

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 Venícios 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 m² 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 m² 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 m² 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 m² 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 m², 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 m², 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

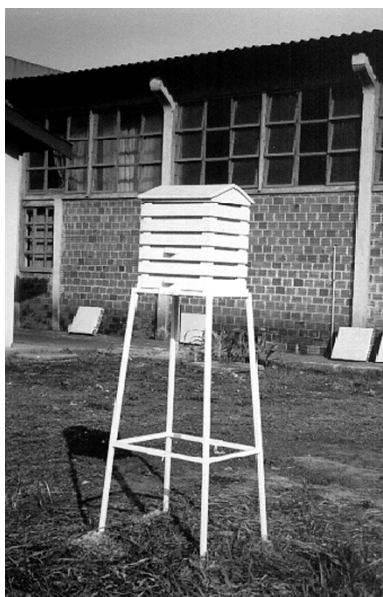


Figura 6 – Abrigo externo

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^2 dormindo e 70 W/m^2 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 $0,5 \text{ m/s}$ e no inverno, menor ou igual a $0,25 \text{ m/s}$.

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 ¹	H ²	M ³	Pulver.	Em placas	Empol.	P ⁴	V ⁵	B ⁶
Norte	Rev. Ext											
Sul	Rev. Ext											
Leste	Rev. Ext											
Oeste	Rev. Ext											

¹geométrica, ²horizontal, ³mapeada, ⁴preto, ⁵vermelho, ⁶branco

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 sequência, 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.

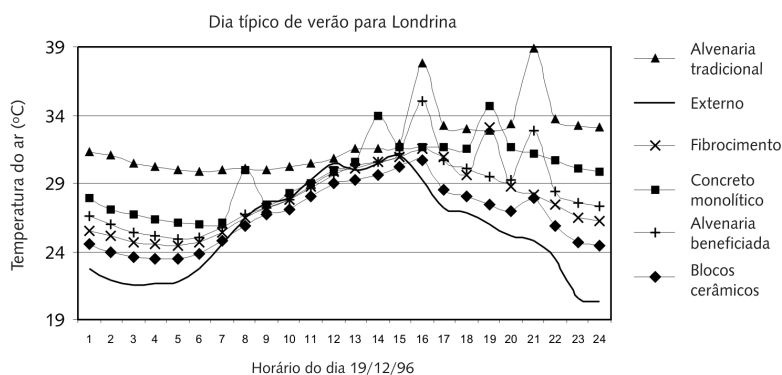


Figura 7 – Análise da simulação para verão conforme metodologia do IPT

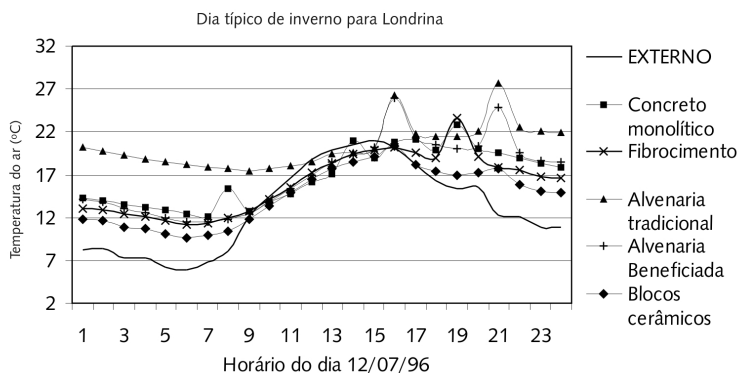


Figura 8 – Análise da simulação para inverno conforme metodologia do IPT

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 ² .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 ² .K	1,76	2,01	2,16	1,77
Transmitância da cobertura (inverno)	W/m ² .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)

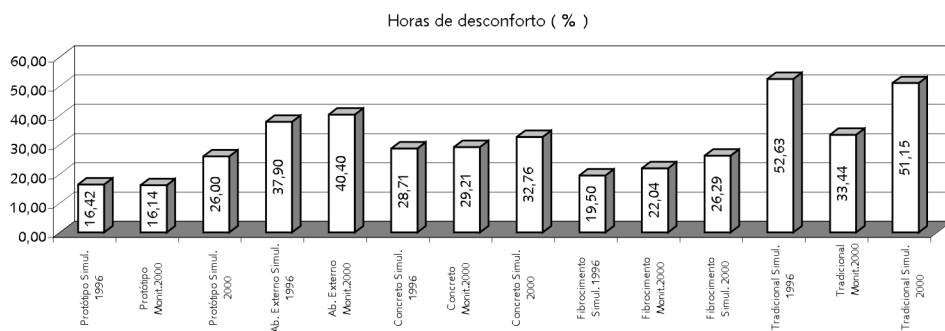


Figura 9 – Resultados em porcentagem de horas de desconforto obtidas por simulações e no monitoramento

