmetros de inspeção e recepção no tocante a aparência, cantos, cor, rebarbas, textura, ausência de agentes desmoldantes na superfície e assemelhados, o fabricante deve apresentar amostras representativas do material para termo de comparação da qualidade do produto entregue.

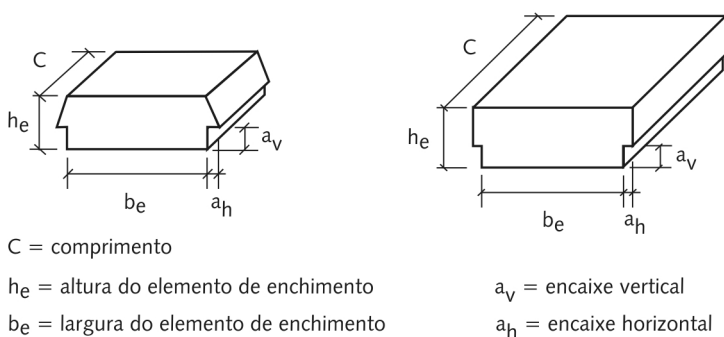


Figura 2 – Elementos de enchimento

4.4.4.6 Elementos de enchimento constituídos por material de ruptura frágil, tais como concreto, cerâmica e concreto celular autoclavado (CCA), devem ter sua carga de ruptura à flexão determinada pelo método de ensaio disposto no Anexo B.

92

Elementos de enchimento constituídos por material de ruptura dúctil, tais como EPS e outros, devem ter sua carga de ruptura à flexão determinada pelo método de ensaio disposto no Anexo C.

4.4.4.7 Outras dimensões dos elementos de enchimento, se superiores à mínima padronizada, poderão ser utilizadas, mediante acordo prévio e expresso entre fornecedor e comprador, desde que atendidas todas as demais disposições desta norma.

4.4.4.8 O lote de elementos de enchimento fornecido deverá estar acompanhado por especificação emitida pelo fabricante, na qual estarão identificadas as suas dimensões nesta ordem: altura, largura e comprimento.

#### 4.4.5 Montagem

A montagem dos elementos pré-fabricados deve obedecer ao disposto no Projeto de execução da laje e no Manual de colocação e montagem da laje quanto ao arranjo físico e às especificações das vigotas pré-fabricadas e dos elementos de enchimento. Devem ser executados:

- a) o nivelamento dos apoios, dentro das tolerâncias de montagem especificadas;
- b) a colocação das armaduras previstas no projeto;
- c) a instalação de passadiços quando necessários para o trânsito de pessoal e transporte de concreto; e
- d) o lançamento, o adensamento e a cura do concreto complementar.

### 5 Condições específicas

#### 5.1 Projeto da laje

O projeto da laje, elaborado por profissionais habilitados é composto de três partes distintas, a saber:

- a) Projeto estrutural da laje;
- b) Projeto de execução da laje; e
- c) Manual de colocação e montagem.

##### 5.1.1 Projeto estrutural da laje

O cálculo e o dimensionamento das lajes (vãos, cargas, dimensões, armaduras e materiais complementares) devem ser elaborados de acordo com as NBRs 6118, 9062, 7197 e com os projetos da obra.

Especial atenção deve ser dispensada à verificação de flechas, levando-se em conta os efeitos de deformação lenta e outros efeitos dependentes do tempo.

O cálculo e o dimensionamento das lajes, apresentados sob a forma de memorial de cálculo, considerando-se as premissas de projeto e os resultados, devem conter:

- a) direção das vigotas;
- b) vinculação de apoios;
- c) vãos;
- d) cargas consideradas conforme 3.6;
- e) dimensões e posicionamento das armaduras complementares;
- f) classe de resistência do concreto complementar;
- g) altura total da laje;
- h) dimensões e materiais constituintes dos elementos de enchimento;

- i) intereixos; e
- j) análise e detalhamento das aberturas de qualquer amplitude na laje, quando couber.

### 5.1.2 Projeto de execução da laje

Documento que deve acompanhar a entrega dos produtos e contemplando o seguinte:

- a) altura total da laje e da capa de concreto complementar;
- b) distanciamento entre escoras e quantidade de linhas de escoramento;
- c) quantidade, comprimento, localização e direção das vigotas pré-fabricadas;
- d) especificação e posicionamento dos elementos de enchimentos;
- e) contraflechas;
- f) disposição e especificação das nervuras de travamento (NT);
- g) quantidade, especificação e disposição das armaduras complementares;
- h) classe de resistência do concreto complementar;
- i) previsão de consumo de concreto e aço complementar por m<sup>2</sup> da laje;
- j) altura total da vigota pré-fabricada;
- k) cargas consideradas, conforme 3.6;
- l) peso próprio;
- m) detalhamento de apoios e ancoragem das vigotas; e
- n) prazo e forma de retirada do escoramento.

### 5.1.3 Manual de colocação e montagem

Documento que deve conter as informações que orientem a execução do projeto da laje na obra, complementado pelo documento especificado no item 5.1.2.

Recomendações especiais devem ser feitas quanto às interferências das instalações hidráulicas, elétricas e de utilidades em geral com a estrutura da laje.

94

## 5.2 Espaçamento entre linhas de escoramento

O espaçamento entre linhas de escoramento deve ser determinado no projeto de execução da laje, considerando-se o tipo de vigota e as cargas na fase de montagem e concretagem.

## 5.3 Capa

Será considerada como parte resistente se sua espessura for no mínimo igual a 3,0 cm. No caso da existência de tubulações, a espessura mínima da capa de com-

pressão acima destas será de no mínimo 2,0 cm, complementada quando necessário, com armadura adequada à perda da seção resistente, observados os limites estabelecidos na Tabela 8.

Altura total da laje	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	16,0	17,0	20,0	21,0	24,0	25,0	29,0	30,0	34,0
Espessura mínima da capa resistente	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	5,0

Tabela 8 – Capa mínima resistente para as alturas totais padronizadas (cm)

#### 5.4 Vigotas e nervuras

As vigotas devem ter uma largura mínima tal que permita, quando montadas em conjunto com os elementos de enchimento, a execução das nervuras de concreto complementar com largura mínima **equivalente** a 4,0 cm e atendendo ao disposto na NBR 6118.

#### 5.5 Armadura longitudinal

A armadura longitudinal deve ser distribuída uniformemente pelas vigotas, e pelo menos 50% da seção da armadura deve ser mantida até os apoios, obedecendo ao disposto na NBR 6118.

#### 5.6 Armadura de distribuição

Deve haver uma armadura de distribuição descrita em 3.1.3.c, colocada na capa de concreto complementar, com seção de no mínimo 0,9 cm<sup>2</sup>/m para aços CA 25 e de 0,6 cm<sup>2</sup>/m para os aços CA 50 e CA 60, contendo pelo menos três barras por metro, conforme o descrito na Tabela 9.

Aço	Área mínima	Nº de barras/m	
		Ø 5,0 mm	Ø 6,3 mm
CA 25	0,9 cm <sup>2</sup> /m	5	3
CA 50, CA 60	0,6 cm <sup>2</sup> /m	3	3

Tabela 9 – Área mínima e quantidade de armadura de distribuição

## 5.7 Marcação

Todas as vigotas deverão ter marcação que identifique o fabricante e sua correlação com o projeto.

## 6 Inspeção

### 6.1 Inspeção geral

Considera-se como lote de fornecimento todo o conjunto de componentes para lajes pré-fabricadas entregues na obra, correspondentes a até 200 m<sup>2</sup>, para cada produto.

Em todas as obras, os componentes da laje pré-fabricada deverão ser submetidos à inspeção geral pelo comprador ou por seu representante, para verificação de suas características, observando-se o disposto nesta norma, além de se verificar a compatibilidade geométrica entre as vigotas e os elementos de enchimento para utilização conjunta e a compatibilidade das características dos componentes entregues com o que foi especificado no projeto da laje.

### 6.2 Inspeção por ensaios

Para obras que apresentem pelo menos uma das seguintes características: a) mais que 200 m<sup>2</sup>; b) vão superior a 6,0 m; c) carga acidental superior a 5,0 kN/m<sup>2</sup> em laje pré-fabricada, submeter um conjunto apoiado de 2 (duas) vigotas e seus correspondentes elementos de enchimento na combinação de vão entre linhas de escoramento, altura total e intereixo mais desfavorável da obra, a fim de verificar se o conjunto suporta a sobrecarga de trabalho sem apresentar fissuras e deformações inadmissíveis, definidas pelo projeto. Esse ensaio se repetirá sempre que mude o fabricante ou o aspecto dos componentes fornecidos. Os ônus dos ensaios ficam às expensas do comprador (ver Anexo A).

Todos os materiais complementares (concreto e aço) deverão atender às respectivas normas técnicas.

Mediante acordo expresso entre comprador e fornecedor, qualquer fornecimento diferente, sem as características anteriormente estabelecidas, deverá ser submetido aos respectivos ensaios previstos em norma.



É facultada ao comprador a dispensa de executar o ensaio dos componentes.

### 6.2.1 Elementos de enchimento

Do lote de elementos de enchimento correspondente ao estabelecido no item 6 desta norma, deve-se retirar aleatoriamente uma peça para ensaio, conforme item 4.4.3.2. Após submetida a ensaio e tendo a peça atingido o limite mínimo para resistência característica à carga de ruptura estabelecido por esta norma, considerar-se-á o lote aprovado. No caso de a peça submetida a ensaio romper-se antes de atingir o limite mínimo de ruptura estabelecido, serão retiradas aleatoriamente mais peças para novo ensaio. Nesse segundo ensaio, as três peças deverão atingir o limite mínimo de ruptura estabelecido para que o lote seja aprovado.

## 7 Aceitação e rejeição

Os componentes que não atenderem ao item 6.1 serão retirados do lote e substituídos.

Se, quando submetido ao disposto no item 6.2.a, o conjunto de componentes não atender às condições mínimas exigidas, o lote deverá ser submetido à contraprova nas mesmas condições. No caso de novo não atendimento às condições mínimas, o lote será rejeitado.

Se, quando submetido ao disposto no item 6.2.b, a laje acabada não atender às condições mínimas estabelecidas em projeto, ela será rejeitada, sendo a responsabilidade do fornecedor limitada aos componentes e às especificações por ele fornecidos.

## **ANEXO A (normativo)**

### **ANEXO A - Verificação da resistência à carga de trabalho – Método de ensaio**

#### **A.1 Objetivo**

Este anexo estabelece o método de ensaio para verificação na obra da resistência do conjunto vigotas, elementos de enchimento e materiais complementares à carga de trabalho prevista.

## A.2 Procedimento

Submeter um conjunto apoiado de duas vigotas e seus correspondentes elementos de enchimento na combinação de vão entre linhas de escoramento, altura total e intereixo mais desfavorável da obra, a fim de verificar se o conjunto suporta a carga de trabalho sem apresentar fissuras e deformações inadmissíveis, definidas pelo projeto. Este ensaio se repetirá sempre que se mudem o fabricante ou o aspecto dos componentes fornecidos.

Mediante acordo expresso entre comprador e fornecedor, qualquer fornecimento diferente das características anteriormente estabelecidas poderá ser submetido a essa inspeção por ensaio.

## ANEXO B (normativo)

### ANEXO B – Determinação da carga de ruptura à flexão para elemento de enchimento de ruptura frágil – Método de ensaio

#### B.1 Objetivo

Este anexo prescreve o método para determinação da carga de ruptura à flexão de elementos de enchimento de ruptura frágil, tais como:

- cerâmica;
- concreto; e
- CCA (concreto celular autoclavado).

#### B.2 Aparelhagem

**B.2.1** Prensa para ensaio de flexão ou outro dispositivo que possibilite a aplicação de carga de modo progressivo e sem golpes, devendo possuir dinamômetro com resolução igual ou inferior a 10 N para leitura da carga de ruptura e para controle da velocidade de aplicação da carga.

**B.2.2** Dois apoios cilíndricos de aço, com diâmetro de  $(10 \pm 1)$  mm e comprimento nivelados e revestidos com tira de feltro ou papelão nas geratrizes em contato com o bloco.

**B.2.3** Os apoios devem ser articulados, permitindo rotação na direção do comprimento do corpo-de-prova, sendo a distância entre eles regulável. O eixo de cada apoio deve coincidir com o eixo de cada aba lateral do bloco cerâmico.

**B.2.4** Um cutelo superior de aço, prismático, com largura de 70 mm e comprimento igual ou superior ao comprimento do bloco a ser submetido a ensaio, com rigidez necessária para transmitir a carga por toda a extensão do corpo-de-prova.

**B.2.5** O prato superior da prensa deve ser articulado de forma a permitir rotação na direção do comprimento do corpo-de-prova, e o cutelo deve ser revestido com feltro ou papelão na face em contato com o corpo-de-prova.

### **B.3** Corpos-de-prova

**B.3.1** Cada corpo-de-prova é constituído por um bloco cerâmico inteiro e isento de defeitos.

**B.3.2** Tomar as dimensões do bloco na umidade ambiente.

**B.3.3** Imergir o corpo-de-prova em água potável durante 24 horas; após este intervalo de tempo apoiá-lo sobre os apoios cilíndricos de aço, nas condições já descritas.

**B.3.4** Posicionar o cutelo prismático superior a meia distância entre os apoios.

**B.3.5** Aplicar a carga progressivamente sem golpes, com velocidade de carregamento da ordem de 50 N/s, até a ruptura do corpo-de-prova. Adicionar à carga de ruptura registrada o peso próprio do cutelo superior.

**B.3.6** Após a ruptura, medir a espessura das paredes do bloco cerâmico na seção fraturada (parede horizontal superior, parede horizontal inferior e paredes internas quando atingidas pela ruptura).

**B.3.6.1** As espessuras devem ser determinadas com paquímetro com resolução de 0,01 mm. Como espessura de cada parede deve-se considerar a média aritmética de três determinações, com arredondamento para décimo de milímetro.

### **B.4** Relatório do ensaio

**B.4.1** O documento técnico contendo os resultados dos ensaios deve consignar:

- a) a identificação do solicitante;
- b) a identificação do fabricante;
- c) a identificação do responsável pelo ensaio;
- d) a identificação do lote;
- e) a data do ensaio;

- f) a referência a esta norma;
- g) o tipo e classificação do bloco cerâmico para laje pré-fabricada; e
- h) o desenho esquemático da seção transversal dos blocos, identificando suas respectivas dimensões lineares (largura, espessura, etc.).

**B.4.2** Para cada corpo-de-prova individual devem ser registradas:

- a) as dimensões lineares (comprimento, espessura das paredes, etc.);
- b) a distância entre os eixos dos cutelos de apoio;
- c) a carga de ruptura expressa em kgf (arredondado para número inteiro); e
- d) a espessura média das paredes externas e internas do bloco na seção fraturada (espessura arredondada para décimo de milímetro).

## **ANEXO C (normativo)**

### **ANEXO C - Determinação da carga de ruptura a flexão para elemento de enchimento de ruptura dúctil - Método de ensaio**

#### **C.1 Objetivo**

Este anexo estabelece o método de ensaio para determinação da resistência característica dos elementos de enchimento de ruptura dúctil, tais como EPS.

#### **C.2 Aparelhagem**

**C.2.1** O dispositivo deve simular a montagem de lajes, com dois apoios reguláveis horizontalmente, para permitir a colocação de corpos-de-prova com as dimensões máximas de comprimento e largura igual a 500 mm, e altura igual a 300 mm. A resistência dos apoios deve ser igual ou superior a das vigotas ou vigas treliçadas normalmente utilizadas nas lajes.

**C.2.2** O dispositivo ser provido de uma base rígida de 200 mm x 75 mm, simulando um calçado, e deverá ter movimento vertical, exercendo uma carga sobre o corpo-de-prova.

**C.2.3** A carga exercida pela sapata sobre o corpo-de-prova deve ser lida durante o ensaio, com aplicação controlada.

C.2.4 O curso do movimento deve ter regulagem para permitir a colocação de corpos-de-prova cujas alturas são definidas nos projetos das lajes.

### C.3 Corpos-de-prova

Qualquer peça em EPS, conforme especificado nos itens: (vide texto do projeto da norma), porém com o comprimento de 500 mm.

### C.4 Procedimentos para execução do ensaio

C.4.1 De um lote de fornecimento, correspondente a no máximo 200 m<sup>2</sup> de laje, retirar aleatoriamente uma peça identificando-a e numerando-a.

C.4.2 Posicionar o corpo-de-prova sobre os apoios reguláveis, de tal forma que o centro da sapata fique afastado  $150 \pm 5$  mm de duas faces verticais não paralelas, observando que o sentido do comprimento desta deve ficar paralelo ao sentido do comprimento do corpo-de-prova.

C.4.3 Aplicar a carga progressivamente até que ocorra a ruptura do corpo-de-prova, anotando o valor em kN.

C.4.4 Os valores das cargas de ruptura são definidos como:

C.4.4.1 mínimo de 0,7 kN para elementos com altura até 79 mm;

C.4.4.2 mínimo de 1,0 kN para elementos com altura acima de 80 mm.

C.4.5 O lote será considerado aprovado se o valor da carga de ruptura for igual ou superior ao mínimo.

C.4.6 Se o valor da carga de ruptura for inferior ao mínimo, o ensaio deve ser repetido em outras três peças retiradas aleatoriamente do lote.

C.4.7 O lote será considerado aprovado se os três valores forem iguais ou superiores ao valor mínimo.

C.4.8 Se um dos três valores for menor que o valor mínimo, o lote será considerado rejeitado.

## C.5 Relatório de ensaio

No relatório de ensaio deverão constar expressamente as seguintes informações:

- a) nome do fornecedor;
- b) identificação comercial do produto;
- c) documento de identificação e quantidade do lote;
- d) valor das cargas de ruptura do ensaio;
- e) resultado (lote aprovado ou rejeitado);
- f) identificação do solicitante do ensaio;
- g) identificação do responsável pelo ensaio;
- h) data do ensaio; e
- i) referência a esta norma.

## ANEXO D (normativo)

### ANEXO D – Medição de desníveis localizados na face inferior de lajes pré-fabricadas – Método de ensaio

#### D.1 Objetivo

Este anexo estabelece o método de ensaio para a medição de desníveis localizados, ocorrentes na face inferior da laje pré-fabricada, após a sua concretagem, visando à verificação da sua condição prévia para aplicação de revestimento.

#### D.2 Aparelhagem

D.2.1 Uma régua de alumínio de seção retangular 50 mm x 100 mm, com comprimento igual ao intereixo da laje.

D.2.2 Um calibrador afilado, com capacidade de medida até 15 mm e precisão de 0,1 mm.

#### D.3 Amostragem

São consideradas as seguintes condições:

- a) áreas de até 10 m<sup>2</sup>: são consideradas como lote no qual são executadas duas medidas de desnível;

- b) áreas entre 10 m<sup>2</sup> e 100 m<sup>2</sup>: são consideradas como lote no qual são executadas quatro medidas de desnível; e
- c) áreas superiores a 100 m<sup>2</sup>: cada lote é considerado como tendo no máximo 500 m<sup>2</sup>, e em cada um são executadas oito medidas de desnível.

#### **D.4 Procedimentos para execução do ensaio**

**D.4.1** Procede-se à divisão das áreas a serem verificadas, conforme a amostragem definida no item C.4, determinando-se visualmente os pontos a serem medidos. Não será considerada válida mais de uma medida executada no mesmo intereixo. No caso dessa ocorrência, será considerada a mais alta delas.

**D.4.2** Aplica-se a régua sob a superfície inferior da laje, com as suas extremidades sobre o eixo de duas vigotas contíguas, em posição ortogonal a elas.

**D.4.3** Introduce-se o calibrador afilado no maior vão existente entre a vigota e o plano inferior da laje, procedendo-se à sua leitura.

#### **D.4.4 Aceitação**

O lote terá aceitação automática quando 25% ou menos das leituras efetuadas no lote apresentarem medidas superiores às preconizadas na norma 02:107.01-001 “Laje Pré-fabricada”, e estas não podem exceder o valor absoluto de duas vezes o admitido por norma.

No caso de não-aceitação, serão permitidos serviços complementares na superfície inferior, após os quais serão efetuadas novas medidas do lote.

#### **D.4.5 Tolerâncias de acabamento da face inferior**

São consideradas duas condições de acabamento da face inferior da laje pré-fabricada:

Acabamento com gesso: são admitidos desníveis localizados de até 3 mm, sendo tolerados desníveis de 6 mm em 25% das medidas tomadas, conforme o anexo normativo.

Acabamento com argamassa de cimento Portland: são admitidos desníveis localizados de até 6 mm, sendo tolerados desníveis de até 12 mm em 25% das medidas tomadas, conforme o anexo normativo.

## D.5 Relatório de ensaio

No relatório de ensaio deverão constar expressamente as informações:

- a) nome do fornecedor;
- b) identificação comercial do produto;
- c) documento de identificação e quantidade do lote;
- d) valor dos desníveis medidos;
- e) resultado (lote aprovado ou rejeitado);
- f) identificação do solicitante do ensaio;
- g) identificação do responsável pelo ensaio;
- h) data do ensaio; e
- i) referência a esta norma.



# Laje pré-fabricada

## Parte 2: Lajes bidirecionais - Especificação sistema vigota-bloco

Origem:

CB-02 Comitê Brasileiro da Construção

CE-02:107.01

NBR

Descriptors:

Válida a partir de

Palavras-chave: Laje pré-fabricada

11 páginas

## Sumário

### Parte 2: Lajes bidirecionais

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Condições gerais

## Objetivo

Esta norma fixa as condições exigíveis para o recebimento e para a utilização de componentes de lajes pré-fabricadas (vigotas, elementos de enchimento e demais complementos adicionados à obra) a serem empregados na execução de estruturas laminares nervuradas unidirecionais (Parte 1) e bidirecionais (Parte 2), para qualquer tipo de edificação, de acordo com a NBR 6118 e a NBR 7197.

## Laje pré-fabricada

### Pré-laje

## Parte 1: Lajes unidirecionais - Especificação

Origem:

CB-02 Comitê Brasileiro da Construção

CE-02:107.01

NBR

Descriptors:

Válida a partir de

Palavras-chave: Pré-laje

13 páginas

## Sumário

Prefácio

1 Objetivo

2 Referência normativa

3 Definições

4 Condições gerais

5 Condições específicas

6 Inspeção

7 Aceitação e rejeição

## Objetivo

Esta norma fixa as condições exigíveis para o recebimento e para a utilização de componentes de pré-lajes (pré-lajes, elementos de enchimento e demais complementos adicionados à obra) a serem empregados na execução de estruturas laminares maciças e nervuradas unidirecionais (Parte 1) e bidirecionais (Parte 2), para qualquer tipo de edificação, de acordo com as NBR 6118 e a NBR 7197.

## Laje pré-fabricada

### Pré-laje

## Parte 2: Lajes bidirecionais - Especificação

Origem:

CB-02 Comitê Brasileiro da Construção

CE-02:107.01

NBR

Descriptors:

Válida a partir de

Palavras-chave: Pré-laje

11 páginas

### Sumário

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Condições gerais

5 Condições específicas

6 Inspeção

7 Aceitação e rejeição

107

### Objetivo

Esta norma fixa as condições exigíveis para recebimento e utilização de componentes de pré-lajes (pré-lajes, elementos de enchimento e demais complementos adicionados à obra) a serem empregados na execução de estruturas laminares maciças e nervuradas unidirecionais (Parte 1) e bidirecionais (Parte 2), para qualquer tipo de edificação, de acordo com a NBR 6118 e a NBR 7197.

# Laje pré-fabricada

## Laje tipo painel alveolar de concreto protendido - Especificação

Origem:

CB-02 Comitê Brasileiro da Construção

CE-02:107.01

NBR

Descriptors:

Válida a partir de

Palavras-chave: Laje pré-fabricada

6 páginas

### Sumário

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Condições gerais

5 Condições específicas

6 Inspeção

7 Aceitação e rejeição

### Objetivo

Esta norma fixa as condições exigíveis para recebimento e utilização de lajes tipo painel alveolar de concreto protendido e demais complementos adicionados à obra a serem empregados na execução de estruturas laminares nervuradas unidirecionais para qualquer tipo de edificação, de acordo com a NBR 6118 e a NBR 7197.

# Requisitos para armações treliçadas

Origem:

CB-02 Comitê Brasileiro da Construção

CE-02:107.01

NBR

Descriptors:

Válida a partir de

Palavras-chave: Treliça. Armação

10 páginas

## Sumário

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Condições gerais

5 Condições específicas

6 Inspeção e ensaios

7 Aceitação e rejeição

## Objetivo

Esta norma fixa os requisitos mínimos para especificação, fabricação, fornecimento e recebimento de armações treliçadas eletrossoldadas.

**Humberto Ramos Roman** é engenheiro civil (1980) e mestre (1983) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor (1990) pela University of Sheffield, Inglaterra. Membro do British Masonry Society desde 1993, do International Council for Building Research Studies (CIB) desde 1997. Colaborador da Universidade do Minho, Portugal, desde 1999. É professor adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desde 1992. Atua nas áreas de Alvenaria Estrutural e Processos Construtivos. Atualmente é supervisor do Laboratório de Materiais de Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil e coordenador do Grupo de Desenvolvimento de Sistemas em Alvenaria (GDA).

E-mail: [humberto@ecv.ufsc.br](mailto:humberto@ecv.ufsc.br)

**Orestes E. Alarcon** é engenheiro metalúrgico (1972) na Universidade Federal Fluminense (UFF). Fez mestrado (1985) e doutorado (1988) em Engenharia Mecânica Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atua nas áreas de Propriedades Mecânicas dos Metais e Ligas e Materiais Cerâmicos. É pesquisador Bolsista do CNPq.

E-mail: [orestes@materiais.ufsc.br](mailto:orestes@materiais.ufsc.br)

**Denise Antunes da Silva** é engenheira civil (1989) e mestre (1993) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutora em 2001 em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atua nas áreas de Materiais e Componentes de Construção e Cerâmica. É professora da UFSC desde 1996.

E-mail: [denise@ecv.ufsc.br](mailto:denise@ecv.ufsc.br)

**Leslie Maria Finger Roman** é engenheira civil Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, e mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Foi professora substituta no Departamento de Engenharia Sanitária e na Escola de Engenharia da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). Atualmente trabalha na área de certificação de produtos e sistemas da construção civil, assumindo o cargo de Gerente de Certificação da Certificadora Habitat. É doutoranda do Programa de pós-graduação do Departamento de Engenharia de Produção, na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), desenvolvendo tese no tema Gestão da Qualidade e Produtividade.

E-mail: [leslie@habitat.org.br](mailto:leslie@habitat.org.br)

**André Matte Sagave** é engenheiro civil (1997) pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e mestre (2001) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). É professor do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) desde 1999. Atualmente é coordenador dos Laboratórios do Curso de Engenharia Civil da UNIVALI. Atua nas áreas de Materiais e Componentes de Construção.

E-mail: [sagave@cttmar.univali.br](mailto:sagave@cttmar.univali.br)

# 7.

## Desenvolvimento de técnicas de avaliação e critérios de desempenho de materiais e componentes da Construção

Humberto Ramos Roman, Orestes Alarcon, Denise Antunes da Silva, Leslie Maria Finger Roman e André Mate Segave

### 1 Introdução

A área de revestimentos cerâmicos tem carências de normas, tanto na avaliação das propriedades mecânicas deles quanto nas especificações para os processos de assentamento, responsáveis pelo desempenho e durabilidade de paredes e pisos revestidos com cerâmica.

O NPC e o LabMat têm desenvolvido grande número de pesquisas nessa área, visando à avaliação de normas existentes, assim como à criação de métodos de ensaios e coleta de dados de desempenho de sistemas de revestimentos que possam auxiliar na elaboração de novas normas e na reformulação das normas existentes.

Através do convênio FINEP HABITARE 78.98.0141.00 foram desenvolvidas pesquisas nos seguintes temas:

1. estudo da durabilidade da aderência de revestimentos cerâmicos;
2. desenvolvimento de aparato de ensaio de cisalhamento para sistemas de revestimentos cerâmicos;
3. desenvolvimento de metodologia de ensaio para avaliação da consistência de argamassas colantes nos estados frescos;

4. desenvolvimento de ensaio de resistência à abrasão superficial e de resistência de risco de cerâmicas de revestimento; e
5. desenvolvimento de ensaio de resistência ao escorregamento (coeficiente de atrito) de pisos cerâmicos.

Os resultados detalhados desse convênio podem ser vistos na *homepage* do Infohab/Habitare, em <http://habitare.infohab.org.br/habitare.htm>. Apresenta-se aqui um resumo dos resultados obtidos.

## 2 Aderência de revestimentos cerâmicos – Estudo da durabilidade

### 2.1 Objetivos

O objetivo geral do trabalho foi o estudo da durabilidade da aderência de revestimentos cerâmicos e o desenvolvimento de metodologia para estimativa da vida útil das argamassas colantes.

O trabalho objetivou, ainda, a avaliação da durabilidade de sistemas de revestimentos cerâmicos com placas de grandes dimensões aplicadas com junta seca.

### 2.2 Metodologia de ensaio

#### A) Materiais

Painéis de 91 cm x 91 cm, revestidos com peças cerâmicas de dimensões 45 cm x 45 cm ou 9 cm x 13 cm, foram definidos para simular paredes reais. Alguns painéis foram executados em alvenaria de blocos cerâmicos de vedação de dimensões 19,5 cm x 14 cm x 10 cm, como mostra a Figura 1. Sobre a alvenaria foi aplicada uma camada de argamassa de emboço, com espessura média de 2 cm e traço em volume de areia seca de 1:2:6. As peças cerâmicas foram coladas no painel com argamassa do tipo AC-II (NBR 14081:1998). Nos painéis rejuntados foi utilizada argamassa de rejunte industrializado flexível para fachada, na espessura de 6 mm.

Foram também confeccionados oito painéis em concreto armado, nas mesmas dimensões planas que os anteriores, e de espessura igual a 3 cm. Peças cerâmicas de seção quadrada, com aresta igual a 5 cm, foram aplicadas, conforme determinação da norma brasileira NBR 14082:1998. Foram usados dois tipos diferentes de argamassa colante: AC-I e AC-II, denominações segundo a norma brasileira NBR 14081:1998. Em quatro painéis foi usada argamassa colante do tipo AC-I, e nos restantes foi utilizada argamassa colante AC-II.



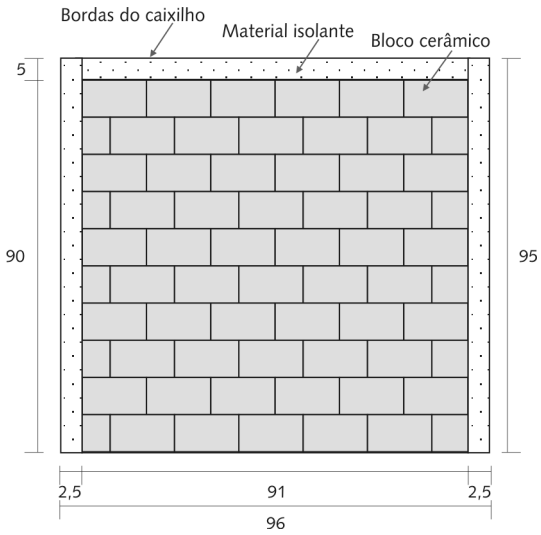


Figura 1 – Substrato em alvenaria

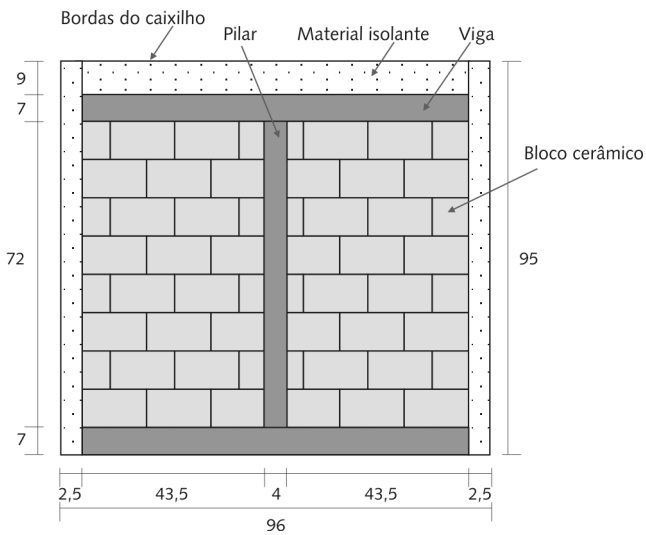


Figura 2 – Substrato misto

## B) Ensaio de durabilidade de aderência

### B.1) Ensaios climáticos

Após 28 dias, os painéis executados foram submetidos a ensaios climáticos acelerados. Convém salientar que não existe nenhuma norma nacional ou internacional que regule esses ensaios. O painel a ser ciclado foi colocado em um caixilho metálico encaixado na porta de uma câmara climática (FITOCLIMA 1500EDTU20 da Aralab), com a face revestida voltada para o seu interior. Essa face foi, então, submetida a ciclos de temperatura e umidade, através de variações controladas no interior da câmara, sendo a face não revestida submetida às condições ambientais do laboratório.

Os números de ciclos programados foram de 120, 240 e 360 ciclos. A Figura 3 esquematiza os ciclos de temperatura aplicados, e o ciclo de variação da umidade é esquematizado na Figura 4, sendo 60% e 98% os valores mínimo e máximo, respectivamente. Os valores-limite foram estabelecidos de forma a simular condições de clima úmido para temperaturas máximas, e de clima seco para as temperaturas mínimas, estabelecendo-se, assim, as condições extremas de dilatação térmica e contração higroscópica, respectivamente.

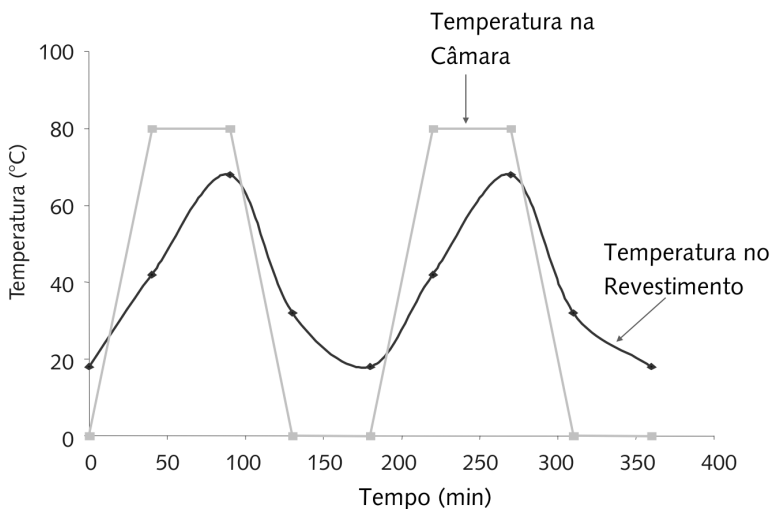


Figura 3 – Variação da temperatura no interior da câmara climática e na superfície do revestimento cerâmico, durante programa de ciclagem

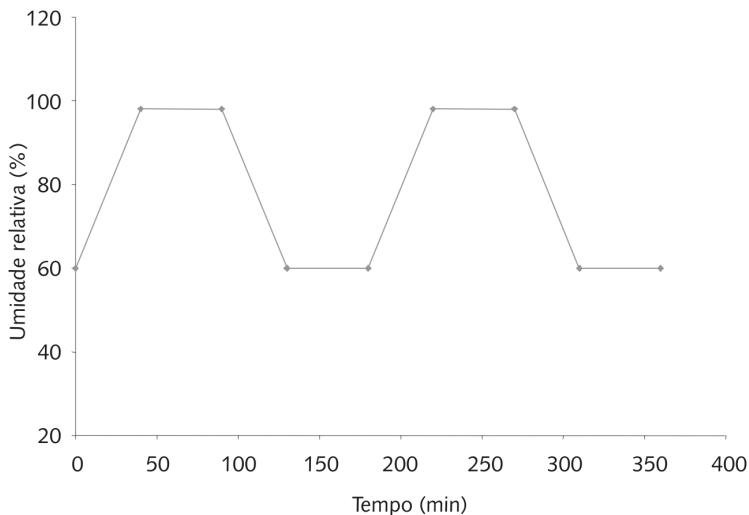


Figura 4 – Variação da umidade relativa do ar no interior da câmara de ensaio, durante programa de ciclagem

Valores de temperatura e deformação foram obtidos em diversos pontos do sistema, através da instalação de termopares e extensômetros elétricos (*strain gauges*).

## B.2) Ensaio de aderência por arrancamento

Os ensaios de arrancamento das peças cerâmicas assentadas nos painéis de concreto seguiram as recomendações da NBR 14084.

## 2.3 Resultados

Os principais resultados obtidos são apresentados a seguir.

### 2.3.1 Ensaio de durabilidade

A figura 5 mostra os picos de deformações registrados, ao longo do programa de ciclagem, para os painéis assentados utilizando o sistema tradicional (com rejunte) e o sistema junta seca, na interface entre o tardo e a argamassa colante. Pode-se observar que, quando o sistema é resfriado, as deformações parecem não sofrer influência do tipo de assentamento. Por outro lado, o aquecimento produz uma maior expansão no painel assentado com junta seca do que naquele assentado usando-se o sistema tradicional.

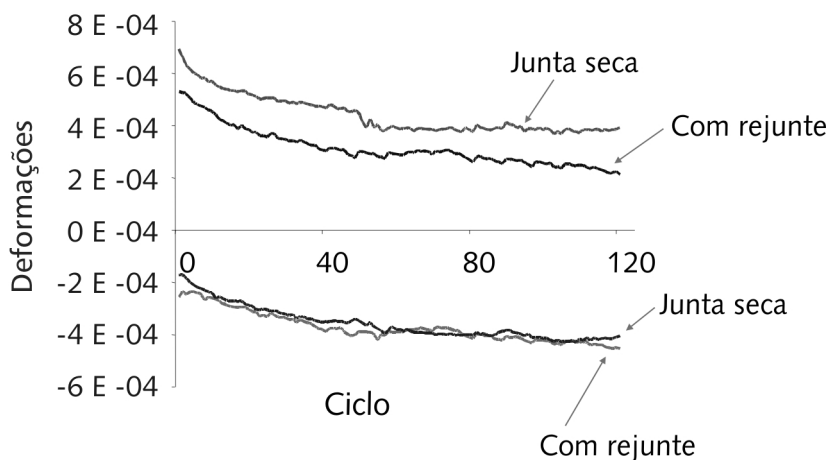


Figura 5 – Deformações máxima e mínima registradas na interface do tarso com argamassa colante nos painéis assentados com peças de dimensão 9 cm x 13 cm

A amplitude das deformações registradas, em cada ciclo, foi maior para o sistema junta seca que para o sistema tradicional, como pode ser visto na Figura 6. Essa maior amplitude no sistema junta seca ocorreu em função dos maiores valores de deformação quando do acréscimo de temperatura.

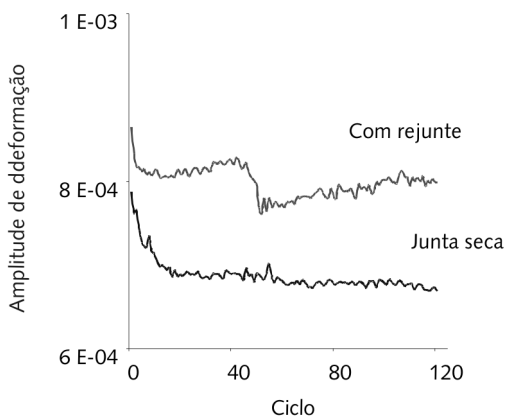


Figura 6 – Amplitude da deformação registrada na interface do tarso com argamassa colante, nos painéis assentados com peças de dimensão 9 cm x 13 cm

### 2.3.2 Ensaio de arrancamento

A resistência ao arrancamento depende do tipo de argamassa colante utilizada, como mostra a Tabela 1.

	Resistência Média ao Arrancamento (MPa)
Substrato padrão: argamassa AC-I	1,045
Substrato padrão: argamassa AC-II	1,520

Tabela 1 – Resistência média ao arrancamento obtida em ensaios sobre os painéis de concreto

As altas temperaturas e umidades, empregadas durante a primeira metade de cada ciclo, parecem ter beneficiado o desempenho do sistema cerâmico, revestido com placas de dimensões 9 cm x 13 cm. Foi observado aumento na resistência ao arrancamento para a maioria dos painéis ciclados durante 120 ciclos, como mostra a Tabela 2. Porém, verificou-se que, após os 120 ciclos, a resistência volta a diminuir. Para conclusões mais definitivas, deverão ser realizados ensaios com maior número de ciclos.

Substrato	Dimensão placas cerâmicas (cm)	Sistema de Assentamento	Resistência Média ao Arrancamento (Mpa)		
			Sem ciclagem	120 ciclos	240 ciclos
Cerâmico	9 x 13	Tradicional	0,87	1,27	-
		Junta Seca	1,37	1,62	1,53
	45 x 45	Tradicional	1,15	1,04	-
		Junta Seca	1,01	0,92	-
Misto	9 x 13	Tradicional	0,93	1,44	-
		Junta Seca	1,01	1,47	-

Tabela 2 – Resistência média obtida dos ensaios de arrancamento

Nos painéis revestidos com peças de maior dimensão, 45 cm x 45 cm, observou-se o inverso, a resistência ao arrancamento diminuiu após 120 ciclos. Nesses painéis o beneficiamento da hidratação da argamassa colante parece não ter auxiliado nas condições de aderência do sistema. A forma de ruptura pode ser a responsável por essa diferença. Nos primeiros painéis, a ruptura ocorreu na superfície da cola ou na interface desta com o emboço. Para os painéis onde foram utilizadas placas cerâmicas maiores, observou-se a ocorrência de ruptura na interface entre o tardoz e

a argamassa colante, retratando uma maior fragilidade dessa ligação para esses painéis. Portanto, o beneficiamento experimentado pelas camadas formadas por materiais cimentícios não influenciou no desempenho do sistema como um todo. Para o painel revestido com placas de 45 cm de lado, assentadas por meio do sistema tradicional, não houve diferença significativa entre as médias das resistências antes e depois da ciclagem.

A escolha do sistema junta seca não parece ter influenciado estatisticamente a resistência ao arrancamento para os painéis e número de ciclos testados.

## **3 Desenvolvimento de aparato para ensaio de cisalhamento de sistemas de revestimento cerâmico**

### **3.1 Objetivo**

A norma brasileira prevê a realização de ensaios de arrancamento à tração para avaliação da resistência de sistemas de revestimento. No entanto, sabe-se que as principais tensões atuantes nas interfaces dos sistemas são tensões de cisalhamento. Além disso, a variabilidade dos ensaios de tração é bastante alta e o número de ensaios necessários para a obtenção de resultados significativos torna-se elevado.

Pelas razões acima, buscou-se o desenvolvimento de um aparato e de uma metodologia para realização de ensaios de cisalhamento.

O método de ensaio é descrito abaixo.

### **3.2 Desenvolvimento do método de ensaio**

Adotou-se o substrato padrão de concreto, conforme indicado pela norma técnica para ensaios de aderência por tração, NBR 14082:1998.

118

Quanto ao tamanho das cerâmicas a serem submetidas a ensaio, adotaram-se, inicialmente, peças quadradas, com 5 cm, e, posteriormente, peças retangulares, com altura de 8 cm e largura de 4 cm, com a finalidade de estudar a influência da forma dos corpos-de-prova nos resultados dos ensaios de cisalhamento.

#### **3.2.1 Confecção de suporte para substrato**

Optou-se pela utilização do mesmo equipamento utilizado nos ensaios de arrancamento para a realização do ensaio de cisalhamento. A utilização desse equipamento permitiu uma melhor comparação entre os métodos.

Entretanto, para a utilização desse equipamento, no método de ensaio para cisalhamento, foi necessário o desenvolvimento de um suporte que mantivesse o substrato de concreto em posição vertical. Deveria, ainda, permitir a fixação do substrato padrão, de forma que o movimento do pistão da máquina de arrancamento se movimentasse em sentido paralelo à superfície de colagem da peça cerâmica sobre o substrato.

O suporte ainda deveria garantir a estabilidade do substrato durante o processo de aplicação da carga, impedindo sua movimentação em todas as direções, como mostra a Figura 7.

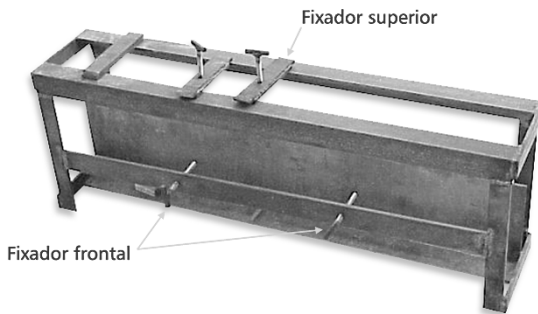


Figura 7 – Suporte metálico para ensaio de cisalhamento

### 3.2.2 Desenvolvimento de metodologia para aplicação de carga ao corpo-de-prova

Determinados o tipo de substrato, o equipamento a ser utilizado para execução do ensaio e a maneira de fixação do substrato ao suporte desenvolvido, procedeu-se ao desenvolvimento de método de aplicação da carga à peça cerâmica. Assim, para os corpos-de-prova com dimensões de 5 cm x 5 cm, foi confeccionado um caixilho com dimensões internas de 6 cm x 6 cm, o qual foi inicialmente conectado ao equipamento de arrancamento. O aparato pronto para ensaio pode se visto nas Figuras 8 e 9.

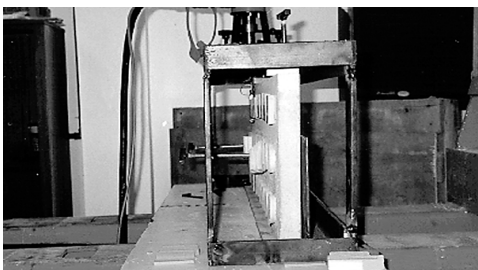


Figura 8 – Substrato fixado ao suporte, pronto para o ensaio

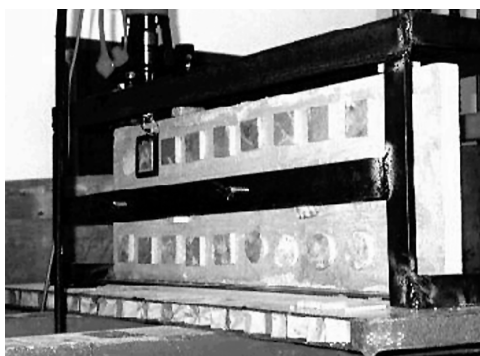


Figura 9 – Substrato fixado ao suporte, com caixilho metálico posicionado na cerâmica de teste

### 3.2.3 Programa experimental para avaliação do método de ensaios

Para estudo e avaliação do ensaio, foi desenvolvido um programa experimental dentro da pesquisa que avaliava a durabilidade de aderência de revestimentos cerâmicos. Neste trabalho foram submetidas a ensaio peças cerâmicas coladas em substratos padrão de concreto, os quais foram submetidos a ciclos climáticos, em condições idênticas às dos painéis de alvenaria.

Nessas condições, foram executados conjuntos de 120 ciclos com duração de três horas cada. As temperaturas médias máximas, medidas na face interna dos painéis, ficaram em torno de 68 °C, e as médias mínimas, em torno de 18 °C.

Foram moldados painéis comparadores, os quais foram submetidos a ensaio com idade de 43 dias, equivalentes à soma do período de cura (28 dias), com o período de 120 ciclos (15 dias). Esses painéis foram mantidos em ambiente de laboratório até a data de ensaio.

O comportamento das resistências de aderência para cada tipo de ensaio e para cada tipo de argamassa pode ser visto nas Figuras 10 e 11.

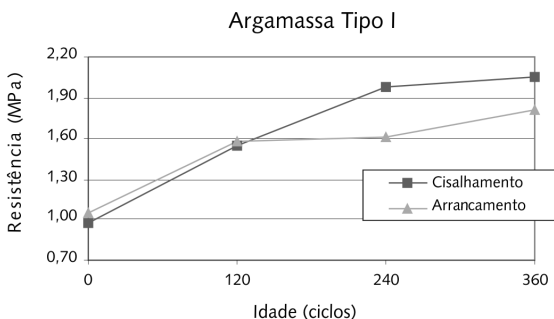


Figura 10 – Comportamento das resistências de aderência para argamassa AC-II



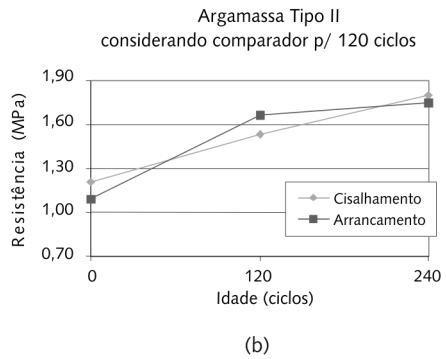
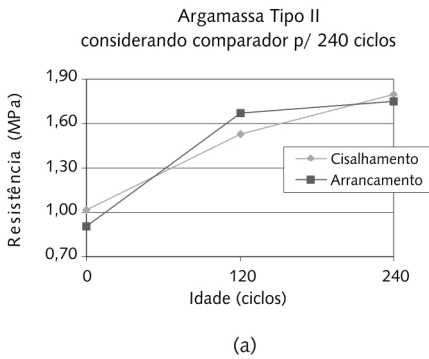


Figura 11 – (a) Comportamento das resistências de aderência para argamassa AC-I e 240 ciclos; (b) Comportamento das resistências de aderência para argamassa AC-I e 120 ciclos

Pode-se verificar pelas figuras que há uma boa correlação entre as resistências de cisalhamento e de arrancamento à tração. A Figura 12 mostra a correlação entre os resultados obtidos nos ensaios de cisalhamento e de resistência ao arrancamento à tração. Pode-se observar que, com exceção de um conjunto de ensaios, a variação dos testes de cisalhamento foi significativamente menor do que as obtidas com os ensaios de arrancamento à tração.

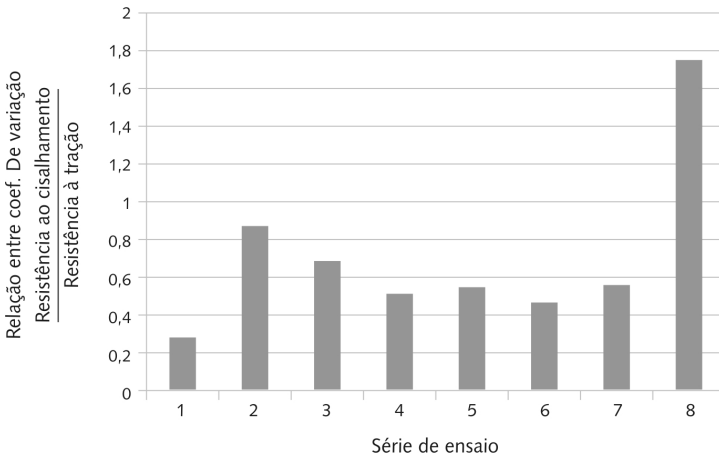


Figura 12 – Comparação entre os coeficientes de variação dos resultados de resistência ao cisalhamento e de resistência ao arrancamento à tração

## 4 Desenvolvimento de ensaio de resistência à abrasão superficial e de resistência ao risco de cerâmicas de revestimento

### 4.1 Objetivos

As Normas Internacionais de Ensaios e de Classificação de Produtos Cerâmicos de Revestimento para pisos e paredes ISO 10545 e ISO 13006 foram publicadas em 1996, e duas entre elas ainda se encontram na forma DRAFT: as relativas aos ensaios de resistência à abrasão e de resistência ao escorregamento. Além disso, o ensaio de resistência ao risco (dureza Mohs) que existia na Norma EN, foi deixada de lado nas normas ISO. As normas brasileiras foram finalizadas em julho de 1996, mas não passam de uma tradução das normas ISO, levando para a norma brasileira os mesmos problemas ainda a resolver. As razões que impedem a finalização dessas normas e a aceitação delas tanto pelos fabricantes como pelos consumidores de cerâmica de revestimento estão vinculadas às questões específicas abaixo.

Enquanto o ensaio de resistência à abrasão deve fornecer uma resposta com relação à mudança de aspecto superficial e com relação à durabilidade do produto em uso, a resistência ao risco é uma propriedade “local” e diz respeito à questão específica da dureza relativa do material. Os dois métodos de ensaios e de avaliação das propriedades mostram sérios problemas, os quais têm provocado discussões intermináveis, tanto no fórum de especialistas como no mercado consumidor.

Existem dois problemas principais relacionados à caracterização da resistência ao desgaste por abrasão. O primeiro diz respeito à questão do método de avaliação e classificação do produto abrasado, na condição de ensaiado. O segundo está relacionado à previsão da durabilidade, ou seja, para uma determinada condição de severidade imposta pelo ensaio de abrasão, qual é a vida (ou durabilidade) do produto em condições de uso?

Assim, ante a subjetividade da metodologia universalmente utilizada para a caracterização da abrasão e da dureza ao risco de revestimentos cerâmicos, desenvolveu-se uma metodologia objetivando caracterizar, de forma sistemática, essas duas propriedades, de forma a contribuir para a obtenção de normas de ensaios e de classificação de produtos adequadas às suas funções de uso concreto.

Para tanto, foi projetado e construído um esclerômetro, que será descrito a seguir.

## 4.2 Abordagem local – Projeto e construção do esclerômetro e ensaios

As principais características técnicas do esclerômetro projetado e construído na UFSC são as seguintes:

- deslocamento principal de riscamento (X) com baixos erros na sua trajetória;
- deslocamento X com velocidade controlada e variável;
- possibilidade de o deslocamento Y ser manual;
- fixação rígida do indentador;
- sistema de medição de forças rígido;
- medição de força com sensibilidade de 10 g nas direções normal e tangencial;
- aplicação de carregamento de 50 g a 4.000 g, com carga constante ou variável;
- controle do processo, aquisição e análise dos resultados em PC;
- análise óptica do risco para avaliação geométrica deste;
- interface de controle de fácil manuseio; e
- análise da emissão acústica durante os riscamentos.

A Figura 13 mostra a foto do equipamento desenvolvido, e a Figura 14, um fluxograma da estrutura das funções geradas para o esclerômetro.

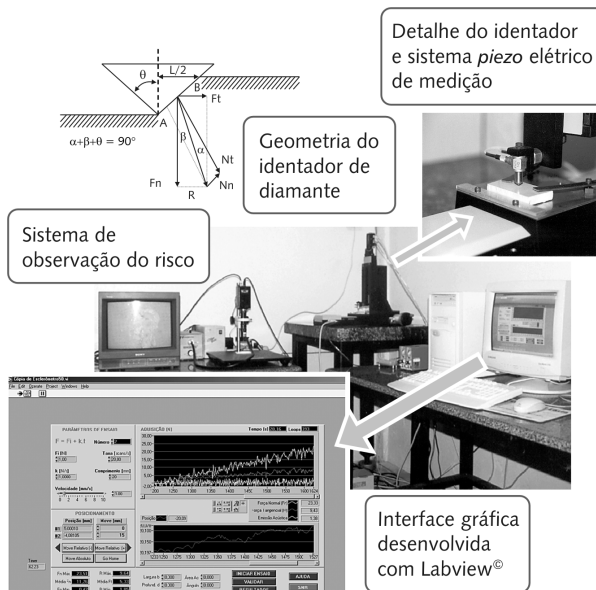


Figura 13 – Foto ilustrativa do esclerômetro, mostrando o aparato experimental composto do sistema de aplicação de carga e deslocamento da amostra; software de comando e aquisição de dados com interface gráfica para registro das curvas e sistema óptico com ampliação de 400 e iluminação através de fibra óptica

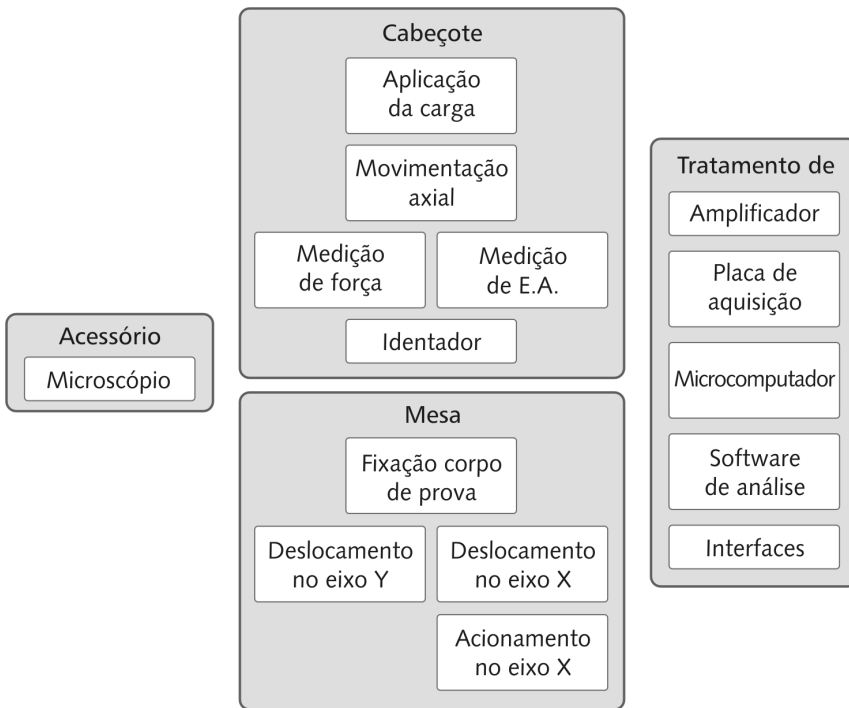


Figura 14 – Fluxograma da estrutura das funções geradas para o esclerômetro

O principal resultado, no estágio atual, com relação ao desenvolvimento da metodologia de caracterização do estudo do desgaste abrasivo com a técnica da esclerometria, é a possibilidade de medir a dureza ao risco de materiais frágeis. O critério adotado é a medida de força no instante que ocorre a mudança de mecanismo de microssulcamento para microlascamento.

O equipamento possibilita a aplicação de força crescente de até 50 N. Assim sendo, existem duas possibilidades de identificação do fenômeno. Uma delas é a observação direta por meio de uma lente com iluminação direcionada de fibra óptica, onde se pode observar a mudança de mecanismo e se obter, naquele instante, a força aplicada. A outra é, durante o ensaio, um sensor de emissão acústica que registra graficamente o ruído produzido pelo deslocamento do indentador sobre a superfície do material, No instante em que se inicia o fenômeno de microlascamento, o sensor registra maior intensidade de ruído. Este último método necessita ainda um melhor sistema de filtros para tornar mais clara a caracterização do fenômeno. A Figura 15 mostra o resultado do teste esclerométrico sobre a superfície de grês porcelanato.

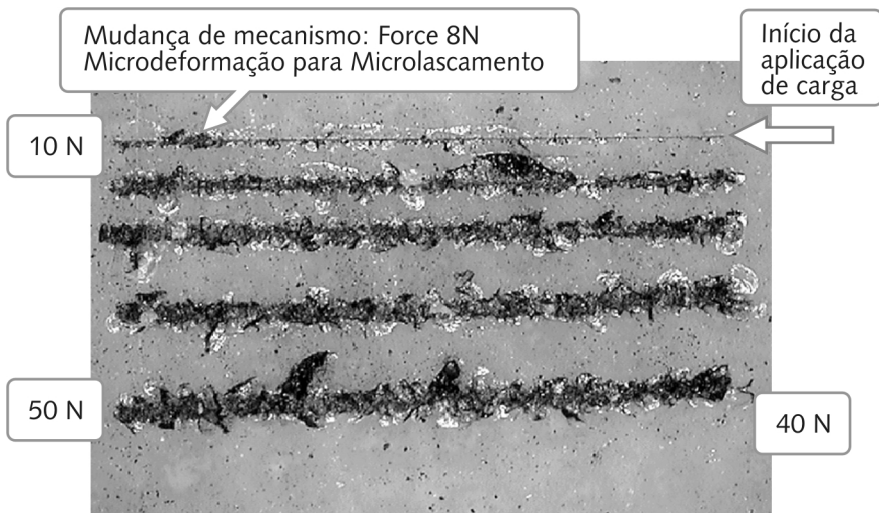


Figura 15 – Imagem do risco produzido pelo indetador com aplicação de carga de até 50 N

## 5 Desenvolvimento de ensaio de resistência ao escorregamento (coeficiente de atrito) de pisos cerâmicos

### 5.1 Introdução

A indústria nacional de pisos e revestimentos cerâmicos destaca-se por seu grande volume de produção e considerável variedade de produtos nos mais diversos campos de uso. Para tantas variedades, a necessidade de caracterização física e química desses produtos é de fundamental importância tanto para o fabricante, na busca de parâmetros avaliadores de seus produtos, quanto para o construtor, o arquiteto e o consumidor final. Uma das propriedades mais importantes para a utilização de pisos cerâmicos é o coeficiente de atrito, já que essa propriedade está relacionada a questões de segurança quanto à locomoção sobre a superfície pavimentada.

Define-se o ato de escorregamento como sendo a perda de equilíbrio causada por uma ação inesperada e imprevista, fora de controle do transeunte, ou a um decréscimo intenso no valor do coeficiente de atrito entre o corpo em movimento e a superfície de apoio. Essa característica, intrínseca da interface dos materiais em contato, depende da rugosidade e das suas propriedades visco-elásticas. Nesse contexto, fatores como área e tempo de contato, velocidade do movimento e pressão entre os materiais em contato influenciam na determinação do coeficiente de atrito.

As normas ISO/DIS 10545, parte 17<sup>[2]</sup>, e ABNT 13818:1997 descrevem procedimentos de determinação do coeficiente de atrito estático através do sistema de dinamômetro, e dinâmico através do sistema Tortus. Os valores mínimos de coeficiente de atrito são de 0,5 e 0,4, respectivamente, sem a definição da faixa de incerteza.

A confiabilidade na determinação desse parâmetro tem gerado discordâncias quanto à escolha do método, tanto na avaliação como nos aspectos de ordem civil. Alguns trabalhos abordam a necessidade de correlacionar os resultados obtidos em medições através de resultados interlaboratoriais, o que coloca em evidência a necessidade de uma estrutura de métodos e padrões formalizados.

O objetivo deste trabalho foi avaliar sobre a ótica metrológica a incerteza na determinação do coeficiente de atrito dinâmico, tendo como referência a norma ISO GUM. Essa norma estabelece procedimentos para a caracterização da incerteza resultante do processo de medição a partir da análise e combinação das diversas fontes de incerteza envolvidas.

## 5.2 O sistema Tortus

A determinação do coeficiente de atrito ( $\mu$ ) através do sistema Tortus baseia-se na determinação da razão entre a força de atrito tangente ( $F_t$ ) à superfície e a força normal ( $F_n$ ) aplicada sobre um elemento que se movimenta a uma velocidade constante. Entre a superfície (mensurando) e o sistema Tortus, há um sensor de borracha, como mostra a Figura 16.

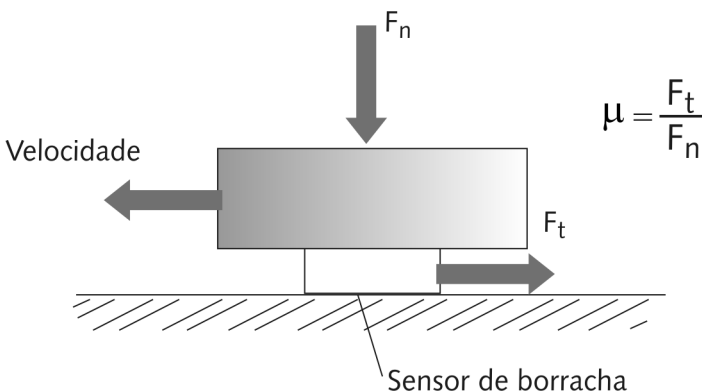


Figura 16 – Esquema do sistema Tortus

A velocidade imposta no sistema promove uma força de reação tangencial contrária ao movimento, gerando uma deflexão no mecanismo de molas planas paralelas. Essa deflexão produz um deslocamento na haste do transdutor indutivo, que transforma esse deslocamento em uma tensão diferencial linear. Esse sinal de tensão é transmitido à placa de aquisição e ao mostrador analógico do sistema Tortus, o qual é convertido em valores do coeficiente de atrito.

Dentro do processo de medição existem inúmeras fontes de incerteza, tais como: o sensor (forma, tipo de borracha, textura da superfície, estabilidade com o tempo); características da superfície a medir (limpeza, direção de varredura, uniformidade, umidade); fatores internos (calibração interna, estabilidade eletrônica, atritos, histerese, ortogonalidade da carga); operacionais (leitura, operação) e ambientais (tensão da rede, temperatura e umidade).

Neste trabalho também foram abordados algumas dessas fontes e posteriormente realizados experimentos para melhor detalhamento das fontes de incerteza.

O equipamento analisado foi o sistema Tortus, modelo 119, com as seguintes características técnicas:

- dimensão 420 mm x 236 mm x 100 mm; massa 6,5 kg;
- tensão de alimentação 220~240 V ; AC; 50 Hz;
- motor geração assíncrono de fase simples, 20 VA;
- velocidade 17 mm/s;
- transdutor de deslocamento tipo LVDT, sensibilidade 800 mV/V/mm; erro máximo de 0,3%;
- sensor deslizador de borracha de 9 mm de diâmetro; dureza  $73 \pm 3$  Shore A;
- carga sobre o deslizador de  $200,690 \pm 0,008$  g;
- carga horizontal aplicada de  $202,460 \pm 0,008$  g;
- mostrador analógico indutivo, 0~100 mA DC; escala de 0~1, div.:  $\mu=0,02$  Cf<sup>(\*)</sup>; escala 0~3, div.:  $\mu=0,1$  Cf<sup>(\*)</sup>.

Para avaliar o desempenho do sistema, foi usada uma superfície de referência composta de uma placa de vidro temperado e utilizados seis tipos de sensores de borracha e massas rastreadas, um gerador de sinal e um multímetro de 5 1/2 dígitos.

### 5.3 Procedimento experimental

Na busca para quantificar fontes de incertezas, alguns módulos do sistema Tortus foram separadamente analisados, como mostra a Figura 17. Calibrou-se estaticamente o transdutor que mede a força de atrito e, posteriormente, a placa de aquisição de sinais usando o próprio software do sistema.

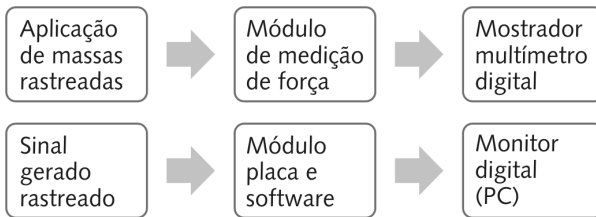


Figura 17 – Esquema de ensaio de calibração dos módulos

Uma fonte potencial de incertezas a ser considerada está associada aos sensores de borracha que transmitem a força de atrito do piso para o instrumento. Foram efetuadas medições de força de atrito dinâmica sobre uma superfície de referência de vidro temperado para cada um dos seis sensores disponíveis, tendo sido repetidas dez vezes. Esses ciclos de medições foram repetidos nas mesmas condições a cada três meses durante um ano. Os resultados obtidos evidenciaram grande dispersão e sensíveis variações a cada novo ciclo de medições.

Posteriormente, realizaram-se experimentos de avaliação da influência das suas características. Os sensores analisados foram o tipo E (importado), K e J de fabricação nacional. A superfície utilizada para ensaio foi a do vidro em posição fixa e determinada. Depois dos ensaios, foram realizados desgastes nos sensores a fim de assegurar a planicidade superficial de contato, através de adaptação do sensor em uma furadeira em movimento para desgaste.

Outra influência considerada foi o posicionamento relativo da textura da superfície de contato do sensor, com a direção de movimento. Realizou-se desgaste nos sensores com uma lixa de granulometria 400, em uma única direção. Os ensaios foram realizados nas posições paralela ( $K_{\text{par}}$ ) e perpendicular ( $K_{\text{perp}}$ ) à direção de movimentação do sistema de medição.

Foram realizados também ensaios de medição em três posições da superfície do vidro temperado com cinco medições cada uma, e determinou-se o desvio. O posicionamento foi identificado como  $K_{\text{dir}}$ ;  $K_{\text{cen}}$ ;  $K_{\text{esc}}$  e avaliada a dispersão dos resultados.



## 5.4 Procedimento para o cálculo de incertezas de medição

Os resultados da calibração do medidor de força foram tratados segundo a norma ISO GUM, considerando como fonte de incerteza o desvio padrão das indicações de medição; a incerteza das massas aplicadas e o erro do milivoltímetro utilizado. Para as fontes também foram considerados os erros de operação e do mostrador analógico utilizado para regulagem do zero, tanto para as escalas 0~1 e 0~3.

O erro estimado para operação foi de 1/4 da menor divisão de escala, e para o erro de escala foi de 1/6 da menor divisão.

A avaliação da placa e do software foi realizada a partir da introdução de um sinal padrão gerado e indicado por um mostrador digital de 5½ dígitos, nos níveis de 10 mV a 100 mV, que corresponde aos valores de 0,1 a 1,0 de Cof, com quatro ensaios cada um.

### Determinação da incerteza do sensor

Depois de analisados os resultados da calibração dos tipos de sensores, realizou-se uma programação de ensaios. Para cada causa considerada, foi estimada experimentalmente a contribuição de cada efeito.

Com relação à forma da superfície de contato do sensor com a placa de vidro, consideraram-se incertezas do tipo A. Esses valores foram estimados como fonte de incerteza referente à forma da superfície do sensor.

### Influência da textura da superfície de contato

Para a avaliação dessa influência, foram computados todos os valores lidos nos ensaios, tanto no sentido perpendicular como paralelo ao movimento do sistema. Determinou-se o desvio padrão experimental das indicações e utilizou-se esse valor como fonte de incerteza referente à textura.

### Incerteza da placa de vidro

Os resultados obtidos nas medições na placa de vidro foram tratados como incertezas do tipo A. Para a determinação dos dados, realizou-se o ensaio em três posições na superfície da placa ( $K_I$ ;  $K_{II}$ ;  $K_{III}$ ) e calculou-se o desvio padrão experimental.

### Estimativa da influência do operador

A fonte que relaciona a influência do operador foi estimada como 1/6 da menor divisão das escalas utilizadas. Para as escalas 0~1 e 0~3, foram estimadas como 0,02/6 e 0,1/6, respectivamente.

## Avaliação do processo de medição

As fontes de incerteza, consideradas para o processo de medição, foram o erro dos sistemas software/placa e o medidor de força segundo a função estimada dos módulos ( $F_{Ei}$ ), sem realização da correção sistemática; o desvio padrão das indicações; desvio experimental, devido à utilização da placa de vidro como padrão; desvio padrão experimental, devido à influência do sensor, ao erro de planicidade e à textura da superfície de contato.

## 5.5 Resultados

Entre as fontes de incerteza analisadas neste trabalho, é possível constatar que:

1. O sistema de medição da força de atrito no aparelho Tortus analisado apresenta erros sistemáticos da ordem de 0,035 para o coeficiente de atrito e repetitividade (95%) de 0,012.
2. O sistema software/placa de aquisição de sinal usado no sistema Tortus analisado apresenta erros sistemáticos da ordem de 0,05, que, se não corrigidos, podem levar a erros da ordem de 5,5% do fundo de escala.
3. O erro máximo observado no sistema integrado (medidor de força e placa/software) é de 0,07, ou de 13% da incerteza combinada.
4. A principal fonte de incerteza do sistema é decorrente dos sensores de borracha, que podem introduzir incertezas da ordem de 40% sobre os resultados da incerteza combinada. Fontes como a forma e textura superficial do sensor de borracha influenciam nos resultados do processo de medição.
5. A placa de vidro não possui homogeneidade superficial, o que exige estabelecer uma região determinada e fixa para seu uso como padrão de referência nessas condições, à seca.

## 5.6 Sugestões

Para a redução da incerteza expandida conseqüentemente do processo de medição, alguns estudos seguem como sugestões:

- avaliar a calibração em maior número de níveis, para determinar a curva de correção do sistema de medição de força;
- definir um padrão de sensor de borracha, quanto às características físicas e químicas, estáveis;

- adotar procedimentos padronizados de preparação do sensor de borracha, com o objetivo de evitar a não-uniformidade quanto à forma e à textura da superfície de contato;
- estabelecer padrões de referência de superfície uniforme e realizar avaliações de análise de variância das fontes de incertezas; e
- estabelecer a correlação do comportamento do coeficiente de atrito e a influência da rugosidade superficial de pisos.

## 6 Teses, dissertações e publicações geradas pelo projeto

### 6.1 Teses e Dissertações Concluídas e em Fase de Conclusão

#### 6.1.1 Doutorado

Denise Antunes da Silva. Efeitos dos polímeros HEC e EVA na microestrutura de pastas de cimento portland. Concluído em julho de 2001.

Leslie Maria Finger Roman. Desenvolvimento de sistema de assentamento de cerâmica com junta seca. Em andamento.

#### 6.1.2 Mestrado

Oscar Khoiti Ueno. Avaliação metrológica de um sistema de medição do coeficiente de atrito em pisos cerâmicos. Concluído em maio de 1999.

Maria Luiza Lopes de Oliveira. Influência da adição de fibras de polipropileno em argamassas. Concluído em maio de 2001.

André Matte Sagave. Desenvolvimento de aparato de ensaio de cisalhamento para sistemas de revestimentos cerâmicos. Em conclusão.

### 6.2 Artigos Completos Publicados em Periódicos

SILVA, Denise Antunes da; ROMAN, Humberto Ramos; ALARCON, Orestes Estevan; SILVA, Alisson Hoffmann. Argamassas adesivas para assentamento de revestimentos cerâmicos: influência dos aditivos poliméricos em algumas propriedades. *Revista Cerâmica Informação*, UFSC/LABMAT/EMC, Florianópolis, v. 8, p. 42-48, 2000.

ROMAN, Leslie Maria Finger; SAVAGE, André; ROMAN, Humberto Ramos; ALARCON, Orestes Estevan. Durabilidade da Resistência de aderência à tração de sistemas de revestimento cerâmico. *Revista Cerâmica Informação*, UFSC/LABMAT/EMC, Florianópolis, v. 13, p. 63-67, 2000.

SILVA, Denise Antunes da; JOHN, Vanderlei M.; RIBEIRO, José Luis Duarte; ROMAN, Humberto Ramos. Pore-size distribution of hydrated cement pastes modified with polymers. Concrete and Cement Research, USA. (Aceito para publicação).

### 6.3 Principais Publicações Completas em Congressos

SILVA, Denise Antunes da; ROMAN, Humberto Ramos. Caracterização microestrutural de pastas de cimento aditivadas com polímeros HEC e EVA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIAS DE ARGAMASSAS, 4., 2001, Brasília. **Anais...** 2001. p. 15-43.

SILVA, Denise Antunes da; ROMAN, Humberto Ramos. Pastas de cimento modificadas com polímeros HEC e EVA: estudo da distribuição do tamanho dos poros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIAS DE ARGAMASSAS, 4., 2001, Brasília. **Anais...** 2001. p. 321-332.

OLIVEIRA, Maria Luiza Lopes; et al. Effect of Polypropylene Fibers on Masonry Mortars and Prisms. In: CANADIAN MASONRY SYPOSIUM, 9., 2001, Fredericton. CD-ROM 9<sup>th</sup> Canadian Masonry Symposium, 2001.

ROMAN, Leslie Maria Finger; et al. Análise da resistência de aderência em sistemas de revestimento cerâmico submetidos à ciclos higrotérmicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** 2000. v. 1, p. 9-17.

SILVA, Denise Antunes da; ROMAN, Humberto Ramos; GLEIZE, Philippe Jean-Paul. Caracterização microestrutural de pastas de cimento modificadas com polímeros vinílicos e celulósico. In: JORNADAS SUDAMERICANAS DE INGENIERIA ESTRUCTURAL, 29., 2000, Punta del Leste. **Anais...** 2000. v. 1, p. 01-10.

MÜLLER, Alexandre; GLEIZE, Philippe Jean-Paul; ROMAN, Humberto Ramos. Effec of EVLC Latex Polymer on Masonry Mortar Properties and Microstructure. In: INTERNATIONAL BRICK/BLOCK MASONRY CONFERENCE, 12., 2000, Madrid. **Anais...** 2000. v. 1, p. 707-717.

MOHAMAD, Gihad; RIZZATTI, Eduardo; ROMAN, Humberto Ramos. Estudo das argamassas de revestimento aditivadas em relação às de Cal. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA CIVIL, 4., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** 2000. v. 1, p. 489-497.

SILVA, Denise Antunes da; ROMAN, Humberto Ramos; ALARCON, Orestes Estevan. Influence of HEMC and EVA polymers on some properties of dry-set mortars. In: QUALICER 2000 – WORLD CONGRESS ON CERAMIC TILE QUALITY, 6., 2000, Castellon. General Conferences Papers Posters. Castellón: La Gavina, 2000. v. III. p. 21-30.

ROMAN, Leslie Maria Finger, et al. The influence of grout thickness on the adherence of ceramic tiling systems. In: QUALICER 2000 – WORLD CONGRESS ON CERAMIC TILE QUALITY, 6., 2000, Castellón. General Conferences Papers Posters Round Table. Castellón: La Gavina, 2000. v. III. p. 31-38.

SILVA, Denise Antunes da, ROMAN, Humberto Ramos, SILVA, Alisson Hoffmann. Efeitos dos polímeros MHEC e EVA em algumas propriedades das argamassas colantes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 3., 1999, Vitória – ES. **Anais...** v. 1, p. 425-440.

SILVA, Denise Antunes da, et al. Theoretical Analysis on the Thermal Stresses of Ceramic Tile Coating Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DURABILITY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS, 8., 1999, Vancouver. 1999. v. 1, p. 603-612.

SILVA, Denise Antunes da, et al. Influência do teor de polímeros nas propriedades adesivas de argamassas colantes. In: ENCONTRO NACIONAL TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** 1998. v. 1, p. 97-104.

SILVA, Denise Antunes da; ROMAN, Leslie Maria Finger; ROMAN, Humberto Ramos. Tensões térmicas em revestimentos cerâmicos. In: SEMINÁRIO CAPIXABA SOBRE REVESTIMENTOS CERÂMICOS, 1998, Vitória – Espírito Santo. **Anais...** 1998. v. 1, p. 17-35.

**Miriam Jerônimo Barbosa** é engenheira civil (1977) pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com especialização (1983) em Controle do Ambiente em Arquitetura. Mestre (1985) pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/ USP) em Arquitetura. É doutora (1997) em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). É professora da Universidade Estadual de Londrina (UEL) desde 1980 atuando nas áreas de Materiais e Componentes de Construção, Desempenho Térmico e Acústico de Edificações, Adequação Ambiental e Ergonomia.  
E-mail: mjb@uel.br

**Berenice M. Toralles Carbonari** é engenheira civil (1982) pela Universidade Católica de Pelotas (UCPEL). Em 1986, obteve o título de Mestre em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutora em 1996 pela Universitat Politècnica de Catalunya, na Espanha. É professora na Universidade Estadual de Londrina (UEL) e na UNIOESTE. Atua nas áreas de Materiais e Componentes de Construção.  
E-mail: toralles@uel.br

**Juliano Sakamoto** é engenheiro civil (2003) pela Universidade Estadual de Londrina (UEL) Como acadêmico participou de projetos de pesquisa financiados pela FINEP/CNPq. Atua nas áreas de Saneamento, Orçamento, Planejamento, Materiais e Desempenho Térmico e Energético de Edificações.  
E-mail: nobuo@sercomtel.com.br

**Andrea Zeballos Adachi** é arquiteta (2002) pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Durante o curso foi bolsista do programa PIBIC/CNPq em projetos da área de Conforto Térmico.  
E-mail: azeballos@bol.com.br

**Eduardo Mesquita Cortelassi** é engenheiro civil (2002) pela Universidade Estadual de Londrina (UEL) com especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Buscou formação complementar em cursos de curta duração promovidos pela UEL em Fundamentos da Mecânica das Estruturas, Reforço e Recuperação de Estruturas de Concreto e Desenho e Cad.  
E-mail: cortelassi@sercomtel.com.br

**Eulito Bazoni Silva Júnior** é graduando de engenharia civil pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Como acadêmico participou de projetos de pesquisa financiados pela FINEP / CNPq e fez monitoria no Departamento de Física da UEL. Atua nas áreas de Materiais e Desempenho Térmico e Energético de Edificações.  
E-mail: bazoni@hotmail.com

**Marcelo Venícius Zanon** é graduando de engenharia civil pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Atua na área de Processos Construtivos.  
E-mail: celozanon@hotmail.com

# 8.

## Aperfeiçoamento e desenvolvimento de novos métodos de avaliação de desempenho para subsidiar a elaboração e revisão de normas técnicas

Miriam Jerônimo Barbosa, Berenice M. Toralles Carbonari, Juliano Sakamoto, Andrea Zeballos Adachi, Eduardo Mesquita Cortelassi, Eulito Bazoni Silva Júnior e Marcelo Venícius Zanon

### 1 Estado da arte: Descrição do problema que levou ao desenvolvimento do trabalho

O desempenho térmico de habitações populares tem sido desenvolvido no Brasil por diversos grupos de pesquisa. Entre estes destacam-se o grupo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), de São Paulo, e o grupo de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC).

As pesquisas no IPT tiveram início em 1981 com o trabalho *Formulação de Critérios para Avaliação de Desempenho de Habitações*, realizado para o antigo Banco Nacional da Habitação (BNH). Em 1998, o IPT publicou o trabalho *Elaboração de Critérios Mínimos para Avaliação de Desempenho de Habitações de Interesse Social para a FINEP/CEF*, com uma seção específica sobre conforto térmico.

O grupo de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da ANTAC tem publicado trabalhos dentro do tema, em forma de artigos para congressos e outros meios. No Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído realizado em São Paulo em 1993, foram publicados três artigos: 1 – Zoneamento Bioclimático

Brasileiro para Fins de Edificação (SILVA; LAMBERTS; SATTTLER, 1993); 2 – Avaliação Térmica de Edifícios: Subsídios para a Normalização Brasileira (BARBOSA; LAMBERTS, 1993); e 3 – Metodologias de Tratamento de Dados Climáticos para Análises Térmicas de Edificações (GOULART; LAMBERTS, 1993).

Em 1997, no Departamento de Engenharia de Produção da UFSC, foi defendida a tese de doutorado Desenvolvimento de uma Metodologia para Avaliação e Especificação do Desempenho Térmico de Edificações Térreas Unifamiliares (BARBOSA, 1997).

O grupo de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da ANTAC publicou no evento Workshop Avaliação Pós-Ocupação e de Desempenho, realizado em 1998, em São Paulo, o artigo Normalização em Conforto Ambiental (LAMBERTS; PEREIRA; SOUZA; GHISI, 1998). E no evento II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, realizado em 1999, em Fortaleza, dois artigos foram apresentados: Uma Proposta de Norma Técnica Brasileira Sobre Desempenho Térmico de Habitações Populares (RORIZ; GHISI; LAMBERTS, 1999) e Ventilação Natural em uma Casa Popular Padrão COHAB: Avaliação das Taxas de Ventilação para Diferentes Tipos de Orientação e Abertura (KRÜGER; RIDLEY; LAMBERTS, 1999). Em continuidade, o mesmo grupo apresentou em 2000, no evento VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, realizado em Salvador, o artigo Avaliação do Desempenho Térmico de Casas Populares (KRÜGER; LAMBERTS, 2000).

Observando-se os textos do IPT e da ANTAC, percebe-se que o IPT adota como critério de conforto a ISO 7730 (ISO 7730:1984), que considera a equação de Fanger (1972), enquanto os textos desenvolvidos pela ANTAC adotam os princípios de Mahoney e Givoni (GIVONI, 1992).

Conforme Roriz, Ghisi e Lamberts (1999), o Grupo de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da ANTAC vem procurando dar início ao processo brasileiro de normalização na área de Conforto Ambiental e Eficiência Energética. Com esse propósito, no início da década de 1990, foi criada a Comissão de Estudos sobre Desempenho Térmico e Eficiência Energética de Edificações (CE-02:135.07), vinculada ao Comitê Brasileiro de Construção Civil (CB-02) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Atualmente, o Projeto de Normalização em Conforto Ambiental, com o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), mantém através de rede de compu-



tadores informações sobre o andamento do processo de normalização e disponibiliza para visualização ou para *download* os textos elaborados na área de conforto e desempenho térmico, com as seguintes propostas, que já estão no formato da ABNT, aguardando para entrar em votação: Parte 1: Definições, símbolos e unidades; Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações; Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social; Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida; Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica em regime estacionário pelo método fluximétrico.

Dentro do enfoque de desempenho de durabilidade em habitações de interesse social, cabe destacar os trabalhos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, que propõe a avaliação dos materiais de construção segundo orientações de cinco apêndices que constituem grupos de matérias-primas: metais, pintura, plásticos, madeiras e materiais pétreos. Esses trabalhos encontram-se em Critérios Mínimos de Desempenho para Habitações Térreas de Interesse Social, que apresenta os requisitos de desempenho, os critérios de desempenho e os métodos de avaliação através de ensaios para cada um dos grupos de matérias-primas. Além dos aspectos técnicos, é considerado também o custo global do produto, que é entendido como a somatória de custos iniciais de aquisição e dos custos estimados pelo fabricante para a manutenção ao longo da vida útil estimada da edificação.

Os requisitos e critérios de desempenho propostos pelo IPT têm por objetivos limitar o nível de degradação de materiais e componentes quando submetidos a ensaios que aceleram a ação dos agentes agressivos que atuam sob a edificação e impedir a utilização de materiais incompatíveis físico-quimicamente e de detalhes construtivos que possam provocar a redução da vida útil do edifício e de seus elementos. Ressalta-se que os critérios relativos à durabilidade não prescrevem a vida útil do edifício; fornecem indicações do comportamento de suas partes ao longo do tempo, tornando possível a identificação de componentes que possam vir a ser repostos ou que devam ser submetidos à manutenção periódica.

Devido à necessidade de os resultados de desempenho de durabilidade serem imediatos, foram desenvolvidas técnicas em laboratório para reproduzir os mecanismos de degradação por longas exposições. Os métodos de avaliação propostos pelo

IPT incluem ensaios acelerados em materiais e componentes (ensaios que simulam a ação do calor, umidade, radiação ultravioleta, intempéries, agentes de limpeza, atmosferas poluidoras, agentes biológicos, água e abrasão), a análise de projeto e a inspeção em protótipo, visando identificar compatibilidades de materiais e detalhes construtivos que possam afetar a durabilidade.

A metodologia desenvolvida pelo IPT propõe, entre outros critérios, a análise da vida útil em função dos diferentes tipos de materiais e componentes, grau de manutenção exigido, atendimento a normas específicas, facilidade de manutenção e reposição de componentes, a compatibilidade físico-química dos materiais e formas de deterioração não passíveis de medição por ensaios. Porém, a maior dificuldade é que não existem correlações confiáveis entre os resultados dos ensaios dos materiais e componentes e a vida útil real da edificação.

Cabe destacar que, além do trabalho desenvolvido pelo IPT, existem algumas pesquisas isoladas em desempenho de durabilidade que levam em consideração os critérios mínimos desenvolvidos pelo IPT. Entre estas, destacam-se as seguintes: 1) em 1998 no evento Workshop Avaliação Pós-Ocupação e de Desempenho, em São Paulo, foram apresentados os trabalhos Análise e Avaliação de Desempenho: Vila Tecnológica de Ribeirão Preto: COHAB/RP-PROTECH, e Elaboração de Normas Mínimas de Desempenho para Habitações Térreas de Interesse Social; 2) em 1997, no evento Workshop Tendências Relativas à Gestão da Qualidade na Construção de Edifícios, em São Paulo, foi apresentado o artigo A Qualidade e o Desempenho da Habitação de Interesse Social; 3) em NUTAU'96, São Paulo, destaca-se o artigo Critérios Mínimos para a Avaliação da Durabilidade de Produtos de Construção Civil.

Além do exposto acima, tem-se o Grupo de Trabalho de Durabilidade da ANTAC, que realizou seu primeiro encontro, denominado Workshop Durabilidade das Construções, em 1997, em São Leopoldo, RS. Esse evento teve como objetivo principal proporcionar o intercâmbio entre pesquisadores e estipular diretrizes para o avanço das pesquisas na área; porém, verifica-se pelos trabalhos apresentados que nenhum enfocou a durabilidade para habitações de interesse social.

Com a preocupação de participar e contribuir para a formulação e o aperfeiçoamento do processo de normalização em conforto ambiental, elaborou-se o projeto de pesquisa Aperfeiçoamento e Desenvolvimento de Novos Métodos de Avaliação de Desempenho, para Subsidiar a Elaboração e Revisão de Normas Técnicas, que se encontra em desenvolvimento na Universidade Estadual de Londrina (UEL),

PR, e se divide em dois subprojetos: 1 – Aperfeiçoamento de Métodos de Avaliação de Desempenho Térmico em Habitação Popular; e 2 – Desenvolvimento de Métodos de Avaliação de Desempenho de Durabilidade em Habitação Popular.

Esse projeto visa à geração de subsídios através da coleta de dados reais de desempenho térmico e de durabilidade em habitação popular para o aperfeiçoamento de textos de normas de avaliação de desempenho térmico e elaboração de métodos de ensaios para avaliar durabilidade em edificações de interesse social. Como objetivos específicos o projeto estabelece os seguintes itens:

- definir e caracterizar as condições ambientais;
- identificar os fatores e mecanismos de degradação;
- observar em tempo real os mecanismos de degradação em materiais e componentes constituintes de diferentes tipologias construtivas, submetidas às mesmas condições de exposição;
- coletar dados horários de temperaturas e umidade internas em unidades habitacionais durante um período anual completo; e
- verificar, por meio da observação dos dados horários anuais de temperatura coletada, a confirmação dos indicadores estabelecidos como requisitos e critérios em metodologias desenvolvidas para avaliar o desempenho térmico de edificações e estabelecer uma correlação entre a escala de desempenho térmico e a escala de custos por tipologias construtivas na edificação de habitações populares.

## 2 Metodologia utilizada

### 2.1 Subprojeto Aperfeiçoamento de Métodos de Avaliação de Desempenho Térmico em Habitação Popular

A metodologia adotada para alcançar os objetivos estabelecidos constou de: revisão bibliográfica; seleção e preparação da amostra; montagem e instalações para coleta de dados; cálculos e aplicação teórica de metodologias para avaliar o desempenho térmico da amostra selecionada; coleta de dados (monitoramento); processamento e análise de dados; e conclusões.

Na etapa de revisão bibliográfica foram analisados, principalmente, os trabalhos de âmbito nacional, abordando as questões relacionadas com o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares. A fase de pesquisa bibliográfica deste subprojeto visou analisar textos preparados para serem transformados em nor-

mas para avaliar o desempenho térmico de habitações de interesse social ou habitações populares. Limitou-se a analisar e a aplicar os trabalhos realizados pelo IPT e pela ANTAC.

A amostragem para a pesquisa foi constituída, inicialmente, por seis unidades habitacionais. Três das unidades habitacionais foram selecionadas em um conjunto habitacional na cidade de Londrina, e uma unidade habitacional (protótipo) foi construída no Campus da UEL. As duas unidades habitacionais que estavam previstas para serem construídas pela COHAB de Londrina não foram construídas, mas os seus projetos foram analisados por meio da aplicação das metodologias para avaliação de desempenho térmico.

A seleção das três unidades habitacionais existentes em Londrina foi realizada com a participação da COHAB de Londrina, que informou a existência de um conjunto habitacional com 367 unidades, sendo estas distribuídas em três tipologias construtivas diferentes. Desse total, dez unidades possuíam paredes de telhas de fibrocimento revestidas com argamassa, forro de madeira e telha de barro; 164 unidades foram construídas com paredes de alvenaria tradicional, cobertura com laje pré-moldada e telha de fibrocimento; e 193 unidades foram construídas com paredes de concreto monolítico, cobertura com laje de concreto maciço e telhas de fibrocimento.

Resolveu-se, então, selecionar uma unidade habitacional representante da cada tipologia construtiva existente no conjunto. O processo de seleção considerou os seguintes fatores: casas isentas de reformas, mantendo o projeto original da COHAB; casas com orientação das águas do telhado voltadas para leste e oeste e a fachada principal voltada para o sul; número de ocupantes de três a cinco pessoas; viabilidade de acesso à unidade (permissão dos ocupantes para a pesquisa) e condição mais desfavorável em relação às patologias e durabilidade dos materiais.

As unidades selecionadas tiveram as seguintes características:

1. habitação popular com área de construção de 22,74 m<sup>2</sup> em sistema tradicional em alvenaria de tijolos cerâmicos furados de 10 cm de espessura e com revestimento de argamassa interno e externo de 2 cm, resultando em paredes com 14 cm de espessura, com pintura interna azul-clara e pintura externa na cor areia; cobertura com telhas de fibrocimento de 5 mm de espessura em duas águas e espaço de ar com altura média de 70 cm; laje mista com vigotas de concreto e elementos cerâmicos, espessura de 8 cm, representada pelo termo (Tradicional);

2. habitação popular com área de construção de 48,82 m<sup>2</sup> em sistema com paredes de argamassa de 10 cm envolvendo uma chapa corrugada de cimento amianto, com pintura externa na cor rosa-clara e interna na cor gelo, cobertura de telhas cerâmicas do tipo francesa e forro de madeira com 1 cm de espessura, representada pelo termo (Fibrocimento); e

3. habitação popular com área de construção de 22,74 m<sup>2</sup> em sistema com paredes monolíticas de concreto de 10 cm de espessura, com pintura interna branca e pintura externa na cor amarelo-clara, com laje de concreto maciço de 10 cm de espessura e cobertura com telhas de fibrocimento de 5 mm, representada pelo termo (Concreto).

Para essas três unidades habitacionais, foram feitos: avaliação de desempenho térmico através de três métodos, simulações térmicas, monitoramento térmico e levantamento de custo. A simulação e o monitoramento foram realizados considerando as unidades habitacionais ocupadas, o que ocorreu de fato.

As unidades previstas para serem construídas pela COHAB de Londrina teriam as seguintes características:

1. habitação popular com área de construção de 22,74 m<sup>2</sup> em sistema tradicional em alvenaria de tijolos cerâmicos furados de 10 cm de espessura e com revestimento de argamassa interno e externo de 2 cm, resultando em paredes com 14 cm de espessura, com pintura interna e externa na cor branca; cobertura com telhas de fibrocimento de 5 mm de espessura em duas águas e espaço de ar com altura média de 70 cm; laje mista com vigotas de concreto e elementos cerâmicos, espessura de 8 cm, beneficiada termicamente com isolante de lã de vidro ou lã de rocha sobre a laje, lâmina de alumínio sob as telhas, pintura externa das telhas na cor branca, aberturas sombreadas com área de 20% da área de piso, representada pelo termo (Beneficiada); e

2. habitação popular com área de construção de 46,78 m<sup>2</sup>, no sistema de blocos cerâmicos estruturais aparentes, cobertura de telhas cerâmicas e laje pré-moldada, aberturas sombreadas com área de 20% da área de piso, representada pelo termo (Blocos Cerâmicos).

Para estas duas unidades habitacionais, foram feitos: avaliação de desempenho térmico através de três métodos, simulações térmicas e levantamento de custo.

A simulação foi realizada considerando as unidades habitacionais ocupadas: 3. o protótipo habitacional foi construído no Campus da UEL, com as mesmas características da casa de blocos cerâmicos prevista para ser construída pela COHAB, cujo projeto foi submetido a todas as recomendações e conhecimentos técnicos existentes, para obtenção de um bom desempenho térmico, representada pelo termo (Blocos Cerâmicos ou Protótipo).

Para esta unidade habitacional, foram feitos: avaliação de desempenho térmico através de três métodos, monitoramento térmico e levantamento de custo.

O projeto do protótipo habitacional para experimentos foi desenvolvido a partir da escolha de uma planta com área de 46,78 m<sup>2</sup>, no sistema de blocos cerâmicos estruturais desenvolvido por Cardoso (1996), e foi construído em dimensões reais na área experimental da UEL.

Para a otimização do desempenho térmico do protótipo, a área de ventilação foi determinada com aproximadamente 20% da área interna do piso, e com possibilidade de ter-se a área de entrada igual à área de saída.

A caracterização térmica do protótipo foi desenvolvida e determinada em conformidade com as recomendações do projeto de normalização desenvolvido na UFSC conforme por Lamberts (1998a) para transmitância térmica e fator de calor solar, além da área efetiva de aberturas para ventilação e seu sombreamento.

Dessa forma, o protótipo apresenta-se como exemplo de habitação popular com adequação térmica para a região de Londrina e outras de mesmo clima. As Figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam as fachadas das unidades habitacionais estudadas.



Figura 1 – Casa de alvenaria tradicional (fachada sul)



Figura 2 – Casa de fibrocimento (fachada sul)



Figura 3 – Casa de concreto (fachada sul)



Figura 4 – Protótipo em blocos cerâmicos, construído no Campus da UEL (fachada sul)

Na parte superior de uma das paredes da sala de cada uma das três unidades habitacionais selecionadas para estudos, foram instalados equipamentos armazenadores de dados de temperatura e umidade, do tipo HOBO TEMP/RH (ver Figura 5).

O equipamento HOBO TEMP/RH é um aparelho com dimensões de 6 cm x 4 cm x 2 cm, que, através de sensores, tem capacidade de registrar e armazenar até cinco mil dados de temperatura e umidade relativa do ar, podendo permanecer coletando de hora em hora durante um período aproximado de dois meses. O período e o intervalo de coleta podem ser determinados conforme a programação desejada, sendo esta feita por meio computacional com software específico.

No protótipo habitacional para experimentos foram instalados equipamentos armazenadores de temperatura e umidade, do tipo HOBO TEMP/RH, em pontos centrais nos dois dormitórios, na sala, na cozinha.

Aproximadamente a 60 metros do protótipo habitacional, foi implantado um abrigo externo, dentro do qual também foi instalado um equipamento armazenador de temperatura e umidade, do tipo HOBO TEMP/RH (ver Figura 6).

Nas três unidades habitacionais selecionadas para estudo e no abrigo externo, o monitoramento térmico iniciou-se em agosto de 1999, com essas unidades ocupadas por seus residentes. Já no protótipo habitacional construído em sistema de blocos cerâmicos, o monitoramento iniciou-se no mês abril de 2000. Esta unidade habitacional, por se tratar de um protótipo para experimentos, não foi ocupada.



Figura 5 – HOBO TEMP/RH



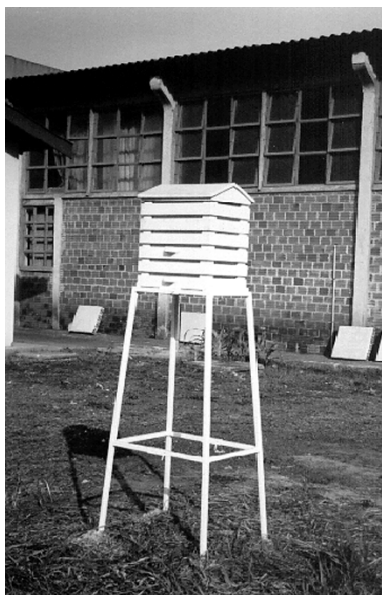


Figura 6 – Abrigo externo

A coleta de dados nas unidades habitacionais selecionadas para estudos, no abrigo externo e no protótipo, foi feita uma vez por mês para não incomodar os usuários das unidades habitadas. A coleta constou do descarregamento dos dados dos equipamentos armazenadores para um *notebook*. Os dados de temperatura e umidade foram programados para serem registrados nos equipamentos armazenadores de hora em hora.

Além da temperatura e umidade relativa, a ventilação foi monitorada manualmente, nas proximidades do abrigo externo e dentro do protótipo, em pontos localizados nas aberturas e nos vãos das portas internas e externas. A ventilação no interior do protótipo ocorreu apenas nos horários de medição, e a condição que define a permissão ou não da passagem do fluxo de ar para o interior do mesmo (através da abertura ou não das janelas e portas) é a sensação de conforto térmico do responsável pela coleta dos dados de ventilação nos horários previstos, que foram às 9 horas, 15 horas e 18 horas.

Após a seleção da amostras, de posse das características físicas das unidades habitacionais constituintes da amostra, procedeu-se a uma etapa de estudos e cálculos teóricos em que foram aplicadas metodologias existentes para avaliação de desempenho térmico de habitações populares.

Foram aplicados o texto elaborado pelo Projeto de Normalização da UFSC (LAMBERTS, 1998b), o texto elaborado pelo IPT, Critérios Mínimos de Desempenho para Habitações Térreas de Interesse Social (AKUTSU, 1998) e um método desenvolvido para avaliar o desempenho térmico em edificações térreas unifamiliares com base em levantamento de dados realizados em Londrina, PR (BARBOSA, 1997).

**Metodologia proposta pelo Projeto de Normalização em Conforto Ambiental – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social (LAMBERTS, 1998b)** – Este é um método basicamente por prescrição, mas posteriormente serão elaborados os procedimentos para avaliação do desempenho térmico de edificações, através de cálculos, de medições *in loco* ou de simulações computacionais. Esta metodologia é aplicável na fase de projeto para a avaliação do desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social, com até três pavimentos.

O território brasileiro foi dividido em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma dessas zonas, formularam-se com base na adaptação da Carta Bioclimática sugerida por Givoni (1992) recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com parâmetros e condições de contorno fixados, que otimizam o desempenho térmico das edificações, mediante sua melhor adequação climática.

Como diretrizes de projeto para a zona bioclimática 3, onde se encaixa o clima de Londrina, PR, recomenda-se que o total de aberturas para ventilação deve estar entre 15% e 25% da área de piso, e que o sombreamento das aberturas deve permitir a entrada de radiação solar durante o inverno. Já as paredes externas devem ser leves e refletoras, com as seguintes características: transmitância térmica menor ou igual a  $3,60 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ; atraso térmico menor ou igual a 4,3 horas; fator de calor solar menor ou igual a 4,0%. As coberturas, compreendendo telhado, câmara de ar e forro, devem ser leves e isoladas, e seguir os limites para as características térmicas: transmitância térmica menor ou igual a  $2,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (para fluxo descendente); atraso térmico menor ou igual a 3,3 horas; fator de calor solar menor ou igual a 6,5%. A estratégia de condicionamento térmico passivo recomendada para o verão consiste na ventilação cruzada, obtida por meio da circulação de ar pelos ambientes da edificação. No inverno, as paredes internas pesadas servem para manter o interior da edificação aquecido. O aquecimento solar da edificação a partir da forma, orientação e im-

plantação da edificação, e a correta orientação de superfícies envidraçadas podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio pela incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes por meio do aproveitamento da radiação solar.

**Metodologia proposta pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social (AKUTSU, 1998)** – Este é um método aplicável basicamente por desempenho, com a possibilidade de avaliar também por prescrição, por meio de tabelas de referências que trazem fixadas algumas tipologias de paredes e coberturas. Na avaliação por prescrição, a caracterização térmica de paredes e coberturas é feita por meio da resistência térmica e não da transmitância térmica.

O método considera os seguintes valores como limites de conforto: taxa de metabolismo dos ocupantes igual a 47 W/m<sup>2</sup> dormindo e 70 W/m<sup>2</sup> em serviços leves. O índice de resistência térmica total das roupas é de 0,35 clo para as roupas leves de verão, 0,80 clo para as roupas pesadas de inverno, e 2,00 clo para cobertores nas noites de inverno. A umidade relativa do ar é fixada entre 40% e 60% para o período diurno, a temperatura radiante média é considerada igual à temperatura do ar, a velocidade do ar no verão é aproximadamente igual a 0,5 m/s e no inverno, menor ou igual a 0,25 m/s.

As habitações são classificadas, segundo seu desempenho térmico, por classes: A, B ou C. No verão, terá classe A se a temperatura do ar interior for menor ou igual a 29 °C; B quando a temperatura do ar interior for menor ou igual à temperatura máxima exterior; e C se a temperatura do ar interior for maior que a temperatura máxima exterior. No inverno, as habitações são classificadas como A se a temperatura do ar interior for maior ou igual a 17 °C; B quando a temperatura do ar interior for menor que 17 °C e maior ou igual a 12 °C; e C se a temperatura do ar interior for menor que 12 °C. As unidades habitacionais cujo conforto térmico for classificado como nível C, tanto para verão como para inverno, não devem ser aceitas.

Para aplicação por desempenho, é necessário realizar uma simulação para os dias típicos de projeto de verão e inverno. Adotando-se os valores de latitude e longitude para a cidade de Londrina, recai-se sobre a zona climática 7 do zoneamento climático proposto para o Brasil. Para a análise por esta metodologia, adotaram-se como dias típicos para Londrina os dias 12/07/96 (inverno) e 19/12/96 (verão). Procedeu-se então à simulação das cinco casas em estudo para estes dois dias.

**Metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, aplicada a Londrina, PR (BARBOSA, 1997)** – Este é um método basicamente por desempenho, com possibilidade de avaliar também por prescrição. Esta metodologia avalia o desempenho térmico em edificações térreas residenciais unifamiliares, através de limites de conforto térmico ajustados para uma população local. Os referidos limites baseiam-se na zona de conforto térmico de Givoni (1992), para países de clima quente e em desenvolvimento, que recomenda para o interior temperaturas variando de 18 °C a 29 °C. O parâmetro adotado como critério de avaliação é o total de horas por ano em que as temperaturas internas obtidas por simulação ou monitoramento apresentam-se fora dos limites de temperatura da zona de conforto de Givoni.

A avaliação por prescrição pode ser feita verificando-se o cumprimento de limites estabelecidos para as características térmicas ou físicas dos elementos construtivos. O estabelecimento dos limites para as características termofísicas dos elementos construtivos pode ser feito a partir de uma edificação típica da região (edifício padrão), que após simulação apresente um número mínimo de horas de desconforto sem exigir um alto investimento para otimizar o desempenho térmico.

Para Londrina, verificou-se que, com estratégias de elevar a relação entre área de aberturas para ventilação e área de construção para 20%, junto com uma pintura branca na cobertura, é possível obterem-se cerca de 1.700 horas de desconforto anuais, o que significa 20% das horas totais do ano. Assim, esse poderia ser um referencial para avaliar o total de horas de desconforto por desempenho de uma edificação. Nesse caso, as características termofísicas do edifício padrão poderiam ser aproveitadas como valores-limite para prescrição, conforme Barbosa (1997).

A avaliação por desempenho é realizada por meio da simulação com qualquer sistema construtivo, comparando-se as horas de desconforto anual, quantificadas após a simulação, com o limite aceitável de horas de desconforto anual estabelecido para o local ou região.

## 2.2 Subprojeto desenvolvimento de métodos de avaliação de desempenho de durabilidade em habitação popular

Para alcançar os objetivos propostos, foi adotada a metodologia que segue abaixo. Primeiramente, foi realizado um levantamento bibliográfico referente a manifestações patológicas e critérios de desempenho de durabilidade para habitações de

interesse social. Posteriormente, realizou-se um levantamento de campo onde foram feitas as seleções das casas, a coleta de amostras e o processamento de dados em forma de tabelas para posterior análise.

O levantamento de campo foi realizado mediante o preenchimento da ficha de acompanhamento, que se encontra na Tabela 1.

Quadra		Patologia										
Nº da casa		Umidade		Fissura			Descolamento			Vesícula		
Material		Bolor	Eflor.	G <sup>1</sup>	H <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	Pulver.	Em placas	Empol.	P <sup>4</sup>	V <sup>5</sup>	B <sup>6</sup>
Norte	Rev. Ext											
Sul	Rev. Ext											
Leste	Rev. Ext											
Oeste	Rev. Ext											

<sup>1</sup>geométrica, <sup>2</sup>horizontal, <sup>3</sup>mapeada, <sup>4</sup>preto, <sup>5</sup>vermelho, <sup>6</sup>branco

Tabela 1 – Ficha de acompanhamento do levantamento feito no campo

Cabe destacar que o levantamento de campo subdividiu-se em três partes.

**a) Critérios de seleção das casas** – os critérios adotados para seleção das casas a serem analisadas foram os seguintes: 1) casas que não sofreram qualquer tipo de alteração com respeito ao projeto padrão COHAB; 2) casas estritamente residenciais; e 3) casas com orientação das águas leste/oeste.

**b) Manifestações patológicas** – deste levantamento de campo foram identificadas as manifestações patológicas de duas casas de alvenaria com fachada norte e três com fachada sul, seis casas de concreto com fachada norte e cinco com fachada sul, e três casas de fibrocimento com fachada sul e uma com fachada norte. As manifestações identificadas foram: fissuras mapeadas, descolamentos de pintura e da argamassa, fissuras de sobrecargas, fissuras verticais, fissuras horizontais, fissuras na cumeeira, fissuras por movimentação térmica, fissuras por falta de junta, fissuras por falta de ancoragem, fissuras por deformação diferenciada de materiais, fissuras em “L”, fissuras no baldrame, corrosão das esquadrias das janelas e portas, descolamentos da massa de vidraceiro, manchas, vesículas, eflorescências e recalques.

**c) Seleção final das casas** – o critério final de seleção envolveu os seguintes aspectos: orientação das águas do telhado e da fachada principal, número de ocupantes, viabilidade de acesso à unidade e condição mais desfavorável em relação às patologias e durabilidade dos materiais. Com base nesses critérios foram escolhidas uma casa de cada tipologia, isto é, com paredes em alvenaria de tijolos de seis furos, argamassadas de ambos os lados, com paredes monolíticas de concreto e com paredes de telhas de fibrocimento argamassadas de ambos os lados, que foram monitoradas durante um ano.

Após a seleção final, verificou-se que nas casas selecionadas as manifestações patológicas de maior incidência eram fissuras mapeadas na fachada norte, fissuras inclinadas a 45° nas aberturas e biodeterioração. Na casa com paredes monolíticas de concreto, além das manifestações patológicas citadas anteriormente, constatou-se que biodeterioração dos revestimentos apresentava-se em grau elevado. Essa grande incidência de biodeterioração ocasiona a degradação dos revestimentos, a degradação do mobiliário, alterações estéticas nas paredes devido ao surgimento de manchas escuras e problemas de saúde nos moradores devido à possibilidade de ser patogênica.

Com o objetivo de propor uma alternativa para o problema e analisar os microorganismos que ocasionam esse tipo de patologia, foi necessária a utilização de técnicas embasadas em métodos de microbiologia que incluem desde a coleta do microorganismo até seu isolamento. O isolamento dos microorganismos tornou possível a realização dos testes com os diferentes tipos de tintas e com as diferentes concentrações da solução de água sanitária e água. As técnicas embasadas em métodos de microbiologia incluem as etapas a seguir.

**Coleta e transporte** – A coleta dos microorganismos foi realizada de duas formas:

- com *swab* (cotonete) estéril; e
- com alça de platina.

Na primeira forma de coleta, o pacote de *swabs* foi aberto e dele retirado de cada *swab* o papel alumínio. Em seguida, o *swab* foi friccionado sobre a superfície onde apareciam os microorganismos e, na seqüência, foi colocado em um tubo de ensaio com água destilada estéril para ser transportado ao laboratório e posteriormente semeado.

Na segunda forma de coleta, a alça de platina foi flambada em um bico de Bunsen e friccionada na superfície onde apareciam os microorganismos. Em segui-

da, a alça foi passada diretamente sobre o meio de cultura sólido (semeadura), que foi transportado para o laboratório.

Semeadura – A semeadura consiste no ato de transferir o material coletado com o swab ou com a alça de platina para um meio de cultura que permita e estimule o crescimento dos microorganismos. Nesta fase, os *swabs* transportados em tubos de ensaio contendo o material coletado foram inoculados diretamente sobre o meio de cultura sólido de Agar Batata Dextrose (BDA).

Isolamento – Após a semeadura, as placas contendo os microorganismos inoculados em BDA foram colocadas em uma sala de cultivo em condições de temperatura e umidade adequadas ao crescimento dos microorganismos. Com o crescimento ocorre a formação de colônias de microorganismos que apresentam características macroscópicas diferentes como: cor, textura e forma. Após a semeadura ocorreu o crescimento de mais de uma colônia de microorganismos em uma mesma placa, sendo assim fez-se necessário repicagem dos microorganismos, que consiste na transferência de uma pequena parte de uma colônia para um novo meio de cultura do mesmo tipo através de palitos estéreis ou da alça de platina. O processo de repicagem é repetido até que sejam observadas através das características macroscópicas que a cultura esteja pura, ou seja, cada placa deve conter uma única colônia de microorganismos.

Dos microorganismos isolados foram escolhidas cinco colônias diferentes para realização dos testes. Para a escolha destas colônias foi considerada a semelhança entre a aparência dos microorganismos no local de coleta e os microorganismos isolados em laboratório e a maior frequência com que estes apareceram no processo de isolamento. A tabela 2 estão apresentadas as características e o local de coleta destas colônias utilizadas nos testes.

Microorganismo	Características macroscópicas	Local da coleta
1	colônia branca fibrosa	parede interna
2	colônia amarela claro cremosa	parede externa
3	colônia branca esverdeada	parede externa
4	colônia cinza fibrosa	parede externa
5	colônia verde escura	parede externa

Tabela 2 – Características macroscópicas e local de coleta das colônias

A seguir serão apresentados de forma sucinta o teste com as tintas e o teste com as diferentes concentrações da solução de água sanitária e água realizados com os cinco microorganismos selecionados.

**Teste de ação antimicrobiana** – O teste consiste em verificar se algumas tintas vendidas no comércio inibem o crescimento dos microorganismos. Os tipos de tinta testados foram: látex PVA, látex acrílico, látex acrílico com antimofos e a cal. No teste o meio de cultura sólido BDA estimula o crescimento do microorganismo enquanto a tinta deverá inibir o crescimento destes nos pontos próximos de sua aplicação formando um halo de inibição. Quanto maior forem os halos de inibição mais eficiente é a tinta na inibição da proliferação dos microorganismos.

**Teste com diferentes concentrações de solução de água sanitária e água** – Este teste consiste em ensaiar diferentes concentrações de soluções de água sanitária e água com objetivo de encontrar a menor concentração entre as propostas, capaz de eliminar os microorganismos selecionados. As concentrações de solução de água sanitária e água utilizadas nos testes foram 1:3; 1:1 e 3:1.

Com os resultados obtidos nos testes foi encontrada a concentração da solução de água sanitária e água a ser utilizada para assepsia da parede e conseqüente eliminação dos microorganismos. Em seguida foi realizada a aplicação das tintas que obtiveram melhor desempenho nos teste de ação antimicrobiana.

A aplicação dos materiais in loco foi realizada com o objetivo de verificar se os resultados obtidos em laboratório condizem com o desempenho destes no local, onde os vários fatores que influenciam o desenvolvimento dos microorganismos atuam simultaneamente, ou seja, na situação mais desfavorável.

**Monitoramento das condições climáticas de interior** – Considerando que as condições climáticas de interior decorrentes dos fatores de projeto apresentam grande influência na incidência da biodeterioração, realizou-se uma análise destas condições através da coleta de dados de temperatura, umidade relativa, ventilação e de um estudo de incidência solar na parede onde ocorre a manifestação patológica.

A questão de insolação foi estudada através do gráfico de coordenadas solares para a latitude de Londrina de 23°30'. Desta forma foi possível visualizar os períodos e horas de incidências de radiação solar sobre a parede oeste da residência em estudo.

O monitoramento da ventilação interna da casa está sendo realizado durante o período de uma semana a cada mês. A velocidade do vento foi registrada pelo aparelho termoanemômetro portátil e para observar a direção do vento foram utilizadas fitas plásticas.



### 3 Principais resultados encontrados e sua análise

#### 3.1 Subprojeto aperfeiçoamento de métodos de avaliação de desempenho térmico em habitação popular

Os resultados obtidos foram em consequência da aplicação das metodologias existentes para avaliar o desempenho térmico de habitações populares.

**Metodologia proposta pelo Projeto de Normalização em Conforto Ambiental – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social (LAMBERTS, 1998)** – Aplicando os critérios propostos para a zona bioclimática 3 nas unidades habitacionais pesquisadas, obtém-se na Tabela 3 a concordância destas unidades em relação aos critérios estabelecidos. Não houve dificuldades na aplicação desta metodologia uma vez que os métodos de cálculos estão estabelecidos na parte 2 do Projeto de Normalização. Nenhuma das unidades habitacionais analisadas obteve concordância em todos os critérios. As unidades em alvenaria de tijolos beneficiada e blocos cerâmicos estruturais foram as que concordaram em maior número de itens (ver Tabela 3).

Unidade habitacional	Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas	Transmitância térmica das paredes	Atraso térmico das paredes	Fator de calor solar das paredes	Transmitância térmica da cobertura	Atraso térmico da cobertura	Fator de calor solar da cobertura
Fibrocimento	OK			OK			OK	OK
Blocos cerâmicos	OK	OK	OK	OK		OK		OK
Alvenaria beneficiada	OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK
Alvenaria tradicional			OK	OK	OK	OK		OK
Concreto monolítico				OK				OK

Tabela 3 – Concordância com os critérios para a zona climática 3

Analisando-se os exemplos segundo a metodologia proposta pelo projeto Normalização em Conforto Ambiental, nota-se que é possível avaliar todas as unidades habitacionais por esse método, embora nenhuma unidade habitacional tenha cumprido todos os itens de prescrição.

**Metodologia proposta pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – Critérios mínimos de desempenho de habitações térreas de interesse social (AKUTSU, 1998)** – O método expedito do IPT, que adota tabelas de referência, não se aplica aos exemplos de Londrina, pois nenhum dos tipos de paredes ou coberturas apresentados no método coincidem com os utilizados nas unidades habitacionais em estudo, o que torna inviável a aplicação do método expedito nestes casos específicos e demonstra uma dificuldade de aplicação das tabelas de referência para a diversidade de sistemas construtivos.

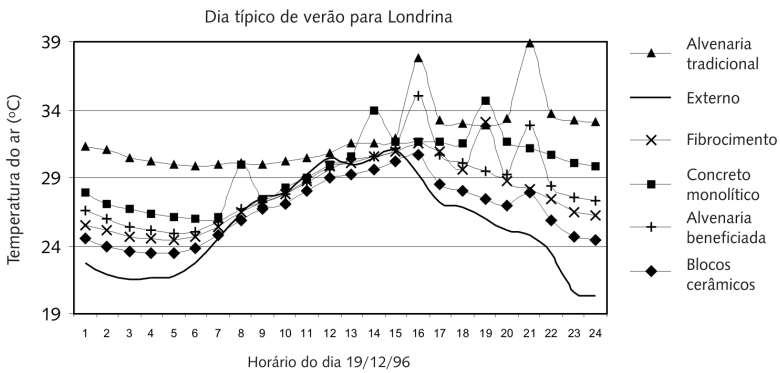


Figura 7 – Análise da simulação para verão conforme metodologia do IPT

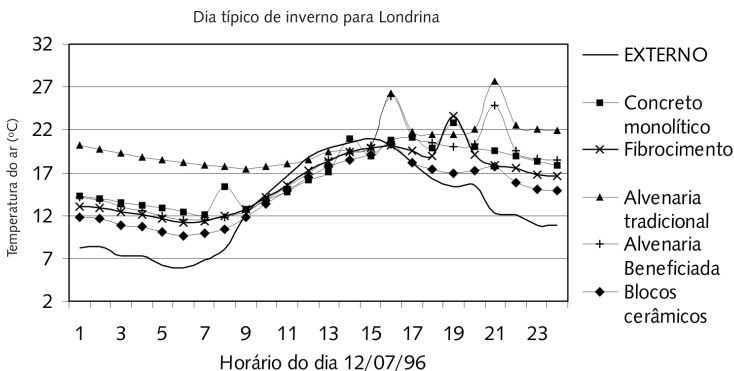


Figura 8 – Análise da simulação para inverno conforme metodologia do IPT

Entretanto, o método IPT apresenta o processo de avaliação e os critérios de desempenho para as tipologias que não se enquadram nas tabelas. Adotando-se os valores de latitude e longitude para a cidade de Londrina, recai-se sobre a zona climática 7 do zoneamento climático proposto para o Brasil, conforme Akutsu (1998).

Para a análise por esta metodologia, adotaram-se como dias típicos para Londrina os dias 12/07/96 (inverno) e 19/12/96 (verão). Procedeu-se então à simulação das cinco casas em estudo para esses dois dias. Os resultados podem ser vistos nas Figuras 7 e 8.

De acordo com as simulações para o dia típico de inverno, a unidade habitacional em alvenaria tradicional apresentou nível A, a unidade em concreto monolítico obteve nível B, e as demais apresentaram nível C. Para o dia típico de verão, a unidade habitacional de blocos cerâmicos foi classificada como B, e as demais foram classificadas como nível C. Em consequência dessa classificação, nenhuma dessas unidades habitacionais obteve aprovação através da avaliação aplicando-se o método IPT.

**Metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, aplicada a Londrina, PR (BARBOSA, 1997)** – Para a análise por desempenho, os cinco sistemas construtivos estudados foram avaliados por esta metodologia com dados resultantes de duas simulações e do monitoramento térmico. O monitoramento só foi realizado nas quatro unidades habitacionais existentes. As simulações foram feitas com a ferramenta de simulação térmica COMFIE (PEUPORTIER; SOMMEREUX, 1992), considerando-se a ocupação típica desse tipo de edificação na região, para um ano inteiro. E o clima de Londrina foi representado pelo arquivo de dados horários do ano de 1996, tido como o ano climático de referência para Londrina, conforme Barbosa (1999). Depois de concluído um ano de monitoramento, montou-se novo arquivo climático para Londrina, substituindo-se as temperaturas de 1996 pelas temperaturas coletadas no abrigo externo em 2000. Com este novo arquivo procedeu-se a nova rodada de simulações. Com os dados obtidos nas simulações e no monitoramento foram quantificadas as horas de desconforto para cada unidade habitacional.

Embora o protótipo tenha sido monitorado vazio, as simulações foram feitas considerando-se uma ocupação típica para habitação popular em Londrina.

Na Tabela 4, apresentam-se as características térmicas dos sistemas construtivos calculadas conforme Lamberts (1998a). Os resultados obtidos de horas de desconforto por simulação e monitoramento estão resumidos na Tabela 5 e no gráfico da Figura 9.

Características Térmicas					
Sistemas construtivos	Unidade	Blocos cerâmicos	Fibrocimento	Concreto monolítico	Alvenaria tradicional
Número de trocas de ar (outono)	trocas/h	38,25	25,97	1,48	0,71
Número de trocas de ar (primavera)	trocas/h	55,66	37,79	2,15	1,03
$A_{\text{VENTILAÇÃO}}/A_{\text{PISO}}$	%	20,08	15,67	9,32	9,58
Transmitância da parede	W/m <sup>2</sup> .K	2,85	3,78	4,26	2,34
Atraso térmico da parede	horas	3,3	2,6	2,9	3,8
Fator solar da parede	%	8,4	4,5	5,1	3,3
Transmitância da cobertura (verão)	W/m <sup>2</sup> .K	1,76	2,01	2,16	1,77
Transmitância da cobertura (inverno)	W/m <sup>2</sup> .K	2,42	2,80	3,11	2,44
Atraso térmico da cobertura (verão)	horas	4,4	1,0	3,8	4,8
Fator solar da cobertura (verão)	%	5,3	6,0	3,9	3,2

Tabela 4 – Características térmicas dos sistemas construtivos, calculadas conforme Lamberts (1998a)

Sistemas Construtivos	Unidade	Blocos cerâmicos	Fibrocimento	Concreto monolítico	Alvenaria tradicional
Horas anuais de desconforto obtidas com os resultados da simulação 1996	2.515	4.610	1.708	1.438	3.320
Horas anuais de desconforto obtidas com os resultados da simulação 2000	2.870	4.481	2.303	2.278	3.539
Horas anuais de desconforto obtidas com os resultados do monit. 2000	2.559	2.929	1.931	1.414	3.539

Tabela 5 – Resultados em horas anuais de desconforto, conforme Barbosa (1997)

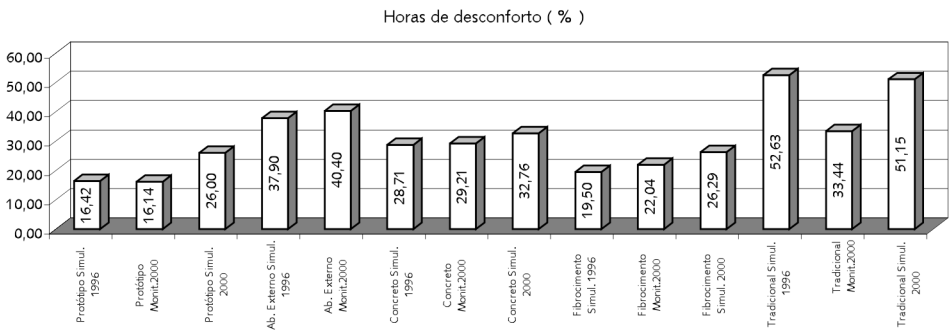


Figura 9 – Resultados em porcentagem de horas de desconforto obtidas por simulações e no monitoramento

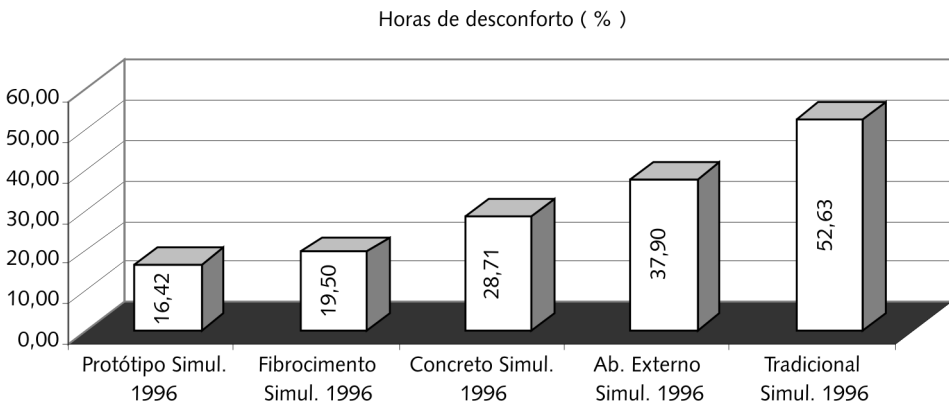


Figura 10 – Resultados em porcentagem de horas de desconforto obtidas após simulação térmica com o arquivo do ano climático de Londrina

Percebe-se nos gráficos das Figuras 9 e 10 que a seqüência de melhor para pior desempenho térmico é: blocos cerâmicos, fibrocimento, concreto e tradicional. Coincidentemente, os dois melhores resultados foram encontrados nas duas residências que apresentam cobertura com telhas cerâmicas. Entretanto, a simulação térmica não considera os benefícios oriundos da utilização das telhas cerâmicas, especialmente no que diz respeito à porosidade desse material.

Observa-se também na Figura 9 que as simulações realizadas com o arquivo climático do ano climático de referência têm resultados mais próximos do monitoramento. Esse resultado reforça a confiança no uso de simulações para avaliar o desempenho térmico com os dados de um ano de dados mais ameno, ou seja: nem

tão quente nem tão frio. Percebe-se também que as unidades habitacionais que tiveram melhor desempenho térmico apresentam uma porcentagem de horas de desconforto menor que 20% ao ano. Se se fixar o limite de horas de desconforto aceitáveis em 20% ao ano, percebe-se que poderiam ser aprovadas duas unidades habitacionais das estudadas em Londrina. Assim, seriam aceitas a casa de blocos cerâmicos e a casa de fibrocimento.

Considerando-se que os dados de temperaturas obtidos no monitoramento térmico são dados reais e que podem traduzir o desempenho térmico de uma edificação, tentou-se verificar uma correlação entre as características térmicas de cada sistema, e a seqüência do resultado de temperaturas, para se conhecer a influência de cada característica nesses resultados. Assim, criou-se um gráfico onde os sistemas construtivos aparecem no eixo horizontal em ordem decrescente de horas de desconforto obtidas no monitoramento, e no eixo vertical aparecem os valores das características térmicas dos sistemas construtivos.

Na Figura 11 apresenta-se a correlação entre a seqüência do desempenho térmico das unidades habitacionais estudadas e a transmitância das paredes, transmitância das coberturas para verão (fluxo descendente) e inverno (fluxo ascendente), fator solar das paredes, fator solar das coberturas, atraso térmico das paredes e atraso térmico das coberturas, e a área de aberturas em função da área do piso, constantes na Tabela 4.

Entre a maioria das características térmicas, não se observou nenhuma correlação direta com os resultados obtidos no monitoramento.

Apesar de a transmitância da parede do sistema construtivo de alvenaria tradicional ser menor que a dos sistemas de fibrocimento e concreto monolítico, e até mesmo da do sistema de blocos cerâmicos, isso não lhe conferiu o melhor desempenho térmico.

Observou-se que a característica térmica que apresenta uma correlação com o desempenho térmico é a ventilação. Quanto maior é a relação entre área de aberturas e área útil, menores são as horas de desconforto que o sistema apresenta e, conseqüentemente, melhor é o desempenho térmico do sistema construtivo. Portanto, além do aspecto da ventilação, não foi possível observar de forma expressiva nenhuma outra correlação entre o desempenho térmico e as características físicas da edificação.

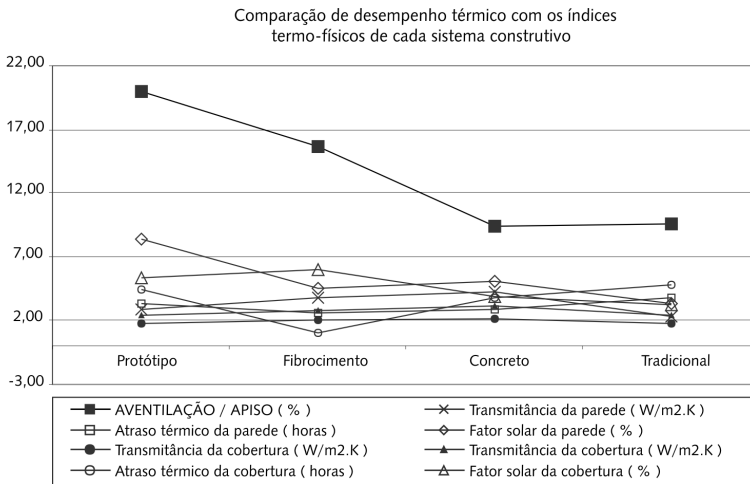


Figura 11 – Análise da influência das características térmicas dos sistemas construtivos e o desempenho térmico das unidades habitacionais estudadas

De posse dos orçamentos das unidades habitacionais, realizou-se uma análise comparativa dos custos para execução das unidades habitacionais em face do desempenho térmico dessas unidades. Na Tabela 6, pode-se ver os custos das unidades habitacionais.

Unidade habitacional	Custo total (R\$)	Área (m <sup>2</sup> )	Custo/m <sup>2</sup> (R\$)
Alvenaria tradicional	5.599,33	22,74	246,23
Concreto monolítico	6.101,68	22,74	268,32
Fibrocimento	10.768,59	48,82	220,58
Blocos cerâmicos	11.879,33	48,84	243,23

Tabela 6 – Custos das unidades habitacionais

Na Figura 12, apresenta-se um gráfico comparativo entre o custo unitário e o total de horas anuais de desconforto de cada unidade habitacional dividido por 10 (para efeito de visualização na escala do gráfico). A unidade habitacional mais viável, do ponto de vista dos desempenhos térmico e econômico, seria a que apresenta um bom desempenho térmico, ou seja, poucas horas de desconforto, a um baixo custo unitário.

## Relação custo/desempenho térmico das unidades habitacionais estudadas

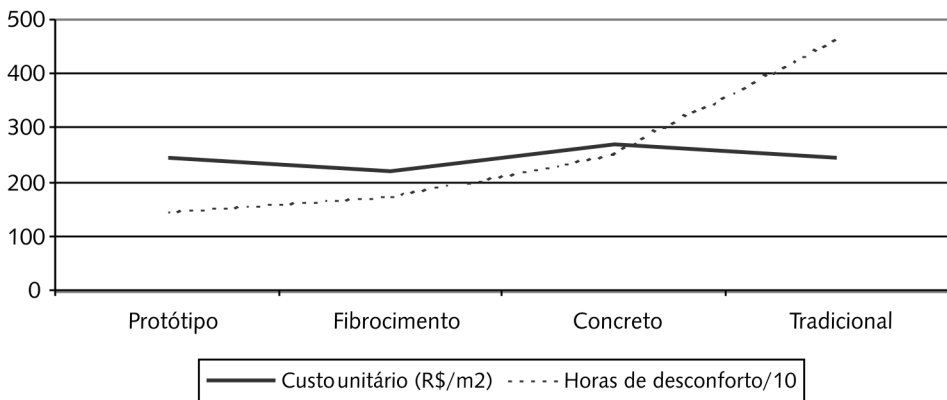


Figura 12 – Relação entre custo e desempenho térmico

Analisando-se o gráfico da Figura 12, observa-se que o custo em relação ao desempenho térmico segue a seguinte seqüência, do melhor para o pior resultado: fibrocimento, blocos cerâmicos, alvenaria tradicional e concreto monolítico. Nos casos estudados em Londrina, o melhor desempenho térmico não foi correspondente ao maior custo.

### 3.2 Subprojeto desenvolvimento de métodos de avaliação de desempenho de durabilidade em habitação popular

#### 3.2.1 Relativo ao levantamento das manifestações patológicas

Os objetos de estudo constaram de duas casas com fachada principal norte e três casas com fachada principal sul. Os resultados estão apresentados em termos percentuais, de modo a mostrar a incidência das patologias da argamassa de revestimento nas casas selecionadas. As patologias encontradas foram registradas com fotos, nas Figuras 13, 14, 15 e 16.

· **Fissuras Mapeadas** – Praticamente 100% das casas estudadas, independentemente da fachada, apresentaram manifestações patológicas de mapeamento. Observou-se que esse mapeamento apresentava-se de duas formas, pequeno e grande, conforme mostra a Figura 13. Esse tipo de manifestação ocorre, geralmente, devido à retração hidráulica, solicitações higrotérmicas e fatores relacionados a: dosagem (consumo elevado de cimento, excesso de finos e elevado consumo de água),



execução (espessura e número de camadas), argamassas com baixa retenção de água e argamassas com incapacidade de absorver as movimentações das camadas anteriores. Correlacionando-se esse tipo de manifestação com as condições climáticas do local, verifica-se que: 1) independentemente da fachada, as paredes leste, oeste e norte recebem uma incidência de radiação solar pela manhã e à tarde; 2) a parede sul recebe uma incidência de radiação menor, mas está sujeita a outros fatores do intemperismo, como umidade e ventos frios.

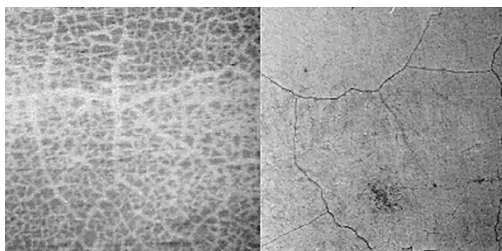


Figura 13 – Fissuras com mapeamento grande e pequeno

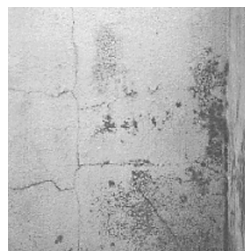


Figura 14 – Fissuras geométricas



Figura 15 – Descolamento de pintura e da argamassa



Figura 16 – Eflorescência e manchas

· **Manchas por Umidade e Biodeterioração do Revestimento** – Dos resultados obtidos verificou-se que as manchas e a biodeterioração são decorrentes dos seguintes fatores: vazamento, projeto, execução e materiais inadequados. No que se refere a vazamentos, ocorreu apenas em uma casa na parede norte. Esse vazamento foi devido a um problema na tubulação hidráulica do banheiro. A patologia encontrada caracterizava-se por uma mancha de umidade circular de diâmetro 1,75 m.

Com relação às patologias vinculadas a projeto verificaram-se os pontos a seguir.

1) Nas casas com fachada sul e fachada norte, a parede com orientação norte não apresentou em nenhuma das casas biodeterioração devido a umidade (bolor). Isso se deve a que, nessa parede, a incidência da radiação solar ocorre durante a maior parte do ano. Além disso, em associação à questão da radiação, têm-se o efeito positivo da direção do vento, da umidade relativa e da temperatura. Tendo em vista que o vento predominante é leste, e o secundário nordeste, a UR está em média 71%, e a temperatura, em torno de 21 °C.

2) Da análise dos resultados da parede sul, constata-se que 100% de manchas na fachada norte são decorrentes de manchas localizadas no centro da parede e no canto sul/oeste. Porém, nos resultados obtidos na parede sul, fachada sul, 100% das manchas estão no canto sul/oeste em todas as casas, 66,7% delas localizadas no centro da parede. Com relação às manchas concentradas na parede sul/oeste, decorrem, principalmente, dos problemas oriundos da parede oeste. Isso é analisado com mais detalhes nesta parede. Acredita-se que as manchas concentradas no centro da parede sejam decorrentes da declividade do terreno.

3) Em todas as casas com fachada sul, a parede com orientação oeste apresentou biodeterioração em toda a extensão da parede com uma altura de aproximadamente 50 cm do piso. As manchas decorrentes da biodeterioração são de coloração verde, tendendo a preta. Da análise, verificou-se que essas manchas são resultantes de inadequação do projeto. Com respeito à orientação a parede oeste, esta é a mais prejudicada, tendo em vista ser a que recebe menor incidência da radiação solar e também menor ventilação. Verifica-se que o lado oeste, no caso da fachada sul, tem um recuo 64% menor que no caso da parede oeste em casas com fachada norte, o que leva a um sombreamento desta parede e, como consequência, a uma maior incidência de manchas por umidade. Em associação a essas questões, observou-se que as manchas são mais intensas quando nesta parede está localizado o banheiro. Entretanto, a parede oeste, no caso das casas com fachada norte, apresentou uma menor incidência de manchas, o que caracteriza a importância do projeto sobre esse tipo de patologia, tendo em vista que, neste caso, o recuo é de 2,23 m e, em vez do banheiro, localizam-se nesta parede a sala e a cozinha.

· **Eflorescência** – Dos resultados, observa-se que não houve ocorrência de eflorescência nas paredes sul e norte, nas casas com fachadas sul e norte. Isso é resultante do efeito positivo da orientação, que contribuiu para a não-formação de

umidade nestas paredes e também pelo sistema de pintura utilizado na entrega da obra (pintura a cal), o que auxiliou no processo de carbonatação da argamassa dessas paredes. Porém, a parede oeste, em ambas as fachadas, apresentou incidência de eflorescência em 50% das casas com fachada norte e 33,3% com fachada sul. Já na parede leste a eflorescência só ocorreu em 50% das casas com fachada norte, parede esta com menor recuo lateral, em relação a da fachada sul, e onde está localizado o banheiro. Essa eflorescência foi resultante de sais que migraram para a superfície da argamassa, devido à presença de umidade e da pressão hidrostática.

### 3.2.2 Relativo à biodeterioração do revestimento

**Isolamento** – Foram isoladas 19 colônias de microorganismos que apresentaram características macroscópicas diferentes. Estas colônias serão classificadas em nível de gênero em uma etapa posterior do trabalho. Entre os microorganismos isolados, foram escolhidas cinco colônias diferentes para realização dos testes, em que se considerou a semelhança entre a aparência no local de coleta e os microorganismos isolados em laboratório e a maior frequência com que estes apareceram no processo de isolamento.

**Teste de ação antimicrobiana** – Os resultados do teste de ação antimicrobiana são apresentados na Tabela 7, que relaciona os tipos de tintas que inibiram ou não cada colônia de microorganismos.

Microorganismo	Cal	Látex PVA	Látex acrílico	Látex acrílico com antimfofo
1	-	-	-	-
2	+	+	+	-
3	-	+	-	-
4	+	+	+	+
5				

+ não houve formação de halo de inibição, ocorreu o crescimento do microorganismo próximo à tinta  
 - houve formação de halo de inibição, não ocorreu o crescimento do microorganismo próximo à tinta

Tabela 7 – Resultados do teste de ação antimicrobiana

De acordo com os resultados, todos os tipos de tintas testados formaram halos de inibição do crescimento dos microorganismos pequenos. A tinta que apresentou melhor desempenho ao inibir o crescimento dos microorganismos foi a látex

acrílica com antimofa, que inibiu a maior quantidade de microorganismos e provocou o maior halo de inibição. A tinta látex PVA apresentou o pior desempenho tanto em relação à quantidade de microorganismos inibidos quanto ao tamanho do halo de inibição formado.

Verificou-se que essas tintas não promovem a eliminação dos microorganismos; em alguns casos, apenas impedem o crescimento destes. Sendo assim, a aplicação de um sistema de pintura deve ser precedida da assepsia da parede mediante aplicação de uma substância germicida que elimine os microorganismos, de modo que a tinta tenha apenas a função de impedir o crescimento e a proliferação dos microorganismos. A utilização de sistemas de pintura na solução desse tipo de patologia não é definitiva enquanto as causas da presença de umidade na parede não forem sanadas. Na Figura 17 são mostradas as quatro das cinco colônias utilizadas no teste. A colônia 5, que teve seus resultados desconsiderados por ter havido contaminação do meio de cultura durante a realização do teste, não aparece na figura. Os resultados obtidos no teste estão representados na Figura 18.

#### **Teste com diferentes concentrações de solução de água sanitária e água**

– Os resultados obtidos no teste com diferentes concentrações de solução de água sanitária e água na eliminação dos microorganismos estão apresentados na Tabela 8. Através dos resultados foi possível verificar que a água sanitária apresentou um bom desempenho na eliminação dos microorganismos no teste em laboratório. As três concentrações testadas 1:3; 1:1 e 3:1 da solução de água sanitária e água que foram eficazes na eliminação dos microorganismos, pois em nenhuma das concentrações da solução ocorreu o crescimento de microorganismos. Sendo assim, a concentração que apresentou melhor desempenho foi a 1:3 (água sanitária:água), pois eliminou os cinco tipos de microorganismos e apresentou a maior economia devido à menor quantidade de água sanitária.

Microorganismo	1:3	1:1	3:1
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-

+ ocorreu crescimento de microorganismo na solução  
 - não ocorreu crescimento de microorganismo na solução

**Tabela 8 – Ação das diferentes concentrações da solução sobre os microorganismos selecionados**

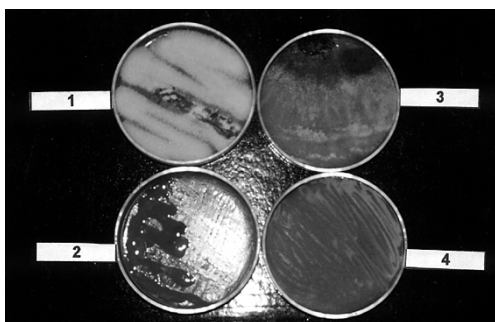


Figura 17 – Microorganismos utilizados nos testes

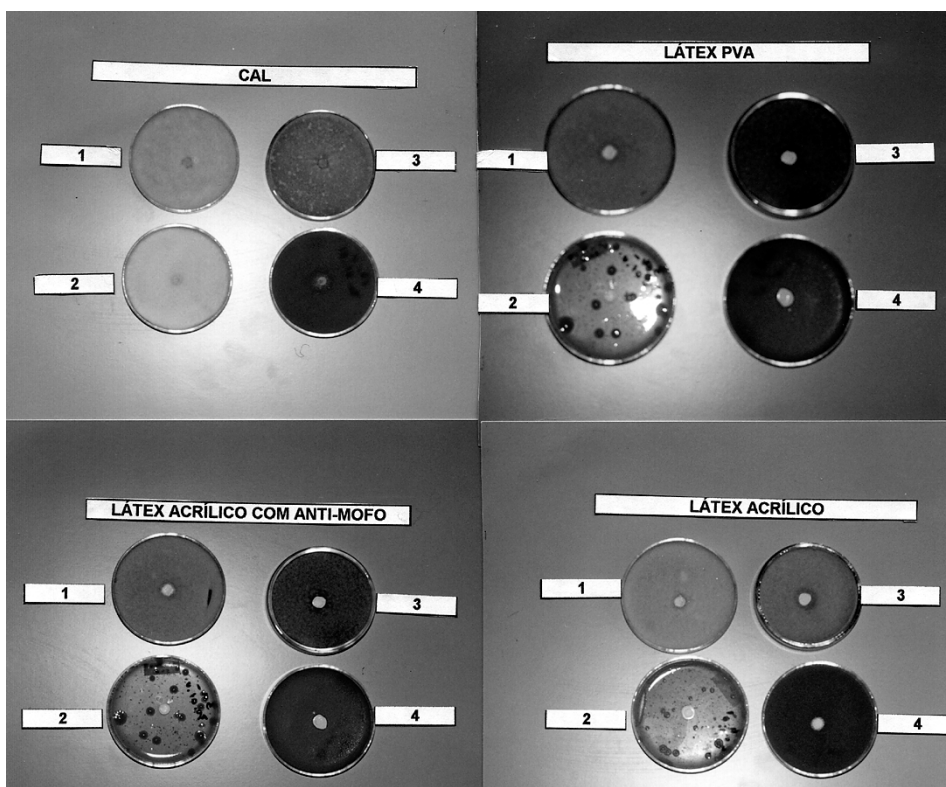


Figura 18 – Resultados do teste de ação antimicrobiana

### 3.2.3 Relativo ao estudo de insolação

INSOLAÇÃO - SOLSTÍCIO DE VERÃO

MANCHA SOLAR NO VERÃO

Período de banho solar das 13:40 às 14:50 hs.

INSOLAÇÃO - EQUINÓCIO

MANCHA SOLAR NO EQUINÓCIO

Período de banho solar das 13:00 às 14:10 hs.

INSOLAÇÃO - SOLSTÍCIO DE INVERNO

MANCHA SOLAR NO INVERNO

Período de banho solar das 13:00 às 14:00 hs.

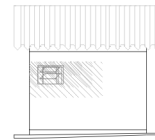
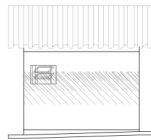
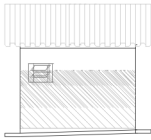


Figura 19 – Insolação na parede ao longo das estações do ano

Depois do levantamento das manifestações patológicas e da coleta e análise dos microorganismos selecionados, foi feito um estudo da influência do projeto, no que se refere à questão da insolação, na referida patologia. Na Figura 19 estão representadas as manchas de insolação na parede nas diferentes estações do ano.

A partir dos resultados obtidos verificou-se que a mancha solar surge na parte inferior da parede e com o decorrer de tempo desloca-se para a parte superior da parede. No verão ocorre o maior período de banho solar, e é nesta estação que a mancha solar abrange maior área da parede. No inverno ocorre o menor período de banho solar e também a menor área de parede com incidência solar.

Na região da parede, do piso até aproximadamente 50 cm de altura, onde ocorre a biodeterioração, só há incidência solar durante o verão. Nas outras estações não ocorre incidência da mancha solar nessa região. Sendo assim, constata-se que o período de banho solar nesta parede é pequeno e insuficiente, e atua como um fator que favorece a proliferação dos microorganismos sobre ela.

### 3.2.4 Relativo ao monitoramento de ventilação

A partir dos dados levantados no monitoramento chegou-se a uma velocidade média do vento de 0,022 m/s na residência de paredes monolíticas de concreto e de 0,338 m/s no protótipo de blocos cerâmicos. Essa diferença entre as velocidades médias do vento resulta da relação entre a área de piso e a área de ventilação que na residência de paredes monolíticas de concreto é de 9,32%, e no protótipo de blocos cerâmicos é de 20,08%.

A norma Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de inte-

resse social (1998) preconiza que a relação ideal (entre a área de piso e a área de ventilação) deve estar contida no intervalo de 15% a 20%. Sendo assim, destaca-se a importância do estudo da ventilação na elaboração de projetos, tendo em vista que este fator poderá atuar de maneira a favorecer o surgimento de manifestações patológicas vinculadas a condensação e umidade no interior da edificação.

## **4 Proposta de encaminhamento para aperfeiçoamento de textos de normas, já existentes, para avaliação de desempenho térmico em habitação popular. Proposta de ensaios de durabilidade em habitação popular. Etapas a serem ainda desenvolvidas. Problemas ainda pendentes.**

### **4.1 Subprojeto Aperfeiçoamento de Métodos de Avaliação de Desempenho Térmico em Habitação Popular**

Com base nos estudos realizados em Londrina, PR, propõe-se a inclusão de uma forma alternativa de avaliação de desempenho térmico de habitações populares, através da quantificação das horas anuais de desconforto. Essa forma alternativa deve ser incorporada à Parte 3 do Projeto de Normalização em Conforto Ambiental: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

Entende-se por horas de desconforto aquelas horas em que a temperatura interna da edificação permanece fora do intervalo de 18 °C a 29 °C, conforme a zona de conforto da carta bioclimática de Givoni (1992).

O procedimento para quantificação das horas anuais de desconforto deve ser feito com resultados de temperaturas horárias obtidas através de simulação térmica da edificação com qualquer ferramenta de simulação horária anual, usando um arquivo climático formado por dados horários do ano climático de referência da região, onde será ou está inserida a edificação.

Sugere-se como requisito para aprovação da edificação aquelas que não ultrapassem no seu interior 20% de horas anuais de desconforto, o que equivale a 1.752 horas com temperaturas fora do intervalo de 18 °C a 29 °C.

Este método de avaliação permite uma maior flexibilização de alternativas construtivas compensatórias sem prejudicar o conforto dos usuários, ou seja, para edificações que adotam paredes que estejam fora dos requisitos prescritos para

transmitância, a edificação pode ser aprovada se o item ventilação compensar de tal forma que na avaliação por desempenho os cálculos consigam demonstrar que a edificação não ultrapasse o limite de 1.752 horas de desconforto, ou 20% de horas anuais de desconforto.

## 4.2 Subprojeto Desenvolvimento de Métodos de Avaliação de Desempenho de Durabilidade em Habitação Popular

Propostas de procedimentos de ensaios darão continuidade à pesquisa, bem como poderão subsidiar a elaboração de normas técnicas.

### Relativo ao estudo da biodeterioração

#### 1) Procedimentos de microbiologia

Esta proposta tem por objetivo sistematizar e descrever detalhadamente os procedimentos utilizados para coleta, transporte, semeadura e isolamento de microorganismos que ocasionam a biodeterioração, com base em métodos de microbiologia básica. Os microorganismos isolados através desta metodologia ainda não foram enviados para classificação devido à dificuldade de encontrar instituições que realizem esse tipo de serviço.

#### 2) Teste de desempenho de tintas

Este teste tem por objetivo verificar o desempenho de tintas vendidas comercialmente no que se refere à biodeterioração. Sendo assim, a partir dos resultados é possível verificar se a tinta serve como fonte de nutrição para os microorganismos que provocam a biodeterioração. O teste consiste em colocar os microorganismos imersos nas tintas diluídas em água. Depois de determinado tempo, essas tintas são colocadas em meio de cultura sólido que deverá estimular o crescimento dos microorganismos. Se na tinta colocada em meio de cultura não crescerem microorganismos, conclui-se que na composição desta não se encontram substâncias das quais estes microorganismos possam obter nutrientes necessários para o seu desenvolvimento. Cabe destacar que no procedimento descrito a seguir as quantidades de materiais e equipamentos são decorrentes do número de microorganismos e tintas utilizadas no teste.

### Procedimento

Replicar os microorganismos escolhidos para serem utilizados no teste. Lavar 20 tubos de ensaio com escova e detergente, enxaguar em água corrente e em água destilada. Colocar os tubos de ensaio na estufa para secarem. Depois de secos os



tubos de ensaio devem ser tampados com bonecas e terem suas tampas embrulhadas com papel. Em um erlemmeyer de 120 ml, colocar água destilada para ser utilizada na diluição das tintas na proporção indicada pelos fabricantes, tampar o erlemmeyer com uma boneca e embrulhar sua tampa com papel. Tampar com boneca e embrulhar a tampa de quatro erlemmeyers de 50 ml, que serão utilizados para a diluição das tintas. Embrulhar pipetas de 5 ml com papel e fazer um pacote para colocar estas pipetas embrulhadas. Colocar todos os erlemmeyers, tubos de ensaio e o pacote com pipetas na autoclave durante 20 minutos a 121 °C para esterilizar. Em seguida, levar todo o material autoclavado para a estufa para secar e evitar a contaminação dele pela umidade. Passadas 24 horas, retirar todo o material da estufa e deixar à temperatura ambiente para esfriar. Preparar a câmara de fluxo laminar. Dentro da câmara de fluxo laminar é realizada a diluição das tintas nos erlemmeyers esterilizados e é acrescentada água destilada por meio de uma pipeta esterilizada. Com as pipetas estéreis, colocar 5 ml de cada uma das tintas diluídas em cinco tubos de ensaio estéreis. Das placas contendo os microorganismos repicados inicialmente, são cortadas esferas contendo BDA e microorganismo através de um cortador. Como se está trabalhando com microorganismo diferentes, ao terminar de cortar esferas em uma placa, deve-se flambar o cortador na chama do bico de Bunsen da câmara, evitando, assim, a contaminação. Com a alça de platina, transferir duas esferas de cada tipo de microorganismo (cinco tipos em estudo) para quatro tubos de ensaio, cada um contendo um diferente tipo de tinta. Após colocar as esferas no tubo de ensaio contendo a tinta a ser estudada, este tubo deve ser imediatamente tampado com a boneca. Agitar o tubo de ensaio para que as esferas fiquem imersas na tinta. Retirar os tubos de ensaio da câmara de fluxo laminar e levá-los para estufa onde permanecerão por sete dias. Preparar swabs e placas com meio de cultura sólido BDA. Passados sete dias, dentro da câmara de fluxo laminar realiza-se a transferência de parte da tinta de cada tubo de ensaio para uma placa contendo meio de cultura sólido BDA através de swabs. As placas são vedadas, retiradas da câmara e levadas para a estufa por 15 dias. Após 15 dias, as placas são retiradas da estufa e verifica-se o crescimento ou não de microorganismos na tinta plaqueada.

### **Relativo ao ensaio do cachimbo**

Este ensaio tem por objetivo avaliar a capacidade impermeabilizante ou de repelência à água de revestimentos de parede, de maneira rápida e prática, comparando resultados de ensaios obtidos no laboratório e/ou no canteiro de obra. Sendo assim, pretende-se a partir de estudos com diferentes tipos de revestimentos esta-

belecer valores-limite, de forma que, após análise dos resultados, em laboratório e *in loco*, a fiscalização possa aceitar ou rejeitar o revestimento.

### **Relativo ao ensaio com ultra-som**

Este ensaio não destrutivo tem por objetivo avaliar o estado e as condições em que se encontram os diferentes tipos de revestimentos e/ou tecnologias construtivas, principalmente aquelas à base de aglomerantes hidráulicos. Da mesma forma que no ensaio do cachimbo, pretende-se estabelecer correlações entre o tempo de propagação das ondas e o estado de conservação do revestimento e/ou tecnologia; o desempenho de diferentes tipos de revestimentos e/ou tecnologia construtiva. Os valores encontrados nessas correlações poderão subsidiar normas técnicas e, conseqüentemente, o trabalho da fiscalização na escolha e acompanhamento de obras.

### **4.3 Etapas a serem ainda desenvolvidas. Problemas ainda pendentes**

Pretende-se, ainda, prosseguir nessa linha de pesquisa e verificar a correlação entre as manifestações patológicas e os dados de temperatura, umidade e ventilação no interior de habitações populares.

Espera-se a superação dos problemas que impediram a COAHB de construir as duas unidades habitacionais propostas no projeto e, após a construção, prosseguir com o monitoramento das casas ocupadas, para obtenção de mais dados reais para suporte da metodologia.

## Referências bibliográficas

AKUTSU, M. S., et al. **Crítérios mínimos de desempenho de habitações térreas unifamiliares**. São Paulo: IPT, p. 35-47, 1998. Conforto térmico.

AKUTSU, M. S., et al. **Crítérios mínimos de desempenho de habitações térreas unifamiliares**: Anexo 5: Conforto Térmico – Relatório técnico n.º 33.800. São Paulo: IPT, 1995.

BARBOSA, M. J.; LAMBERTS, R. Avaliação térmica de edifícios: subsídios para a normalização brasileira In: ENCONTRO NACIONAL TECNOLOGIA NO AAMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1993. **Anais...** São Paulo, 1993.

BARBOSA, M. J. **Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares**. 1997. 274 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BARBOSA, M. J. et al. **Arquivo climático de interesse para edificação nas regiões de Londrina e Cascavel (PR)**. Londrina: Ed. da UEL, 1999. 64 p.

BAUER, R. J. F. Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. 2., **Anais...** Salvador, 1997.

CARDOSO, A. P. **Tecnologia de cerâmica vermelha do norte do Paraná aplicada na produção do componente para a alvenaria estrutural**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

CINCOTTO, M. A.; UEMOTO, K. L. Patologia das argamassas de revestimento: aspectos químicos. In: SEMINÁRIO SOBRE PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES. 1986. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. Divisão de edificações – Agrupamento de Materiais. Escola Politécnica — Palestra.

FANGER, P. O. **Thermal comfort**: analysis and applications in environmental engineering. New York: McGraw-Hill, 1972. 244 p.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos**: estudos e procedimentos de execução. São Paulo: PINI, 1994.

GIVONI, B. Comfort climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, v. 18, n. 1, p. 11-23, 1992.

GOULART, S.; LAMBERTS, R. Metodologias de tratamento de dados climáticos para análises térmicas de edificações In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1993. **Anais...** São Paulo, 1993.

HACHICH, V. F. Critérios mínimos para a avaliação de produtos de construção civil. In: NUTAU'96. 1996. **Anais...** São Paulo, 1997, p. 417-426.

HINO, M. K.; MELHADO, S. B. A qualidade e o desempenho da habitação de interesse social. In: WORKSHOP TENDÊNCIAS RELATIVAS À GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** São Paulo, 1997.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO (IPT). Divisão de Edificação. **Conforto higrotérmico**: avaliação de desempenho de habitações térreas unifamiliares. São Paulo, 1981. Trabalho desenvolvido para o BNH. Mimeo.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.

**Moderate thermal environments** – Determinations of PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, 1984. (ISO 7730: 1984).

KRÜGER, E. L.; RIDLEY, I.; LAMBERTS, R. Ventilação natural de uma casa popular padrão COHAB: avaliação das taxas de ventilação para diferentes tipos de orientação e abertura. In: II ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Fortaleza, 1999, n. 20.

KRÜGER, E. L.; LAMBERTS, R. Avaliação do Desempenho Térmico de Casas Populares. In: ENTAC 2000 - VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Salvador, 2000.

LAMBERTS, R. Desempenho Térmico de Edificações: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de calor dos elementos componentes de edificações. **Relatório parcial do projeto Normalização em Conforto Ambiental**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (1998a).

LAMBERTS, R. Desempenho Térmico de Edificações: procedimentos para avaliação de habitação de interesse social. **Relatório parcial do projeto Normalização em Conforto Ambiental**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (1998b).

LAMBERTS, R.; PEREIRA, F. ; SOUZA; GHISI, E. Normalização em Conforto Ambiental. In: WORKSHOP AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO E DE DESEMPENHO, São Paulo, 1998.

**Manual técnico de alvenaria, Associação Brasileira da Construção Industrializada (ABCI)**, 1990.

MARTUCCI, R. Análise e avaliação de desempenho: Vila Tecnológica de Ribeirão Preto: COHAB/RP-PROTECH. In: WORKSHOP AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO E DE DESEMPENHO. **Anais...** São Paulo, 1998. p. 11-29.

MORTON, L. H. G.; SURMAN, B. S. The role of biofilms in biodeterioration – A review. In: WORKSHOP DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 1., São Leopoldo, 1997. **Anais...** Coord. Kazmierczak, C. S.; LIMA, M. G. São Leopoldo: UNISINOS/ ANTAC, 1997. p. 43-54.

**Lia Buarque de Macedo Guimarães** é desenhista industrial e comunicadora visual (1977) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC/RJ). Mestre em Comunicação (1987) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e doutora pela Universidade de Toronto no Canadá, 1992. Foi colaboradora no CIENTEC no período de 1993 a 1995. Atualmente é professora e pesquisadora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sendo coordenadora da área de Ergonomia do Laboratório de Otimização de Processos e Produtos do Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção.  
E-mail: liabmg@ppgep.ufrgs.br

**Tarcisio Abreu Saurin** é engenheiro civil (1994) pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre (1997) e doutor (2002) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor adjunto da Universidade de Caxias do Sul e do curso de especialização em Engenharia de Segurança da Universidade de Passo Fundo (UPF). Atualmente é pesquisador na UFRGS no Laboratório de Otimização de Processos e Produtos, com atividades junto a empresas do setor privado.  
E-mail: saurin@vortex.ufrgs.br

**Elvira Lantelme** é engenheira civil (1990) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestre em 1994 e atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Participou de pesquisas e projetos no Núcleo Orientado à Inovação na Edificação (NORIE) da UFRGS. Foi estagiária no Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e no Sindicato da Indústria da Construção (SINDUSCON).  
E-mail: lantelme@cpgec.ufrgs.br

**Carlos Torres Formoso** é engenheiro civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (1980). Doutor pela University of Salford, Inglaterra (1991) e tem pós-doutorado na University of Califórnia (2000), USA. Professor Adjunto da UFRGS desde 1989, atuando nas áreas de Gerenciamento da Construção Civil e Engenharia de Produção. Atualmente é vice-presidente da ANTAC e consultor *ad-hoc* da FINEP, FAPEMIG, FAPESP, FAPERGS. Membro do IGLC - International Group for Lean Construction. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Editor da Revista Ambiente Construído, da ANTAC.  
E-mail: formoso@vortex.ufrgs.br

# 9.

## Contribuições para revisão da NR-18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da Construção

Lia Buarque de Macedo Guimarães, Tarcisio Abreu Saurin, Elvira Lantelme  
e Carlos Torres Formoso

### Resumo

**A** pesar do avanço proporcionado pela NR-18 em termos de legislação e de incentivo às empresas para o aprimoramento da segurança, a norma tem provocado dúvidas quanto à sua interpretação e questionamentos a respeito da viabilidade técnica e econômica de algumas de suas exigências, tanto entre a fiscalização quanto entre gerentes de obra. Assim, visando contribuir para tornar a NR-18 mais clara, abrangente e coerente com as necessidades do setor, este trabalho tem como objetivo principal fornecer subsídios para a revisão dessa norma. Em termos gerais, as principais contribuições da pesquisa são: (1) estimar o nível de aplicação da norma; (2) identificar as principais oportunidades para modificar a concepção da norma, na sua estrutura organizacional e filosofia; e (3) apontar prioridades para estudos futuros, por meio dos quais sejam solucionados ou minimizados os problemas identificados ao longo desta pesquisa.

# 1 Introdução

Ao comparar as recomendações propostas na bibliografia internacional em relação à prevenção de acidentes e doenças no trabalho (HINZE, 1997; DIAS; FONSECA, 1996; DIAS; COBLE, 1996; LISKA et al., 1993; HINZE, 1991; DAVIES; TOMASIN, 1990) com a realidade da Construção Civil no Brasil, pode-se constatar que os métodos de combate a acidentes usados nos países desenvolvidos estão em estágio claramente mais avançado.

No Brasil, conforme se pode inferir das estatísticas de acidentes de trabalho e dos resultados de estudos como os de Araújo e Meira (1996), Cruz (1996) e Saurin (1997), a maioria dos canteiros não implementa nem mesmo instalações básicas de segurança. Também não é prática usual nas empresas a existência de uma política de segurança do trabalho, com metas e estratégias definidas, de modo semelhante ao que é feito para os processos produtivos.

Hinze (1997), Davies e Tomasin (1990) e Liska et al. (1993) defendem a elaboração de programas de gestão da segurança contendo diversos elementos que ultrapassam em muito o simples fornecimento das proteções coletivas e individuais. Esses programas devem estabelecer uma série de procedimentos a serem seguidos desde a etapa de projeto da edificação e devem prosseguir ao longo de toda sua execução, como, por exemplo, treinamento, programas para combater o alcoolismo, reuniões periódicas com os operários para tratar da segurança do trabalho e incentivos para a redução de acidentes.

A viabilidade de implantação e de manutenção de práticas semelhantes às listadas acima, assim como a aplicação das normas de segurança do trabalho, é facilitada se a segurança for integrada ao sistema de gerenciamento da empresa, tratando-se de suas interfaces com todos os outros processos gerenciais, como o planejamento e controle da produção e os projetos, por exemplo.

Os altos custos diretos e indiretos decorrentes da falta de segurança (HINZE, 1991; DE CICCIO, 1988) deveriam alertar os empresários do volume de recursos que é desperdiçado cada vez que ocorre um acidente, sendo esse um forte argumento para estimular investimentos na área. De acordo com Hinze (1997), muitos construtores costumam negar investimentos em segurança utilizando a justificativa de que a alta rotatividade da mão-de-obra e o ambiente de trabalho variável fazem da construção uma atividade predestinada a ter altos índices de acidentes de trabalho. O autor



refuta essa justificativa e afirma que as características próprias da construção apenas tornam a tarefa de redução de acidentes mais desafiadora.

Entretanto, além de ser uma meta da empresa, a segurança também é uma obrigação legal, cabendo ao empregador cumprir a legislação vigente. As normas HSW (*Health and Safety at Work*) na Grã-Bretanha, as normas OSHA (*Occupational Safety and Health*) nos Estados Unidos e as NR (Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho) no Brasil são normas genéricas que estabelecem os requisitos aos quais todas as indústrias devem atender, existindo, porém, normas específicas para alguns setores, como é o caso da indústria da construção.

Entre as NR, especial atenção deve ser dispensada à NR-18 (Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção), visto que essa é a única norma dirigida especificamente à indústria da construção, constituindo-se na principal legislação brasileira para regulamentação da segurança e das condições de trabalho em canteiros de obra. A atual versão da NR-18 foi publicada em 07/07/95 no Diário Oficial da União, estando em vigor desde então.

A nova versão da NR-18 deu novo impulso às discussões e ações de melhoria relativas à segurança no trabalho. O tema hoje ganha espaço entre as preocupações de empresários e trabalhadores, os quais vêm despertando para a importância de melhorar a segurança e as condições de trabalho nas obras. Esse fato é possível de ser constatado em algumas empresas que, no âmbito de seus programas de melhoria da qualidade e motivadas pela NR-18, vêm realizando progressivos investimentos no oferecimento de melhores condições de segurança e conforto aos operários.

Embora a NR-18 seja um avanço, no atual estágio de normalização de segurança do trabalho, ao confrontá-la com normas e recomendações da bibliografia internacional fica evidente que ainda há um longo caminho a percorrer até que exista no Brasil uma legislação completa e adequada à realidade da indústria da construção nacional. Assim, é plausível esperar, de forma semelhante ao que ocorreu com as normas OSHA norte-americanas (HINZE, 1997) e com as normas HSW britânicas (DAVIES; TOMASIN, 1990), que decorra um período de tempo significativo para a avaliação, o aperfeiçoamento e a complementação da atual versão da norma.

Como decorrência da situação atual, a NR-18 tem provocado dúvidas quanto à sua interpretação e questionamentos a respeito da viabilidade técnica e econômica de algumas de suas exigências, tanto entre a fiscalização quanto entre gerentes de obra. Assim, visando contribuir para tornar a NR-18 mais clara, abrangente e coe-

rente com as necessidades do setor, este trabalho tem como objetivo principal fornecer subsídios para a revisão dessa norma, considerando-se que ela está em contínuo processo de revisão pelos comitês permanentes regionais e pelo comitê nacional (órgãos tripartites criados pela NR-18 e formados por representantes do governo, empresários e trabalhadores). Este artigo apresenta os principais resultados dessa pesquisa, a qual foi desenvolvida desde maio de 1998 até dezembro de 1999 por um grupo de pesquisadores de sete universidades brasileiras.

## 2 Método de pesquisa

A fim de dar ao estudo uma maior amplitude, buscou-se a participação de instituições de ensino e pesquisa de diferentes cidades do Brasil. Essas instituições se reuniram a partir do interesse comum na pesquisa sobre segurança do trabalho na Construção Civil. A atuação em cidades com perfis distintos permitiu um vasto leque de percepções sobre o tema.

Como resultado, obteve-se a participação inicial de pesquisadores das seguintes instituições: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade de Passo Fundo (UPF/RS), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/RS), Universidade de Fortaleza (UNIFOR/CE) e Universidade Federal da Bahia (UFBA/BA). Ao longo do desenvolvimento do trabalho, outras duas instituições se integraram à rede de pesquisa: a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS/BA) e o CEFET/PB (Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba).

As etapas desenvolvidas neste projeto foram as seguintes:

- a) levantamento e análise da incidência de acidentes e doenças do trabalho ocorridos na atividade de Construção Civil. Os dados levantados referem-se aos acidentes ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul, nos anos de 1996 e 1997;
- b) diagnóstico da adequação de canteiros de obra de edificações aos requisitos da NR-18;
- c) registro e documentação de boas e más práticas em segurança do trabalho em canteiros de obra;
- d) entrevistas com empresários, especialistas em segurança, fiscais do Ministério do Trabalho e lideranças dos sindicatos dos trabalhadores, a fim de verificar a percepção desses intervenientes quanto às lacunas da norma;
- e) identificação dos elementos mais críticos da norma, tendo como principal critério

a comparação entre os dados obtidos a partir do diagnóstico dos canteiros com os dados referentes aos acidentes de trabalho do Rio Grande do Sul; e

f) análise dos elementos da norma considerados mais críticos segundo o presente estudo, apresentando-se contribuições para o aperfeiçoamento das exigências correspondentes.

## 2.1 Levantamento e análise da incidência de acidentes e doenças do trabalho

As informações disponíveis sobre acidentes e doenças profissionais no Brasil são frequentemente criticadas por não serem consistentes e não receberem um tratamento adequado para que possam ser utilizadas na definição de ações preventivas. Assim, procurou-se realizar o levantamento de acidentes de trabalho e doenças profissionais na atividade de Construção Civil (subsetor de edificações) no Rio Grande do Sul.

Os dados levantados referem-se somente ao Estado do Rio Grande do Sul, devido à facilidade de acesso a esse dados e ao desenvolvimento de uma dissertação de mestrado sobre o assunto (COSTELLA, 1999) no NORIE/UFRGS.

O levantamento dos dados foi feito com base na Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT). A CAT é um instrumento formal de registro de acidentes e doenças do trabalho, devendo ser preenchida por empresas públicas e privadas, com o intuito de que os acidentados recebam os benefícios da Previdência Social. A amostra levantada constou de todas as CATs emitidas nos anos de 1996 e 1997 em todo o Estado do Rio Grande do Sul, disponíveis na Delegacia Regional do Ministério do Trabalho e Emprego (DRTE/RS). Dessa forma, foram separadas 2.839 CATs referentes a edificações em geral dentre as 45.206 existentes na DRTE relativas aos anos estudados. Foram incluídos no estudo os acidentes típicos e as doenças do trabalho, não sendo considerados os acidentes de trajeto devido ao fato de estes não estarem relacionados diretamente à atividade de construção, foco deste trabalho.

Deve-se considerar que o levantamento sobre acidentes do trabalho com base em dados oficiais, como as CATs, pode não representar a realidade do setor em virtude da subnotificação principalmente de acidentes com afastamentos inferiores a 15 dias. Segundo Lucca e Fávero (1994), essa subnotificação é resultado, entre outros fatores, da obrigação das empresas em tratar o acidentado nos primeiros 15 dias (Lei 6.367, de 1976) e ainda da concessão de estabilidade no emprego por 12

meses para os acidentados com mais de 15 dias de afastamento do trabalho (Lei 8.213, de 1999).

Com o objetivo de se constatar a existência de subnotificações no subsetor de edificações também foram pesquisados os registros de acidentes em uma usina hidrelétrica. A inclusão dos dados da usina deve-se ao fato de se tratar de uma obra peculiar em relação à notificação de acidentes: havia um ambulatório nessa obra, e os acidentados se dirigiam ao médico responsável, o qual preenchia a CAT considerando a severidade da lesão.

Assim, comparando-se a incidência de acidentes leves (sem afastamento e com afastamento menor de 15 dias) entre o subsetor de edificações e a usina hidrelétrica, Costella (1999) aponta que na usina hidrelétrica os afastamentos inferiores a 15 dias representaram 97,4% dos acidentes, enquanto esse percentual é de 57,6% no subsetor de edificações. Além disso, na usina hidrelétrica, quase 50% dos acidentes não promoveram afastamento, enquanto no subsetor de edificações esse percentual foi de apenas 2,5%.

As variáveis analisadas no estudo de Costella (1999) foram as seguintes:

- a) perfil e porte da empresa: micro ou pequena, média e grande;
- b) perfil dos trabalhadores: profissão, idade, estado civil, salário e sexo;
- c) distribuição temporal dos acidentes: data e hora em que ocorreram;
- d) causa do acidente: natureza e agente da lesão;
- e) lesões e partes do corpo atingidas; e
- f) gravidade do acidente: duração do tratamento, afastamento do trabalho e mortes.

Neste artigo são apresentados apenas os resultados da análise das variáveis mais relevantes, levando-se em conta o objetivo principal do projeto de pesquisa. Assim, foram selecionadas as variáveis consideradas importantes para a identificação das causas dos acidentes e sua relação com as exigências da NR-18. São elas: profissão dos trabalhadores, natureza e agente da lesão, partes do corpo atingidas e gravidade dos acidentes. A análise completa do levantamento das CATs pode ser encontrada em Costella (1999).

Tendo em vista o processamento dos dados, foi elaborado um banco de dados no aplicativo *Microsoft Access*® 97 baseado em um formulário central e em cinco subformulários com interface gráfica para as partes do corpo atingidas: cabeça, corpo ventral e dorsal, mãos e pés (Figura 1).

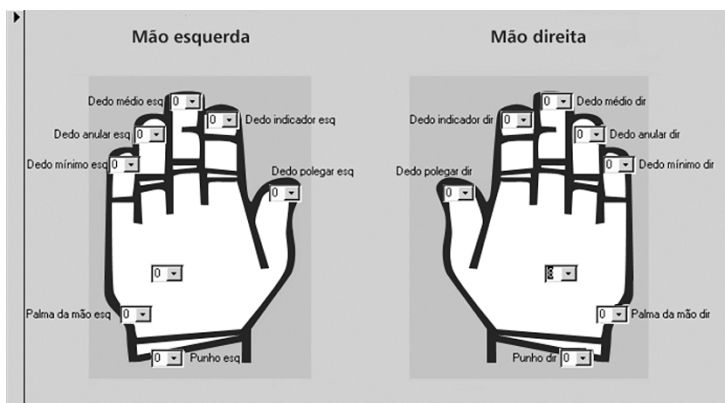


Figura 1 – Tela de entrada de lesões para as mãos

## 2.2 Diagnóstico da adequação de canteiros de obra aos requisitos da NR-18

Para a avaliação do grau de cumprimento da NR-18 nos canteiros de obra, foi elaborada e aplicada uma lista de verificação que inclui os principais requisitos dessa norma. Considerando-se os objetivos da pesquisa e a significativa extensão da norma, foi realizada uma seleção dos itens a serem incluídos na lista. Os critérios adotados na seleção foram os seguintes:

- a) abordar itens da norma que fossem passíveis de verificação visual no canteiro em uma única visita. Desse modo, foram excluídas da lista aquelas exigências de difícil comprovação, tais como os itens 18.2 (Comunicação Prévia) e 18.28 (Treinamento);
- b) selecionar exigências relacionadas ao subsetor de edificações, foco da pesquisa. Desse modo, foram excluídos itens de rara aplicação ou não aplicáveis a esse subsetor, tais como os itens 18.19 (Serviços em Flutuantes), 18.20 (Locais Confinados) e 18.25 (Transporte de Trabalhadores em Veículos Automotores); e
- c) não incluir exigências relacionadas a tecnologias construtivas pouco utilizadas, quando comparadas à tecnologia convencional (estruturas de concreto armado moldado no local e alvenaria de vedação). Esse critério levou à exclusão, por exemplo, do item 18.10 (Estruturas Metálicas).

A aplicação desses critérios resultou na identificação de 31 grandes elementos, divididos em 181 exigências da norma. A redação das exigências e a configuração física da lista de verificação utilizaram os procedimentos adotados por Saurin (1997). Dessa forma, as respostas assinaladas com a opção “sim” representam o

cumprimento da norma, enquanto que as respostas assinaladas com “não” representam seu descumprimento. As respostas assinaladas com “não se aplica” indicam requisitos que não eram necessários no canteiro, seja devido à tipologia da obra ou à fase de execução no dia da visita. A Figura 2 apresenta um exemplo dos requisitos da lista de verificação.

D3) Vestiário Caso não exista vestiário, marque "não" para todos os itens	Sim	Não	Não se aplica
D3.1) Está localizado próximo aos alojamentos e/ou à entrada da obra			
D3.2) Não tem ligação direta com o refeitório, ou seja, não possui portas e/ou janelas em comum			

Figura 2 – Exemplo de configuração e requisitos da lista de verificação.

É importante salientar que se procurou dar à lista um caráter auto-explicativo, necessitando-se o mínimo de treinamento para sua aplicação. Alguns itens, no entanto, apresentam exigências técnicas que requerem o conhecimento dos dispositivos de segurança mencionados. São exemplos os itens 18.14.44.4 (sistema de trava de segurança para a cabine do elevador de carga), 18.15.47.1 (dispositivo de bloqueio mecânico automático nos andaimes suspensos) e 18.22.20 (duplo isolamento nas ferramentas elétricas). Os estagiários responsáveis pela aplicação da lista foram instruídos a respeito dessas particularidades. A lista completa utilizada na pesquisa pode ser encontrada em Saurin et al. (2000).

A lista foi aplicada em 79 canteiros de obra de edificações residenciais e/ou comerciais situadas em sete cidades no Brasil: Porto Alegre (RS), Santa Maria (RS), Passo Fundo (RS), Fortaleza (CE), Salvador (BA), Feira de Santana (BA) e João Pessoa (PB). Como o estudo não tinha a intenção de fazer um levantamento representativo do setor sob o ponto de vista estatístico, considerou-se esse conjunto de obras suficiente. O Quadro 1 apresenta o número de empresas e de canteiros avaliados em cada cidade.

	Porto Alegre	Passo Fundo	Santa Maria	Fortaleza	Salvador	Feira de Santana	João Pessoa	Total
Empresas	8	11	8	13	8	4	9	61
Canteiros	14	13	11	14	9	6	12	79

Quadro 1 – Número de empresas e canteiros analisados por cidade


Os critérios adotados para a seleção das empresas e das obras estudadas nesta pesquisa foram os seguintes:

- a) optou-se por escolher empresas atuantes no subsetor de edificações e que estivessem envolvidas com a implantação de melhorias em seus canteiros. No entanto, em algumas cidades, a maioria das empresas não possuía um programa formal de melhoria. Nesses casos, buscou-se escolher as empresas com mais tempo no mercado e com as quais as instituições de pesquisa tivessem um bom relacionamento, viabilizando o acesso às suas obras;
- b) estabeleceu-se um limite de no máximo três obras pesquisadas por empresa, de forma a evitar que o perfil de uma empresa predominasse sobre as demais;
- c) buscaram-se obras de múltiplos pavimentos, executadas com tecnologia convencional, uma vez que essas características são típicas da maioria das obras do subsetor de edificações; e
- d) procurou-se por obras cujas fases de execução envolvessem grande concentração de riscos de acidentes, tais como as fases de estrutura e de revestimento externos. Em consequência, foram evitadas obras com reduzido grau de concentração de riscos, como as que estão na fase de acabamentos.

Na tabulação dos dados, os canteiros receberam notas em uma escala de zero a dez, com base no percentual de requisitos cumpridos em relação ao número de requisitos exigidos. Desse modo, todos os itens marcados com “não se aplica” foram desconsiderados para fins de atribuição de notas.

### 2.3 Registro e documentação de boas práticas

Durante as visitas aos canteiros para aplicação da lista, também foram documentadas boas e más práticas de segurança do trabalho, por meio de registro fotográfico. O objetivo foi complementar o diagnóstico dos canteiros e desenvolver um banco de dados de boas e más práticas no cumprimento da norma que pudesse ser disponibilizado aos profissionais do setor. Um exemplo de registro documentado no banco de dados é apresentado na Figura 3.

Código da foto:	01.006.007	Assunto:	Ferragens	Boa prática?	<input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não
Objetivo da foto:	Demonstrar exemplo de proteção em espera horizontal de ferragens, através de suportes rígidos de plástico encaixáveis.		Item (na) da NR-18:	18.8.5	
Palavras-chave:	ferragens, pontas de vergalhões, impacto contra		Foto:		
Observações:	O risco inerente no exemplo da foto é o de choque acidental do trabalhador contra as pontas de ferragens. A NR-18 refere-se somente a pontas verticais de vergalhões.				

Registro: 1 de 1

Figura 3 – Exemplo de registro no banco de dados de boas e más práticas de cumprimento da norma

Considerando-se que o banco de dados deve ser um instrumento educativo e fonte de consulta, optou-se por documentar fotos que apresentassem:

- a) boas práticas em acordo com a norma;
- b) soluções alternativas desenvolvidas pelas empresas para atender aos requisitos da norma;
- c) soluções incorretas comumente utilizadas, como, por exemplo, a execução de proteções periféricas com sarrafos de madeira estroncados entre as lajes, sem tela e rodapé; e
- d) soluções que revelam a intenção de cumprir a norma, mas que falham por falta de planejamento. Um exemplo é a colocação de extintores de incêndio atrás de um estoque de cimento, dificultando o acesso ao equipamento.

## 2.4 Entrevistas

No contexto do levantamento de dados, as entrevistas cumpriram três funções principais: (1) disponibilizar uma amostra dos pontos de vista, eventualmente conflitantes, das partes que constituem a comissão tripartite; (2) contribuir para a identificação de lacunas na NR-18; (3) contribuir para a identificação dos fatores que dificultam a implantação da norma. Essa etapa foi desenvolvida após ter sido concluída a tabulação dos dados resultantes da aplicação da lista de verificação, uma vez que seus resultados serviram de base para a definição de algumas questões.

Inicialmente, definiu-se o perfil das pessoas a serem entrevistadas, optando-se por dividi-las em três grupos: (1) gerentes de obras (ou diretores de empresas envol-



vidos diretamente com a produção), (2) representantes dos trabalhadores e (3) profissionais especialistas em segurança.

Os gerentes (ou diretores) entrevistados foram aqueles cujos canteiros obtiveram os melhores desempenhos na aplicação da lista de verificação em cada cidade. O grupo de representantes dos trabalhadores incluiu lideranças sindicais, enquanto o grupo de profissionais especialistas em segurança incluiu pesquisadores, consultores e funcionários de órgãos do governo, tais como FUNDACENTRO<sup>1</sup> e DRTE. As entrevistas foram do tipo semi-estruturadas, havendo um roteiro básico de questões para cada categoria de entrevistado.

## 2.5 Seleção dos elementos da norma analisados

Considerando a grande extensão da NR-18 e o prazo-limite para término do estudo, o grupo de pesquisadores decidiu selecionar alguns elementos da norma, tendo em vista a realização de uma análise aprofundada. Os critérios adotados para a seleção dos elementos foram os seguintes:

- a) selecionar elementos que apresentassem relação com altos índices de ocorrência de acidentes, tomando-se como referência o levantamento das CATs;
- b) excluir elementos que obtivessem notas maiores que 6,0 na aplicação da lista de verificação. De acordo com esse critério, foram excluídos os seguintes elementos: armazenagem e estocagem de materiais (7,5), local para refeições (7,4), Equipamento de Proteção Individual (EPI) (7,0), tapumes e galerias (6,6), ordem e limpeza (6,6), área de lazer (6,5), alojamento (6,5) e vestiários (6,1). Os itens EPI e armazenagem e estocagem de materiais também foram eliminados devido à relativa complexidade dos tópicos; e
- c) excluir elementos com pequeno número de observações (mais de 90% de respostas “não se aplica”). Assim, foram excluídos os elementos escavações, andaimes fachadeiros e grua.

Com base na aplicação desses critérios, foram selecionados 18 elementos para análise, divididos entre as instituições participantes.

<sup>1</sup>FUNDACENTRO (Fundação Jorge Duprat de Segurança e Medicina do Trabalho): órgão vinculado ao Ministério do Trabalho que trata das questões relativas à segurança e medicina do trabalho.

## 2.6 Elaboração dos relatórios

As contribuições para o aperfeiçoamento da norma foram inicialmente sistematizadas por meio de relatórios elaborados em cada instituição, levando-se em conta os elementos da norma a elas alocados. Tendo em vista a padronização dos relatórios, o grupo de pesquisadores estabeleceu que estes deveriam atender aos seguintes requisitos básicos:

- a) identificar e explicitar os princípios técnicos que orientaram a formulação das exigências. Considerou-se que muitas vezes a exigência referente à norma não é cumprida devido ao fato de a empresa não estar convencida da necessidade de sua implantação, em decorrência do desconhecimento dos riscos envolvidos. Essa tarefa é o primeiro passo para qualquer crítica e também para a proposição de especificações por desempenho;
- b) identificar, sempre que possível, situações não consideradas pela norma. Nesses casos, sugerir alternativas para prevenir os riscos não previstos, baseando-se em pesquisa bibliográfica e nas boas práticas documentadas;
- c) apresentar sugestões para substituição de requisitos prescritivos por requisitos de desempenho;
- d) confrontar as exigências da NR-18 com requisitos de outras NR e normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), enfatizando a identificação de exigências conflitantes ou lacunas nessa norma; e
- e) sugerir a elaboração de normas da ABNT que possam ser referenciadas pela NR-18, visando à disponibilização de subsídios confiáveis e detalhados para a implantação da norma.

## 3 Resultados da pesquisa

### 3.1 Levantamento e análise da incidência de acidentes e doenças do trabalho ocorridos na atividade de Construção Civil do Rio Grande do Sul de 1996 a 1997 (Costella, 1999)

Nesta seção, apresentam-se os principais resultados do levantamento da incidência de acidentes e doenças do trabalho ocorridos na atividade de Construção Civil no Rio Grande do Sul nos anos de 1996 e 1997. As variáveis apresentadas referem-se à caracterização dos acidentes em termos de profissão dos acidentados, natureza e agente da lesão, gravidade (tempo de afastamento e mortes) e partes do corpo atingidas.

### 3.1.1 Profissão do trabalhador

A distribuição dos acidentes segundo a profissão dos acidentados é apresentada no Quadro 2. Nesse quadro, observa-se que três categorias profissionais sofreram 87% dos acidentes: serventes, pedreiros e carpinteiros.

Profissão	%
Servente	44,3%
Pedreiro	21,7%
Carpinteiro	21,0%
Armador	2,6%
Mestre-de-obras	2,4%
Eletricista	2,0%
Encanador	1,7%
Pintor	1,4%
Outros	2,9%
Total	100, 0%

Quadro 2 – Distribuição dos acidentes segundo a profissão dos acidentados

A predominância dos serventes pode ser explicada por cinco motivos: (1) essa é a ocupação mais freqüente no setor; (2) os serventes participam de praticamente todo o processo produtivo; (3) os serventes tendem a ser menos experientes, uma vez que são o nível hierárquico mais baixo; (4) os serventes tendem a receber menos treinamento, devido à natureza de suas tarefas; (5) os serventes são geralmente aproveitados nas tarefas que exigem maior esforço físico. Os altos índices envolvendo pedreiros e carpinteiros também se devem, em parte, ao fato de essas duas categorias também serem muito freqüentes. Outras razões podem ser mais bem entendidas a partir da análise da natureza dos acidentes e agentes da lesão, tópico apresentado a seguir

### 3.1.2 Natureza do acidente

Com base no Quadro 3, observa-se que, em relação à natureza do acidente, há predominância do impacto sofrido, com 31,7% das ocorrências.

É importante observar a natureza do acidente de acordo com as profissões. A maior incidência de impacto sofrido foi nas categorias serventes (34,8%) e carpinteiros (32,9%). A queda com diferença de nível ocorreu principalmente com os pedreiros (25,5%), e o impacto contra, na categoria carpinteiros (25%). Os esforços excessivos ou inadequados apresentaram uma incidência maior nos serventes (14,2%).

A relação entre a natureza do acidente e as principais profissões atingidas revelou certos padrões de ocorrências de acidentes, entre os quais evidenciaram-se a elevada ocorrência de quedas com diferença de nível com os pedreiros e os impactos contra em carpinteiros. Além disso, é possível afirmar que há uma tendência de maior ocorrência de impactos sofridos pelos serventes e carpinteiros.

Natureza do acidente	%
Impacto sofrido	31,7%
Queda com diferença de nível	19,0%
Impacto contra	15,0%
Esforços excessivos ou inadequados	12,4%
Prensagem ou aprisionamento	7,9%
Queda em mesmo nível	7,6%
Exposição ao ruído	2,5%
Contato com substância nociva	1,7%
Choque elétrico	1,2%
Atrito ou abrasão	0,5%
Contato com temperatura extrema	0,5%
Total	100,0%

Quadro 3 – Distribuição dos acidentes segundo a natureza do acidente

### 3.1.3 Agente da lesão

Os agentes da lesão são apresentados no Quadro 4. Os cinco principais agentes da lesão foram os seguintes: andaimes ou similares (10%), principalmente os andaimes simplesmente apoiados; as peças soltas de madeira (8,1%); as peças metálicas ou vergalhões (7,9%), na sua maioria, os vergalhões; as formas de madeira ou metálicas (7,7%), e as serras em geral (6,6%), principalmente a serra circular. Cabe ressaltar que não foi possível identificar o agente da lesão somente em 2,7% dos acidentes. Os dados levantados indicam a necessidade de investigação das exigências da NR-18 relacionadas aos principais agentes de lesão, tais como armações de aço, serras circulares e andaimes ainda do processo de execução de formas.

### 3.1.4 Gravidade do acidente (duração do tratamento e mortes)

A distribuição dos acidentes segundo a duração do tratamento apresentou uma concentração por volta dos 15 dias, de modo que 44,4% dos acidentes concentraram-se entre 8 e 30 dias de tratamento. A gravidade dos acidentes também pôde ser analisada considerando-se a natureza destes. Observa-se na Figura 4 que 48%

das quedas com diferença de nível ocasionaram acidentes graves (com afastamento superior a 15 dias). No tocante aos impactos sofrido e contra, estes apresentaram em torno de 45% de acidentes leves (afastamento inferior a 15 dias) e os esforços excessivos ou inadequados apresentaram 60% de acidentes leves. Cabe ainda ressaltar o elevado número de dados não informados em relação à duração do tratamento, em torno de 20%.

Agente da lesão	%
Andaime ou similar	10,0%
Madeira (peça solta)	8,1%
Peça metálica ou vergalhão	7,9%
Fôrma de madeira ou metálica	7,7%
Serras em geral	6,6%
Concreto, cimento ou peça de concreto	6,4%
Máquinas ou equipamentos	6,4%
Escada	5,6%
Ferramenta sem força motriz	5,6%
Pedras, brita ou areia	4,1%
Prego	3,7%
Carro de mão ou similar	3,6%
Tijolo ou similares	3,0%
Piso ou parede	2,9%
Ruído	2,5%
Vão livre	2,4%
Tubo	2,2%
Entulho, cerâmica ou terra	2,1%
Telhado	1,9%
Material eletrizado	1,2%
Portas, portões, janelas, etc.	1,0%
Substância química e substância em alta temperatura	0,6%
Outro tipo de material	1,9%
Não identificado	2,7%
Total	100,0%

Quadro 4 – Distribuição dos acidentes segundo o agente da lesão

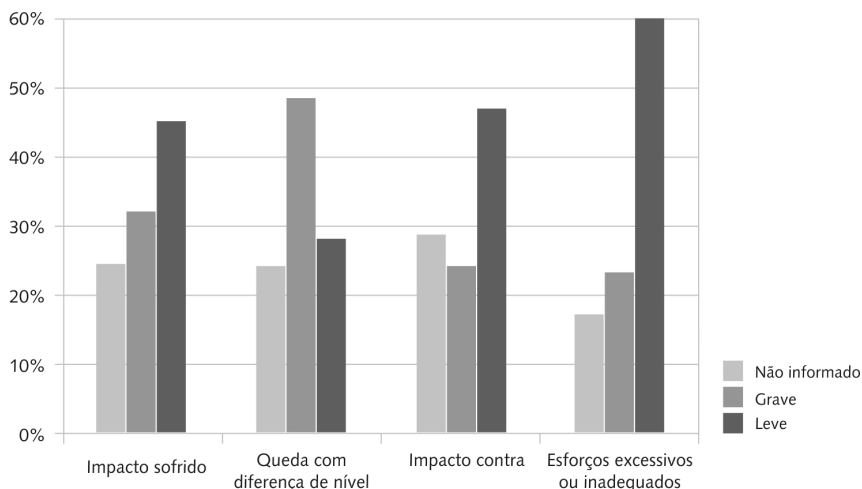


Figura 4 – Distribuição dos acidentes segundo sua natureza e gravidade

Ainda com relação à gravidade dos acidentes, identificou-se que entre as 2.839 CATs pesquisadas foram encontrados 15 casos fatais. A profissão mais atingida foi a dos pedreiros, com 7 casos, seguida da dos serventes (33,3%), dos mestres-de-obra (13,3%) e de outros (6,7%). O Quadro 5 apresenta a distribuição dos casos fatais de acordo com a natureza do acidente.

Natureza do acidente	%
Queda com diferença de nível	46,7%
Choque elétrico	20,0%
Prensagem ou aprisionamento	20,0%
Impacto sofrido	13,3%
Total	100,0%

Quadro 5 – Distribuição dos acidentes segundo a ocorrência de morte por natureza do acidente

## 3.2 Resultados das entrevistas

### 3.2.1 Entrevistas com gerentes de obra ou diretores de empresas

As principais percepções dos gerentes ou diretores são apresentadas a seguir.

- a) a maioria afirma conhecer parcialmente a norma, tendo obtido esse conhecimento por meio de experiência, leituras e consultas nos casos em que surgiam dúvidas. O conhecimento é fragmentado, ou seja, os entrevistados conhecem

partes da norma, principalmente os itens com os quais costumam trabalhar. Consideram-na extensa e de difícil leitura. Alguns ainda apontam que falta divulgação da norma e oferta de treinamentos formais;

b) no que se refere à implantação das exigências da norma, os itens problemáticos mais citados foram os seguintes: elevador de passageiros (custo elevado), treinamento (custo e rotatividade da mão-de-obra), proteções periféricas (dificuldade de execução), cancelas no elevador de carga (custo, dificuldade de manutenção, vandalismo, falta de conscientização dos operários em mantê-las fechadas, poucos fornecedores), plataformas de proteção (tempo necessário para sua colocação e dificuldade de amarração), telas de proteção nos sistemas guarda-corpo e rodapé (dificuldade de execução e freqüentes trocas, o que eleva o custo); EPI (necessidade de constante controle do uso pelos operários); andaimes suspensos (custo dos equipamentos industrializados e dificuldade de execução);

c) os gerentes reconhecem que, atualmente, o cumprimento da norma está relacionado mais à atuação da fiscalização do que à existência de conscientização no setor e valorização da mão-de-obra;

d) quanto à atuação da fiscalização, consideram que ela deveria enfatizar mais o papel educativo. Além disso, houve reclamações a respeito da falta de critérios para a fiscalização das obras, por exemplo, quanto à escolha das obras fiscalizadas, aos tipos de punições impostas e aos itens da norma priorizados durante as visitas;

e) para muitos profissionais, a implantação da NR-18 representa principalmente um custo. Contudo, alguns mencionam estar conscientes dos benefícios do investimento, como maior produtividade, maior conscientização do operário e redução dos riscos. No entanto, esses profissionais afirmam desconhecer os custos de implantação da NR-18 e os custos dos acidentes, considerando que o levantamento desses dados pode ser uma forma de convencimento e conscientização;

f) na maioria das empresas entrevistadas, os programas de prevenção como CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) e PCMAT (Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção) têm a função principal de cumprir exigências legais, não sendo utilizados efetivamente para melhoria da segurança nos canteiros; e

g) a maioria dos entrevistados afirma desconhecer o papel da FUNDACENTRO no processo (alguns desconhecem inclusive sua existência). Por isso, não houve críticas ou sugestões relativas à sua atuação.

### 3.2.2 Entrevistas com a fiscalização, FUNDACENTRO e especialistas

As principais percepções são apresentadas a seguir.

- a) apesar de existir uma orientação da Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho (SSST) que prioriza as proteções contra quedas, os elevadores e o treinamento, não existe um roteiro rígido para a fiscalização das DRTEs. Alguns fiscais são mais flexíveis, enquanto outros seguem literalmente o prescrito no texto da norma;
- b) os fiscais consideram que sua filosofia é mais educativa do que punitiva. No entanto, alguns deles afirmaram que a filosofia nem sempre é seguida. Muitas empresas esperam a notificação da DRTE para então implantar as proteções coletivas e individuais. Assim, alguns fiscais consideram que as multas são mais eficientes do que as notificações;
- c) tanto especialistas como fiscais admitem que o PCMAT tem sido elaborado apenas para atender à legislação, não sendo um programa efetivo de prevenção de acidentes;
- d) quanto às prescrições presentes na NR-18, as opiniões divergem. Enquanto alguns consideram-nas exageradas, outros consideram-nas necessárias para garantir o mínimo de conforto e segurança aos trabalhadores. Os motivos que levaram à adoção de tantas prescrições na NR-18 foram, por um lado, o temor dos trabalhadores de não terem as mínimas condições de trabalho no canteiro e, por outro, o temor dos empresários quanto à falta de critérios da fiscalização, que poderia ser muito exigente e basear-se, por exemplo, em normas mais rigorosas, como as da ABNT. Segundo o relato dos técnicos da FUNDACENTRO que participaram da elaboração da norma, muitas prescrições foram definidas com base em longas discussões e negociações, geralmente sem respaldo em estudos científicos;
- e) os fiscais e especialistas apontam que as principais resistências dos empresários à implantação de programas de segurança relacionam-se à sua visão centrada nos custos. Por outro lado, falta uma maior conscientização e informação por parte dos operários quanto aos riscos de sua atividade profissional. Eles indicaram que os sindicatos dos trabalhadores são pouco atuantes nessa área e priorizam questões relativas à manutenção do trabalho e dos salários. Também foi apontado como causa do não-cumprimento da norma a falta de cultura preventiva do setor;



- f) segundo os especialistas, embora a fiscalização tenha papel fundamental na aplicação da norma, sua atuação é pouco eficiente em função do reduzido quadro de funcionários e de seu pouco preparo; e
- g) quanto ao trabalho dos especialistas, ele ainda é pouco valorizado. Esses profissionais geralmente são procurados quando a fiscalização se torna mais intensa e há o temor de multas. No entanto, alguns admitem que esse comportamento tem mudado e muitos empresários vêm demonstrando uma real preocupação com a condições de trabalho de seus empregados.

### 3.2.3 Entrevistas com lideranças sindicais

As principais percepções são apresentadas a seguir.

- a) quanto ao conhecimento da norma, os entrevistados afirmam que os mestres e operários são pouco conscientes e informados das questões relativas à segurança, justificando esse fato pelo baixo investimento em treinamentos dessa natureza, tanto por parte das empresas quanto dos órgãos governamentais;
- b) muitos gerentes freqüentemente reclamam que os operários resistem ao uso dos EPIs. Os líderes sindicais comentam que, quando tal resistência existe, deve-se principalmente a três causas: (1) fornecimento de equipamentos de má qualidade, que tendem a gerar desconforto; (2) falta de orientação quanto ao uso correto do EPI; e (3) pouca conscientização por parte dos operários quanto aos riscos de sua profissão; e
- c) os entrevistados também afirmam que as CIPAs normalmente são ineficientes, existindo apenas para cumprir as exigências legais.

### 3.3 Resultados da aplicação da lista de verificação

A nota média nacional dos canteiros analisados foi de 5,5 em uma escala de 10 pontos, a qual indica que, na média, 55% das exigências aplicáveis da lista estão sendo adotadas nos canteiros. A nota 5,5 pode ser considerada baixa, uma vez que as empresas incluídas na pesquisa foram selecionadas entre aquelas de melhor nível gerencial em cada região. A Figura 5 apresenta a nota média de 31 elementos da norma analisados pela lista de verificação, levando em conta os 79 canteiros pesquisados.

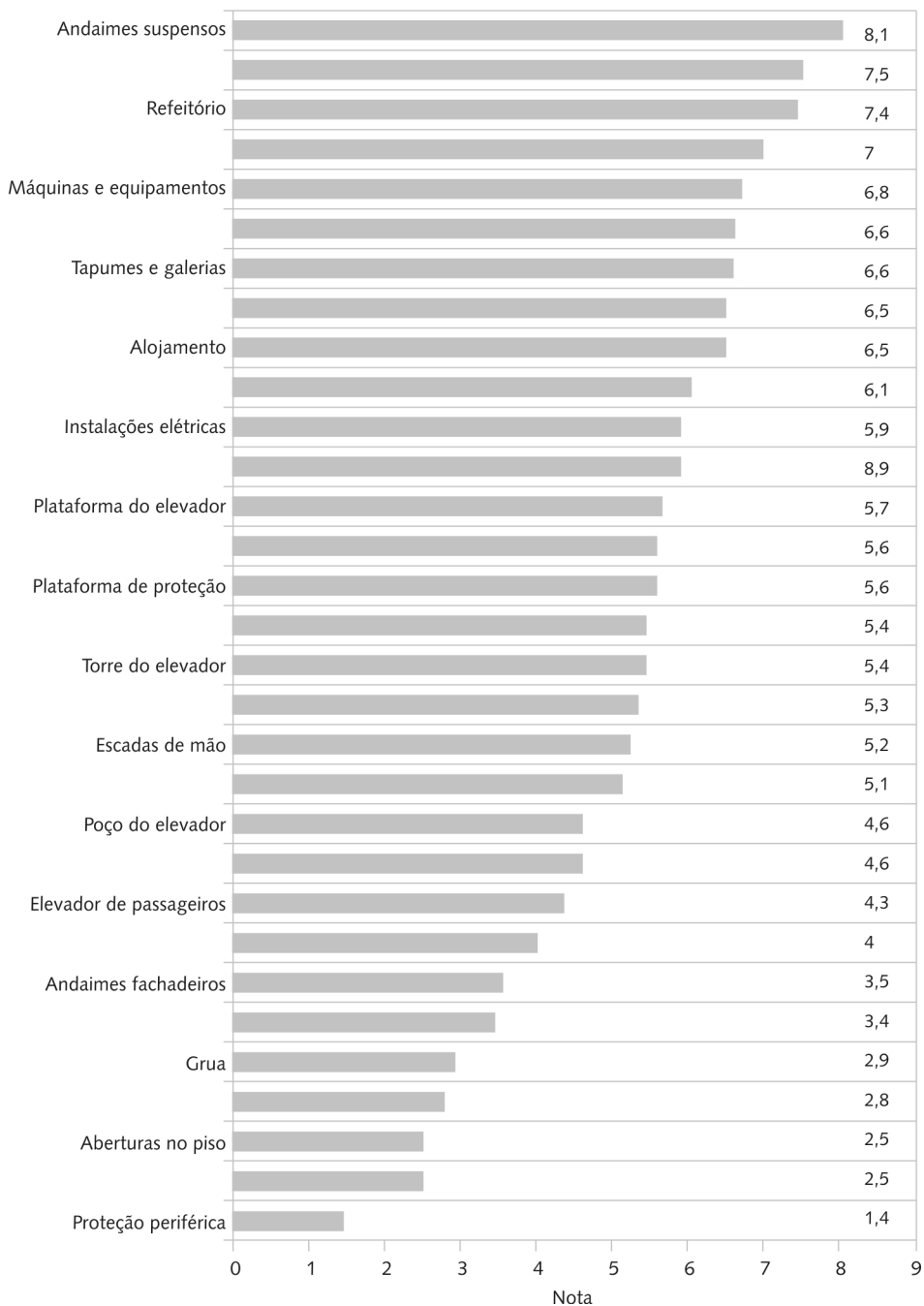


Figura 5 – Notas médias dos elementos da norma analisados por meio da lista de verificação

Destacou-se a elevada variabilidade do desempenho das obras. Como ilustração, todos os elementos obtiveram nota 0 ou 10 em pelo menos uma das obras. Dois fatores podem explicar a maior parte dessa variabilidade: (1) a eficiência relativa dos sistemas internos de gestão de segurança e (2) o perfil do engenheiro e do mestre-de-obras, os quais podem tender a dar maior ou menor ênfase à segurança.

Ainda em relação às notas, salienta-se que, entre os 181 itens presentes na lista, 10 deles (5,5%) obtiveram a nota média 0, o que significa dizer que em nenhum dos 79 canteiros visitados esses itens estavam de acordo com a norma. Além disso, 12,2% dos itens (22 itens) não conseguiram superar a nota 2,0, ou seja, menos de 20% das obras atenderam a esses requisitos. Observou-se também que nenhum dos itens conseguiu ser cumprido em todos os canteiros, e somente nove deles (5%) obtiveram notas superiores a 9,0, destacando-se algumas exigências relativas à proteção contra quedas nos andaimes suspensos.

A Figura 6 mostra que os melhores desempenhos couberam aos canteiros das cidades de Fortaleza (CE) e de João Pessoa (PB), com notas 6,5 e 7,3, respectivamente. Em situação oposta, os canteiros das cidades de Feira de Santana (BA) e de Passo Fundo (RS) obtiveram as notas mais baixas, iguais a 3,5 e 3,9, respectivamente.

Observa-se que as capitais dos Estados apresentaram um desempenho melhor em comparação às cidades do interior. É notório que as DRTEs, principal órgão de fiscalização do cumprimento de leis como a NR-18, possuem um quadro funcional aquém do necessário para desenvolver um trabalho mais eficiente e que essa situação agrava-se no interior dos Estados, onde a estrutura de fiscalização, em muitos casos, chega a não existir. Desse modo, a menor atuação da fiscalização nas cidades do interior pode ser um fator que contribui para explicar o pior desempenho desses canteiros, quando comparados aos das capitais analisadas.

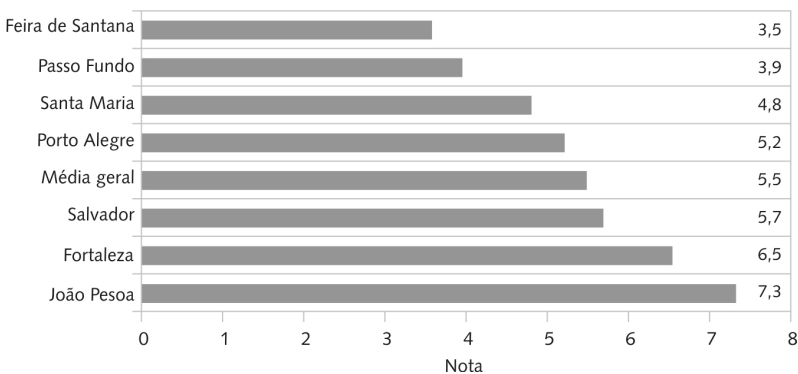


Figura 6 – Notas médias por cidade e média geral da pesquisa

## 4 Contribuições para revisão da NR-18

Nesta seção, inicialmente são apresentadas algumas contribuições de caráter geral, relacionadas à filosofia e à organização da norma. Em seguida, como ilustração das análises de cada elemento da norma, são apresentadas contribuições que se referem às condições ambientais nas áreas de vivência e aos sistemas guarda-corpo e rodapé para proteção contra quedas.

### 4.1 A filosofia da NR-18

Toda regulamentação possui uma filosofia que embasa seu desenvolvimento, sua organização e seu conteúdo. Em relação à filosofia da NR-18, a primeira proposta diz respeito ao sistema tripartite adotado, reconhecidamente um dos principais avanços trazidos pela norma. Apesar de o conteúdo da NR-18 ser decidido por meio de consenso entre as partes (governo, empregados e empregadores), muitas vezes as decisões decorrem mais de fatores políticos do que de embasamento técnico.

Embora a norma preveja apoio técnico aos comitês que a elaboram, tal apoio tem apenas direito à voz, não a voto. Assim, o suporte técnico é fragilizado desde a sua concepção. Essa forma de participação deve ser revista para que a boa iniciativa da discussão tripartite não ocorra em detrimento da falta de embasamento das decisões tomadas.

Outra proposta diz respeito à organização da legislação. Atualmente, as leis sobre segurança e saúde no trabalho estão praticamente todas reunidas nas NR. Em consequência de muitas NR serem normas relativamente extensas, como a NR-18, há dificuldade em atualizá-las. Tende a ser mais difícil modificar uma legislação grande e complexa do que outra com foco mais restrito. Assim, uma proposta para facilitar a atualização das NR é a hierarquização de suas exigências, conforme seu nível de detalhamento. Um exemplo de hierarquização, baseado na legislação inglesa (HOLT, 1997), é a introdução de três níveis principais:

- a) normas:** são legislações que definem responsabilidades e procedimentos gerenciais, tais como avaliações de riscos e treinamento, ou definem de forma genérica os controles de riscos, como, por exemplo, a prevenção contra os ruídos no ambiente de trabalho ou contra o perigo de queda;
- b) regulamentos:** são legislações que detalham os requisitos técnicos mínimos exigíveis para cada tópico das normas, fornecendo os parâmetros para implantação e fiscalização da segurança; e

**c) códigos de prática:** não possuem *status* legal e visam complementar as normas e os regulamentos, apresentando exemplos de boas práticas para cumprir aquelas legislações.

A hierarquização atual, composta pela NR-18 e pelos RTP (Regulamentos Técnicos de Procedimentos), carece de uma melhor caracterização. De um lado, os RTP apresentam características mistas de regulamentos e códigos de prática, fato preocupante tendo em vista que os RTP não são de cumprimento obrigatório. Um exemplo desse problema é a necessidade de assoalhamento horizontal do poço do elevador, a qual, embora importante, não consta na NR-18, mas sim nos RTP. De outro lado, a NR-18 falha por tentar, sem sucesso, aprofundar-se em assuntos que deveriam ser tratados com mais detalhes em outro nível de legislação.

Dessa forma, poderiam ser feitos RTP a respeito de tópicos mais específicos, favorecendo o aprofundamento das análises. Por exemplo, poderia ser desenvolvida uma recomendação específica para as proteções periféricas, em vez de um RTP único para o item 18.13 (Medidas de Proteção Contra Quedas de Altura), como atualmente proposto. Tal medida permitiria que, ao longo do tempo e com os avanços tecnológicos e gerenciais, fosse possível alterar essas recomendações de um maneira mais rápida, sem que isso implicasse na necessidade de revisão e reedição de todas as exigências relativas às proteções contra quedas.

Contudo, a NR-18 e os RTP, por si sós, não serão suficientes para atender a todas as necessidades de legislação de um tema tão complexo. Assim, defende-se a necessidade de elaboração pela ABNT de um maior número de normas técnicas complementares à NR-18, as quais detalhem, por exemplo, requisitos de desempenho de instalações de segurança, tais como guarda-corpos, escadas ou telas.

Outra consideração importante diz respeito aos princípios que embasam a definição das exigências da norma. É necessário explicitar tais princípios de forma geral e em cada item especificamente, esclarecendo quais riscos estão sendo controlados por determinada exigência. Uma vez que a necessidade da medida será mais bem compreendida, isso tende a estimular a sua implantação.

#### 4.1.1 Substituição de exigências prescritivas por requisitos de desempenho

Uma das principais críticas que têm sido levantadas à NR-18 diz respeito às prescrições nela estabelecidas, tais como áreas, dimensões, distâncias e características de equipamentos e instalações. Os motivos que levaram a essa abordagem foram esclarecidos nas entrevistas (seção 4.2). Entretanto, a prescrição não resolveu o proble-

ma da falta de critérios para fiscalização e, de modo oposto, tem contribuído para criar dúvidas tanto entre gerentes quanto entre fiscais acerca da viabilidade de soluções alternativas. Além disso, em certos casos as exigências da norma são mais rigorosas que os códigos de obra locais. Esse é o caso, por exemplo, da área do box dos chuveiros, definida na NR-18 em 0,80 m<sup>2</sup>, enquanto que o código de obras de Porto Alegre exige 0,63 m<sup>2</sup>.

Como exemplo de restrições impostas ao uso de soluções alternativas pode-se comentar o caso das proteções periféricas. Uma alternativa que vem sendo utilizada em alguns Estados propõe o fechamento provisório da caixa da escada naqueles pavimentos onde não há serviços em execução, impedindo a qualquer trabalhador o acesso ao pavimento. Partindo-se do princípio de que não existe circulação de trabalhadores e, portanto, não existe risco de queda, não há motivos para colocar proteção periférica nesses pavimentos.

A barreira na caixa da escada somente é aberta para o início da execução da alvenaria de periferia, atividade que exigirá o uso de cinto de segurança, o qual também se faria necessário em caso de uso das proteções periféricas tradicionais. Caso as exigências da norma deixassem claros os riscos a serem evitados e as medidas que caracterizariam seu controle, uma medida similar a essa poderia ser implantada sem maior polêmica.

De modo geral, tratando-se de questões de segurança, três passos são sugeridos para a especificação de requisitos de desempenho: (1) esclarecer os riscos a serem evitados; (2) estabelecer quais medidas ou condições caracterizam a eliminação do risco ou sua redução a um patamar aceitável; e (3) esclarecer que, em caso de necessidade de proteção coletiva ou individual, as questões de segurança devem atender a determinados parâmetros quantitativos que permitam avaliar sua eficiência, como, por exemplo, resistências a impactos ou limites dimensionais.

A iniciativa do uso de requisitos de desempenho também é importante, à medida que se diminui a possibilidade de interpretações. Essa abordagem já é usada em algumas exigências da NR-18, como, por exemplo, na determinação da resistência das vigas metálicas que sustentam os andaimes suspensos (item 18.15.30) e na especificação de contrapesos para sustentar esse tipo de andaime (itens 18.15.46.3 e 18.15.46.4).

Outro ponto que também pode ser resolvido por meio da identificação de requisitos de desempenho diz respeito à precisão dos termos empregados. Em al-

guns casos, são utilizadas palavras que podem levar a interpretações dúbias ou subjetivas. Como exemplos têm-se:

- a) “adequado” nos itens 18.4.2.3.g e 18.4.2.11.1 e “inadequados” no item 18.29.5;
- b) “construção sólida” no item 18.12.2;
- c) “maneira resistente” no item 18.13.11 e “materiais resistentes” no item 18.14.21.19.b;
- d) “similar”, no item 18.4.2.10.10 e “equivalente” no item 28.4.2.11.4; e
- e) “sempre que for necessário”, no item 18.28.3.a.

#### 4.1.2 Ênfase em medidas de caráter gerencial

Em termos mais amplos, um assunto a ser incluído em futuras revisões da NR-18 ou em outras normas complementares diz respeito a uma maior ênfase nas medidas de caráter gerencial, complementando a abordagem tecnológica priorizada na legislação atual. A bibliografia internacional embasa essa proposta, uma vez que em países desenvolvidos nos quais o patamar tecnológico da construção é reconhecidamente superior ao brasileiro as medidas gerenciais vêm sendo priorizadas para reduzir os índices ainda altos de acidentes na construção (HARPER; KOEHN, 1998; JASELSKIS et. al., 1996).

Hinze (1997), Liska et. al. (1993) e Davies e Tomasin (1990) destacam a importância das medidas gerenciais, tais como o estabelecimento de metas relativas ao desempenho em segurança, a coleta de indicadores proativos de desempenho, a existência de incentivos aos operários, a elaboração de orçamentos relativos à segurança, a implantação de programas de combate ao alcoolismo e o treinamento da mão-de-obra.

Atualmente, a principal norma internacional que aborda a segurança sob um enfoque sistêmico é a norma britânica BS 8800 (Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho), a qual já vem sendo implantada no setor da Construção Civil brasileira e tem como requisito fundamental a existência de procedimentos formais de avaliação de riscos e monitoramento de desempenho.

Na NR-18, uma excelente oportunidade de inclusão dessas medidas gerenciais é no âmbito do PCMAT. Entretanto, a pesquisa demonstrou que essa é uma realidade ainda distante, pois os PCMATs estão sendo elaborados, geralmente, com a finalidade principal de atender à legislação, não contribuindo para a gestão da obra.

Como ilustração da necessidade de aperfeiçoar as medidas de caráter gerencial, pode-se comentar acerca do item “treinamento”. Apesar dos potenciais benefícios

do treinamento, empresários, engenheiros e técnicos de segurança têm dúvidas sobre o conteúdo, a periodicidade e os métodos para aplicá-lo. Essa situação acaba resultando em treinamentos deficientes ou, o que é mais comum, na realização de treinamentos apenas para cumprir as exigências legais. Assim, poderiam ser elaborados, a partir de novos estudos, diretrizes e métodos para o treinamento dos trabalhadores nos diversos elementos da norma.

As estatísticas de acidentes são fontes importantes para o direcionamento das ações preventivas. Assim, as CATs poderiam ser mais bem estratificadas e confiáveis. Nesse sentido, parecem ser pertinentes o desenvolvimento de estudos relativos a um sistema de notificação eletrônica e a ênfase na redução das subnotificações. Essas questões foram abordadas com mais profundidade no estudo de Costella (1999).

## 4.2 Contribuições para elementos específicos da NR-18

### 4.2.1 Condições ambientais das áreas de vivência

Uma primeira análise pode ser feita a respeito dos parâmetros adotados pela NR-18 em relação à ventilação das áreas de vivência. O item 18.4.2.9.3.d (Vestiários) exige que os ambientes sejam ventilados com uma área mínima que corresponde a 1/10 da área do piso desses locais. Deve-se refletir sobre a adequação desse parâmetro, confrontado-o com parâmetros presentes em outras legislações e códigos de edificações. Por exemplo, o Código de Edificações de Porto Alegre prescreve que a área de iluminação deve corresponder a no mínimo 1/12 da área do piso (SINDUSCON/RS, 1992). Além disso, na NR-24, que também deve ser cumprida na Construção Civil, a exigência de área de ventilação corresponde a 1/8 da área do piso para os ambientes que comportam os sanitários e vestiários.

Por outro lado, outros itens da NR-18 (18.4.2.3.g e 18.4.2.11.2.e) exigem apenas a presença de ventilação, não sendo definidos parâmetros. Pode-se então concluir que são necessários estudos sobre a introdução de medidas de desempenho nas exigências de ventilação, para a possibilidade de se avaliar a utilização de ventilação artificial nas áreas de vivência.

Em situação semelhante estão as exigências em relação à iluminação dos ambientes (itens 18.4.2.3.g, 18.4.2.9.3.e, 18.4.2.10.1.e e 18.4.2.11.2.e). Nesses itens, só é exigida a presença de iluminação, não sendo determinado, nem mesmo de forma prescritiva, como esta deve ser aplicada em cada um dos ambientes. Nesse caso, tal exigência poderia ser expressa através da quantidade de “lux” (medida de iluminância)



necessária para cada ambiente, associada às características dos materiais de revestimento (cor, textura, etc.) de cada um desses locais. Um exemplo da exigência de iluminação pode ser observado na NR-24, na qual se exige 100 lux (o que corresponde a uma lâmpada de 100 W por 8,0 m<sup>2</sup> em ambientes com 3,0 m de pé-direito) para as instalações sanitárias, vestiário e alojamento, ou 150 lux (igual a uma lâmpada de 150 W a cada 6,0 m<sup>2</sup> nos ambientes com pé-direito de 3,0 m) nos refeitórios.

#### 4.2.2 Sistema guarda-corpo e rodapé

A NR-18 exige a implantação de um sistema guarda-corpo e rodapé, para proteção contra quedas de pessoas e materiais, em diversas situações: proteção periférica, andaimes suspensos, andaimes simplesmente apoiados, andaimes fachadeiros, escadas permanentes, poço do elevador e rampas de acesso aos elevadores de carga (caso necessário).

As exigências para o sistema também deveriam incluir requisitos de desempenho, como, por exemplo, a resistência ao impacto de uma pessoa com um peso determinado que, ao andar a uma velocidade média específica, se projete contra a proteção. Tal resistência poderia ser calculada no ponto mais crítico do sistema. Dias e Fonseca (1996) estabelecem as forças e a energia que os componentes do guarda-corpo devem absorver, com as respectivas deformações máximas.

Com a especificação por desempenho seriam evitadas expressões vagas como “seguramente fixado” (item 18.13.3). No que diz respeito às suas dimensões, a NR-18 é mais rígida com relação à altura do guarda-corpo principal (1,20 m) do que o mencionado em vários outros trabalhos, nos quais essa prescrição varia de 0,90 m a 1,15 m (DIAS e FONSECA, 1996; HSE, 1996; ILO, 1995). De acordo com o principal levantamento antropométrico já realizado no Brasil (INT, 1988), 95% dos trabalhadores da amostra pesquisada tinham altura do cotovelo (sujeito em pé) até 1,12 m. Novamente, indica-se que a altura de 1,20 m pode ser reduzida.

Em relação ao telamento do sistema, é recomendável que a norma especifique sua função e resistência, fornecendo diretrizes para a fabricação desses componentes. Por outro lado, a necessidade desse complemento do conjunto guarda-corpo e rodapé também deve ser analisada, visto que trabalhos como os de ILO (1995) e Davies e Tomasin (1990) não citam a sua importância. HSE (1996) sugere que as telas só devem ser exigidas quando houver risco de quedas de materiais, o que coincide com os questionamentos de vários empresários durante as entrevistas. A dúvida quanto à sua validade é uma das causas do baixo índice de utilização desse dispositivo.

A fim de facilitar o projeto das proteções contra quedas de altura, assim como permitir a certificação de sistemas industrializados, seria de grande utilidade a existência de normas técnicas que estabelecessem em detalhes os requisitos aos quais tais sistemas deveriam atender.

Assim, seria pertinente uma norma elaborada pela ABNT que tratasse dos requisitos dos sistemas guarda-corpo e rodapé, incluindo sistemas constituídos exclusivamente por telas, por guarda-corpos e sistemas mistos, envolvendo guarda-corpo e tela. Caso pertinente, a norma deveria apresentar requisitos diferenciados para cada uma das situações de uso do sistema (andaimes, escadas, etc.).

Essa sugestão também decorre de lacunas no RTP 01 (Medidas de Proteção Contra Quedas de Altura), o qual não é suficientemente claro quanto às exigências a serem atendidas por essas proteções. O RTP exige apenas que o guarda-corpo superior tenha resistência mínima a esforços concentrados de 150 kgf, no centro da estrutura. De outra parte, em outro trecho do mesmo RTP, exige-se que a fixação dos sistemas guarda-corpo e rodapé resista a esforços transversais de no mínimo 150 kgf, sem especificar como tal esforço deverá ser aplicado.

Em relação às exigências da NR-18, a OSHA (1995) apresenta várias exigências adicionais para implantação dos sistemas guarda-corpo e rodapé. A seguir são listadas algumas delas:

- a) o guarda-corpo principal e o intermediário devem possuir no mínimo 0,6 cm de diâmetro nominal ou de espessura, a fim de prevenirem cortes;
- b) é admitida uma variação de mais ou menos 8 cm na altura do guarda-corpo principal (1,10 m);
- c) os elementos verticais (montantes) do sistema não devem estar separados por mais de 48 cm;
- d) os guarda-corpos intermediários devem ser instalados de modo que o sistema guarda-corpo não possua aberturas superiores a 48 cm;
- e) o sistema guarda-corpo deve ser capaz de resistir a uma força de no mínimo 890 Newton (90,78 kgf) aplicada dentro de duas polegadas no guarda-corpo superior, dirigida para fora do prédio ou para baixo. Quando a carga é aplicada para baixo, o guarda-corpo principal não deve sofrer um rebaixamento para uma altura menor que 1,0 m do nível de trabalho;
- f) guarda-corpos intermediários, elementos verticais do sistema e eventuais telas incluídas nele devem ser capazes de resistir a uma carga de no mínimo 666 Newton

(67,9 kgf) aplicada em qualquer ponto do elemento, em uma direção para baixo ou para fora do prédio; e

g) a superfície dos elementos do sistema deve ser aplainada para prevenir cortes acidentais nos trabalhadores.

Observando-se os requisitos da OSHA listados e comparando-os com os resultados da aplicação da lista de verificação, percebe-se que poderia ser pertinente a NR-18 dar a alternativa de substituição da exigência de tela nos sistemas guarda-corpo e rodapé, pela exigência de um espaçamento máximo admissível entre os guarda-corpos e seus elementos verticais (48 cm no caso da OSHA).

Finalmente, uma questão não abordada na NR-18 e que poderia trazer grandes benefícios em termos de redução de acidentes devidos a quedas de altura é a inclusão da exigência de que todos os sistemas construtivos industrializados incorporassem componentes que facilitassem a implantação das proteções contra quedas. Idealmente, tais componentes já deveriam ser entregues no canteiro com as proteções instaladas (no caso de lajes pré-moldadas, por exemplo), como já ocorre em outros países. No sentido de se evitarem quedas de altura, é prioritário o foco sobre os sistemas de formas, os quais poderiam ter, por exemplo, componentes que facilitassem o encaixe de montantes de guarda-corpos, ou mesmo escoras com ganchos que permitissem o apoio dos travessões dos guarda-corpos. No item 18.9, a NR-18 lista algumas exigências que deveriam ser observadas na execução de estruturas de concreto. Porém, a norma não se refere à necessidade de que os sistemas de formas incluam componentes de segurança semelhantes aos citados.

## 5 Considerações finais

Conforme demonstraram os resultados da aplicação da lista de verificação, o nível de cumprimento da NR-18 nos canteiros analisados foi baixo. Tal dado é preocupante, uma vez que o cumprimento da legislação é apenas o passo inicial para a redução drástica das altas perdas econômicas e humanas decorrentes dos acidentes. A persistência de altos índices de acidentes nos países desenvolvidos nos quais a legislação e o patamar tecnológico são superiores aos brasileiros indica a necessidade de utilização de diversas estratégias para combater os acidentes.

As causas para o não-cumprimento da norma podem ser atribuídas aos seguintes fatores: (1) o caráter muito prescritivo de algumas exigências, o que facilita a

não-conformidade e desestimula a adoção de soluções alternativas; (2) o papel secundário geralmente destinado à segurança no trabalho no gerenciamento das empresas; (3) o desconhecimento da norma; e, em alguns casos específicos, (4) as dificuldades técnicas para implementação e o alto custo dos equipamentos.

Apesar de as lacunas da NR-18 não serem a principal causa do baixo nível de conformidade dos canteiros com suas exigências, há que se revisarem diversas prescrições da norma, levando-se em conta que muitas delas foram estabelecidas com base mais em critérios políticos do que técnicos. Assim, considera-se que a identificação e a explicitação dos princípios técnicos das exigências da NR-18 constituem um passo fundamental para justificar a sua implantação, assim como para reavaliar as exigências propostas e para facilitar a implantação de diferentes soluções.

Outra tarefa essencial para o aperfeiçoamento da norma é a clara definição de sua hierarquia. Conforme foi demonstrado, as exigências da NR-18 e dos RTP possuem freqüentemente o mesmo nível de detalhamento e as mesmas sobreposições. Contudo, o fato mais grave é que muitas das exigências dos RTP (cujo cumprimento não é obrigatório) são complementares à NR-18, prevenindo riscos importantes que não são enfocados pela norma. Tais problemas têm origem na própria concepção da NR-18, a qual tenta desnecessariamente ser muito detalhada. Uma sugestão para a resolução do problema foi apresentada no item 5.1, no qual citou-se um exemplo de hierarquização de normas similares utilizado no Reino Unido.

A pesquisa também indicou que, tendo em vista a maior facilidade de implementação da NR-18, é necessária a elaboração de novas normas da ABNT. Tais normas subsidiariam os responsáveis técnicos pelo projeto das instalações de segurança do canteiro. Ainda em relação a outras normas, verificou-se que exigências de outras NR, como nos casos da NR-6 (Equipamentos de Proteção Individual) e NR-24 (Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho), necessitam ser adaptadas para o caso da construção, não devendo simplesmente ser aceitas como obrigatórias devido às lacunas da NR-18.

Visando ao aumento dos índices de conformidade à NR-18, duas medidas são importantes: (1) aumentar a freqüência, a abrangência e a atuação educativa, por parte da fiscalização das DRTEs; (2) promover, tanto da parte dos órgãos públicos quanto da parte de sindicatos de empresários e trabalhadores, um maior contato

destes no tocante à questão da segurança, visto que nesses dois grupos o grau de desconhecimento ainda é muito alto. Além disso, os índices tendem a melhorar à medida que as empresas perceberem os potenciais benefícios dos investimentos em segurança e estiverem conscientes de sua interface com todos os outros processos gerenciais, como planejamento da produção, projetos e orçamentos, por exemplo. Algumas pressões externas às empresas também tendem a crescer de importância: os avanços da legislação, as mudanças nos critérios de concessão de seguros-acidente e os sistemas de gestão em segurança e saúde.

Também deve ser destacada a importância da investigação da incidência das causas dos acidentes e doenças do trabalho. Para tanto, é necessário dar maior agilidade ao processamento e à divulgação dessas informações bem como trabalhar na redução do alto índice de subnotificações. Assim, propõe-se o aperfeiçoamento do formulário de Comunicação de Acidentes de Trabalho (CAT) e sua informatização, visando à sua integração automática aos bancos de dados das instituições governamentais responsáveis, bem como à transferência das informações para esses bancos.

Sob o ponto de vista acadêmico, o quadro identificado neste trabalho aponta para a necessidade de incentivar as pesquisas na área, uma vez que, no Brasil em particular, há carência de estudos aprofundados sobre segurança do trabalho na Construção Civil. A falta de conhecimento no que se refere a índices de acidentes, custos de implantação da segurança, métodos de gestão da segurança e carência de normas, entre diversos outros temas, só contribui para que a Construção Civil mantenha-se entre as principais indústrias causadoras de acidentes no país.

Este trabalho também embasou a elaboração de diversos novos projetos de pesquisa, além de indicar potenciais temas de pesquisa. Como exemplo, pode-se considerar que cada um dos elementos da norma analisados na lista de verificação corresponde a um potencial tema de pesquisa, não somente sob o enfoque do aperfeiçoamento da legislação, mas também sob outros enfoques, tais como o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas às instalações de segurança ou o treinamento de trabalhadores e gerentes.

## Referências bibliográficas

ARAÚJO, N.; MEIRA, G. Utilização da NR-18 em Canteiros de obra de Edificações Verticais da Grande João Pessoa. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16., **Anais...** Piracicaba, SP, 1996.

COSTELLA, M. F. **Análise dos acidentes do trabalho e doenças profissionais ocorridos na atividade de Construção Civil no Rio Grande do Sul em 1996 e 1997.** Porto Alegre, 1999. (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CRUZ, S. **O ambiente do trabalho na Construção Civil:** um estudo baseado na norma. Santa Maria, 1996. (Monografia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Federal de Santa Maria.

DAVIES, V. J.; TOMASIN, K. **Construction safety handbook.** London: Thomas Telford, 1990.

DE CICCIO, F. **Custos de Acidentes.** São Paulo: FUNDACENTRO, 1988.

DIAS, L. M.; COBLE, R. Implementation of Safety and Health on Construction Sites. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF CIB W99, 1996, Lisboa. Implementation of safety and health on construction sites. **Proceedings...** Rotterdam: Balkema, 1996.

DIAS, L. M.; FONSECA, M. S. **Plano de Segurança e de Saúde na Construção.** Lisboa: Instituto de Desenvolvimento e Inspeção das Condições de Trabalho, 1996.

HARPER, R.; KOEHN, E. Managing industrial construction safety in southeast Texas. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.124, n.6, p. 452-457, Dec 1998.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (HSE). **Health and safety in construction.** London: HMSO, 1996.

HINZE, J. **Construction safety.** Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1997.

HINZE, J. **Indirect costs of construction accidents:** a report to the construction industry institute. The University of Texas at Austin, 1991

HOLT, A. S. J. **Principles of health and safety at work**. Wigston, UK: The Cavendish Press, 1997.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA. **Pesquisa antropométrica e biomecânica dos operários da indústria da transformação - RJ**. Rio de Janeiro: INT, 1988.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). **Safety, health and welfare on construction sites: a training manual**. Geneva: International Labour Office, 1995.

JASELSKIS, E.; SUAZO, G. A survey of construction site safety in Honduras. **Construction Management & Economics**, v. 12, n. 3, p. 245-255, May 1994.

LISKA, R. W.; GOODLOE, D.; SEN, R. **Zero accident techniques: under the guidance of the zero accidents task force**. The University of Texas at Austin. Jan. 1993. (A Report to the Construction Industry Institute).

LUCCA, S. R.; FÁVERO M. Os acidentes do trabalho no Brasil – algumas implicações de ordem econômica, social e legal. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, n. 81, p. 21-31, jan./mar. 1994.

OSHA (Occupational safety and health administration). **Fall protection in construction**. USA: OSHA publication 3146 (1995). 38 p.

SAURIN, T. A.; LANTELME, E.; FORMOSO, C. T. **Contribuições para a revisão da NR-18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção** (Relatório de pesquisa). Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, 2000. 140 p.

SAURIN, T. A. **Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiros de obra de edificações**. Porto Alegre, 1997. (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SINDUSCON/RS. **Código de edificações de Porto Alegre: lei complementar n. 284**. Porto Alegre: Sinduscon/RS, 1992.



COLETÂNEA HABITARE

10.



# 10.

## Projetos HABITARE/FINEP, equipes e currículos dos participantes

### 10.1 - Editores

**Humberto Ramos Roman** é engenheiro civil (1980) e mestre (1983) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor (1990) pela University of Sheffield, Inglaterra. Membro do British Masonry Society desde 1993, do International Council for Building Research Studies (CIB) desde 1997. Colaborador da Universidade do Minho, Portugal, desde 1999. É professor adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desde 1992. Atua nas áreas de Alvenaria Estrutural e Processos Construtivos. Atualmente é supervisor do Laboratório de Materiais de Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil e coordenador do Grupo de Desenvolvimento de Sistemas em Alvenaria (GDA).

E-mail: [humberto@ecv.ufsc.br](mailto:humberto@ecv.ufsc.br)

209

**Luis Carlos Bonin** é engenheiro civil (1983) pela Universidade Católica de Pelotas e mestre (1987) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É professor assistente do Departamento de Engenharia Civil da UFRGS desde 1991. Atua nas áreas de Desempenho das Edificações e Manutenção de Edificações.

E-mail: [lbonin@cpgec.ufrgs.br](mailto:lbonin@cpgec.ufrgs.br)

## 10.2 - Normalização em conforto ambiental: desempenho térmico, lumínico e acústico de edificações

(Projeto: Normalização em Conforto Ambiental)

### Instituição executora

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Departamento de Engenharia Civil

Núcleo de Pesquisa em Construção Civil – NPC

Tel.: (48) 331-7090

E-mail de contato: lamberts@ecv.ufsc.br

### Coordenação geral

**Roberto Lamberts**

### Equipe Técnica

#### Desempenho Térmico

Antônio César S. B. Silva, UFRGS

Carlos Alberto Discoli, Universidade de La Plata, Argentina

Enedir Ghisi, UFSC

Fernando Simon Westphal, UFSC

Fúlvio Vittorino, IPT

Grupo de pesquisadores da Arquitetura da USP - São Carlos

Grupo de pesquisadores da FEC, UNICAMP

João de Valentin, COBRACON

José Antônio Bellini da Cunha Neto, UFSC

Jorge Daniel Czajkowski, Universidade de La Plata, Argentina

Leonardo Bittencourt, UFAL

Maria Akutsu, IPT

Maurício Roriz, UFSCar

Miguel Aloysio Sattler, UFRGS

Miriam Jerônimo Barbosa, UEL

Nathan Mendes, UFSC

Neide Matiko Nakata Sato, IPT

Paulo Beyer, UFRGS

Paulo César Philippi, UFSC

Paulo Schneider, UFRGS  
Pilar Alejandra Grasso Rodas, UFSC  
Roberto Lamberts, UFSC  
Saulo Güths, UFSC  
Solange V. G. Goulart, UFSC  
Vicente de Paulo Nicolau, UFSC  
Vilmar Grütner Silveira, UFSC

### **Iluminação Natural**

Aderina de Q. Madeira, CEFET-PR  
Amilcar José Bogo, FURB  
Antônio A. Xavier, CEFET-PR  
Enedir Ghisi, UFSC  
Fernando O. R. Pereira, UFSC  
João de Valentin, COBRACON  
Laura G. Souza Malta  
Lúcia E. de R. Mascaró, UFRGS  
Luiz Antônio Stahl, UFRGS  
Marcos Barros de Souza, UFSC  
Maria das Graças V. do Amaral, UFSC  
Paulo Sérgio Scarazzato, FAU/USP  
Ricardo Carvalho Cabús, UFAL  
Roberta V. G. de Souza, UFMG

### **Acústica**

Alexandre de Barros e Castro, Secretaria Municipal do Meio Ambiente – RJ  
Carlos Robinson, CETESB  
Celito Cordioli, Polícia Civil – SC  
Denise da Silva de Souza, UFRJ  
Dinara Xavier da Paixão, UFSM  
Elvira Barros Viveiros, UFSC  
João Baring, IPT  
João de Valentin, COBRACON  
Lourdes Zunino Rosa, consultora  
Marco Nabuco, Laboratório de Acústica do INMETRO  
Mauricy César Rodrigues de Souza, SOBRAC/UFSC

Miguel Aloysio Sattler, NORIE/UFRGS

Peter Joseph Barry, IPT

Ricardo Eduardo Musafir, COPPE/UFRJ

Rogério Benevides, Laboratório de Ruído Aeronáutico do Instituto de Aviação Civil

Stelamaris Bertolli, UNICAMPI

Sylvio Bistafa, Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP

Victor Mourthé Valadares, UFMG

## Agradecimentos

A realização deste projeto só foi possível graças a ajuda das pessoas e instituições a seguir:

Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), pelo suporte financeiro

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

Comitê Brasileiro de Construção Civil (COBRACON) – CB-02

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Núcleo de Pesquisa em Construção (NPC/UFSC)

Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE /UFSC)

Laboratório de Conforto Ambiental (LABCON/UFSC)

Laboratório de Vibrações e Acústica (LVA/UFSC)

Vilmar Grüdtner Silveira, então acadêmico de Engenharia Civil da UFSC, pelo seu empenho em manter nossa página na *internet* atualizada;

Pilar Alejandra Grasso Rodas e Fernando Simon Westphal, então acadêmicos de Engenharia Civil da UFSC, pelos desenhos elaborados em AutoCAD para os textos de Desempenho Térmico de Edificações;

A todos que elaboraram os textos originais para serem discutidos e a todos os que colaboram na discussão para aprimoramento dos mesmos.

## Currículo

**Roberto Lamberts** é engenheiro civil (1980) e mestre (1983) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor (1988) pela University of Leeds, UK, com pós-doutoramento (1994) no Lawrence Berkeley Laboratory da University of California, USA. Consultor *ad-hoc* do CNPq, CAPES, Fapesp, Fapemat e da Agencia Nacional de Producción Científica y Tecnológica da Argentina. É professor da UFSC desde 1989 e titular a partir de 1997. Atualmente é presidente do IBPSA-Brasil, supervisor do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

(LabEEE), coordenador do Núcleo de Pesquisa em Construção (NPC) e do INFOHAB. Atua em várias áreas com destaque para as de Conforto Térmico, Desempenho Térmico e Eficiência Energética.

E-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

---

## 10.3 - Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações

### Instituição executora

Comitê Brasileiro da Construção Civil – COBRACON

Av. Prof. Almeida Prado, Travessa 1, nº 115 - Cidade Universitária

São Paulo - SP

Tel.: (11) 3812-2650

E-mail de contato: orestes@tesis.com.br

### Coordenação geral

**Orestes M. Gonçalves**

### Equipe técnica

Orestes M. Gonçalves - Professor (POLI/USP)

Flávio Augusto Picchi – Consultor (SP)

Ércio Thomaz – Pesquisador (IPT)

Francisco Paulo Graziano – Projetista e Professor (POLI/USP)

Ricardo França - Projetista e Professor (POLI/USP)

Cláudio V. Mitidieri Fº - Pesquisador (IPT)

Gilberto R. Cavani - Pesquisador (IPT)

Jonas Silvestre Medeiros - Professor (POLI/USP)

Adilson L. Rocha - Pesquisador (IPT)

Marina Ilha – Professora (UNICAMP)

Antonio F. Berto - Pesquisador (IPT)

Maria Ângela Braga – Consultora e professora (PUC/MG)

Eduardo Linhares Qualharini – Professor (UFRJ)

Vanderley John - Professor (POLI/USP)

Luis C. Bonin - Professor (UFRGS)

Roberto Lambertz - Professor (UFSC)

Mauricy C. R. Souza - Consultor (SC)

Maria Akutsu - Pesquisadora (IPT)

Neide M. N. Sato – Pós-doutoranda (POLI/USP)

## **Currículo**

**Orestes M. Gonçalves** é engenheiro civil (1974), mestre (1979), doutor (1986) e livre docente (1997) pela Universidade Federal de São Paulo (USP). Diretor da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) no período de 1994 a 1998 e atualmente membro de Comissão. De 1995 a 2001, foi membro do Conselho de Administração da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo. É assessor de Direção da FAPESP. Professor associado da USP desde 1975 e no período de 1989 a 1990 foi chefe do Departamento de Construção Civil. Atua na área de Instalações Prediais.

E-mail: orestes@tesis.com.br

---

## **10.4 - Mapeamento dos agentes de degradação dos materiais**

### **Instituição executora**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias

12228-900 - São José dos Campos - SP

Tel.: (12) 3947-6832

E-mail de contato: magdlima@infra.ita.br

### **Coordenação geral**

**Maryangela Geimba de Lima**

### **Equipe técnica**

Fabiano Morelli - ITA - pesquisador (aluno em doutoramento)

Patrícia Rodrigues - ITA - aluna de iniciação científica

André Bernardo Eisinger – estagiário

Michelle Costa - estagiária

Rafaela Gomes da Silva - estagiária

## **Currículo**

**Maryangela Geimba de Lima** é engenheira civil (1986) pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Tem licenciatura plena em Matemática (1984) na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Imaculada Conceição (FIC). Fez especiali-

zação no Instituto Eduardo Torroja na Espanha em Perspectivas da Construção. Mestre (1990) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e doutora (1996) pela Universidade Federal de São Paulo (USP). Realizou pós-doutoramento (2001) no Instituto Eduardo Torroja, em Madrid, na Espanha. Atualmente é professora do Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA. Atua nas áreas de Materiais e Componentes de Construção, Durabilidade das Construções, Corrosão de Armaduras, Processos Construtivos, Rodovias e Construções Aeroportuárias.  
E-mail: magdlima@infra.ita.br

## **Agradecimentos**

Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP)

Caixa Econômica Federal (CEF)

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

CAPES - PROAP

Instituto de Proteção ao Voo (IPV)

DAEE-SP

CLIMERH-SC

FUNCEME-CE

NEMRH-PB

NMRH-AL

SIMEPAR-PR

---

## **10.5 - Projeto e execução de lajes pré-moldadas com vigotas de concreto armado: sugestões para elaboração de uma norma específica para lajes pré-fabricadas**

**(Projeto: Projeto e Execução de Lajes Pré-Moldadas com Vigotes de Concreto Armado)**

### **Instituição executora**

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Tel.: (48) 231-9741

E-mail de contato: dipietro@arq.ufsc.br

### **Coordenação geral**

**João Eduardo Di Pietro**

## Currículo

**João Eduardo Di Pietro** é engenheiro civil (1980), mestre (1993) e doutor (2000) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFSC. Atua nas áreas de Estruturas de Concreto, Construção Civil e Sistemas Construtivos.

E-mail: [dipietro@arq.ufsc.br](mailto:dipietro@arq.ufsc.br)

---

## 10.6 - Elaboração de normas: projeto, fabricação e execução de lajes mistas pré-moldadas

### Instituição executora

Universidade Estadual de Londrina - UEL

Departamento de Estruturas

Tel.: (43) 371-4545

E-mail de contato: [jbf@uel.br](mailto:jbf@uel.br)

### Coordenação geral

**Jorge Bounassar Filho**

### Currículo

**Jorge Bounassar Filho** é engenheiro civil pela Universidade Mackenzie e doutor em Engenharia Civil pelo Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Foi reitor da Universidade Estadual de Londrina e é professor associado do Departamento de Estruturas do Centro de Tecnologia e Urbanismo dessa instituição. Consultor *ad-hoc* na avaliação de projetos da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Presidente da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná.

E-mail: [jbf@uel.br](mailto:jbf@uel.br)

---

## 10.7 - Desenvolvimento de técnicas de avaliação e critérios de desempenho de materiais e componentes da construção

### Instituição executora

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Departamento de Engenharia Civil

Núcleo de Pesquisa em Construção Civil – NPC



Tel.: (48) 331-7094

E-mail de contato: [humberto@ecv.ufsc.br](mailto:humberto@ecv.ufsc.br)

## Coordenação geral

**Humberto Ramos Roman**

## Equipe técnica

Orestes E. Alarcon - UFSC

Denise Antunes da Silva - UFSC

Leslie Maria Finger Roman - UFSC

André Matte Sagave - UFSC

## Currículo

**Humberto Ramos Roman** é engenheiro civil (1980) e mestre (1983) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor (1990) pela University of Sheffield, Inglaterra. Membro do British Masonry Society desde 1993, do International Council for Building Research Studies (CIB) desde 1997. Colaborador da Universidade do Minho, Portugal, desde 1999. É professor adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desde 1992. Atua nas áreas de Alvenaria Estrutural e Processos Construtivos. Atualmente é supervisor do Laboratório de Materiais de Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil e coordenador do Grupo de Desenvolvimento de Sistemas em Alvenaria (GDA).

E-mail: [humberto@ecv.ufsc.br](mailto:humberto@ecv.ufsc.br)

---

## 10.8 - Aperfeiçoamento e desenvolvimento de novos métodos de avaliação de desempenho para subsidiar a elaboração e revisão de normas técnicas

(Projeto: Aperfeiçoamento de Novos Métodos de Avaliação de Desempenho Térmico, Desenvolvimento de Ensaios de Durabilidade de Componentes e Sistemas Construtivos, Incluindo Avaliação das Condições de Higiene, na Área de Habitação Popular, para Subsidiar a Elaboração e Revisão de Normas Técnicas)

### Instituição executora

Universidade Estadual de Londrina – UEL

Centro de Tecnologia e Urbanismo

Departamento de Construção Civil / ITEDES

Tel.: (43) 371-4455

E-mail de contato [mjb@uel.br](mailto:mjb@uel.br)

## Coordenação geral

**Miriam Jerônimo Barbosa**

## Equipe técnica

Berenice M. Toralles Carbonari - UEL

Juliano Sakamoto - UEL

Andrea Zeballos Adachi - UEL

Eduardo Mesquita Cortelassi - UEL

Eulito Bazoni Silva Júnior - UEL

Marcelo Venícius Zanon - UEL

## Currículo

**Miriam Jerônimo Barbosa** é engenheira civil (1977) pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com especialização (1983) em Controle do Ambiente em Arquitetura. Mestre (1985) pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/ USP) em Arquitetura. É doutora (1997) em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). É professora da Universidade Estadual de Londrina (UEL) desde 1980 atuando nas áreas de Materiais e Componentes de Construção, Desempenho Térmico e Acústico de Edificações, Adequação Ambiental e Ergonomia.

E-mail de contato: [mjb@uel.br](mailto:mjb@uel.br)

---

## 10.9 - Contribuições para revisão da NR-18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da Construção

218

### Instituição executora

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3<sup>o</sup> andar

90040-020 – Porto Alegre - RS

Tel.: (51) 3316-3518

E-mail de contato: [saurin@vortex.ufrgs.br](mailto:saurin@vortex.ufrgs.br)

## Coordenação geral

**Lia Buarque de Macedo Guimarães**

## Equipe técnica

Carlos Torres Formoso

Tarcisio Abreu Saurin

Elvira Lantelme

Marcelo Fabiano Costella

Carlos Alberto Rocha

Margaret Schmidt Jobim

Cristóvão Cordeiro

Maria Aridenise Macena Maia

Emerson Ferreira

Nelma Miriam Chagas Araújo

Gibson Rocha Meira.

## Apoio

Sindicato da Indústria da Construção de Santa Maria (SINUSCON/SM)

Sindicato das Indústrias da Construção e do Mobiliário de Passo Fundo (SINDUSCON/PF)

Associação das Empresas Construtoras do Ceará (ASSECON/CE)

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI/BA)

Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO)

Fundação Cearense de Amparo à Pesquisa (FUNCAP)

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS)

Fundação Escola Politécnica da Bahia

Além disso, 55 empresas foram colaboradoras, uma vez que seus canteiros foram visitados para levantamento de dados para a pesquisa, e 20 outros pesquisadores foram colaboradores, incluindo 13 bolsistas de iniciação científica.

## Currículo

**Lia Buarque de Macedo Guimarães** é desenhista industrial e comunicadora visual (1977) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC/RJ). Mestre em Comunicação (1987) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

e doutora pela Universidade de Toronto no Canadá, 1992. Foi colaboradora no CIENTEC no período de 1993 a 1995. Atualmente é professora e pesquisadora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sendo coordenadora da área de Ergonomia do Laboratório de Otimização de Processos e Produtos do Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção.

E-mail: liabmg@ppgep.ufrgs.br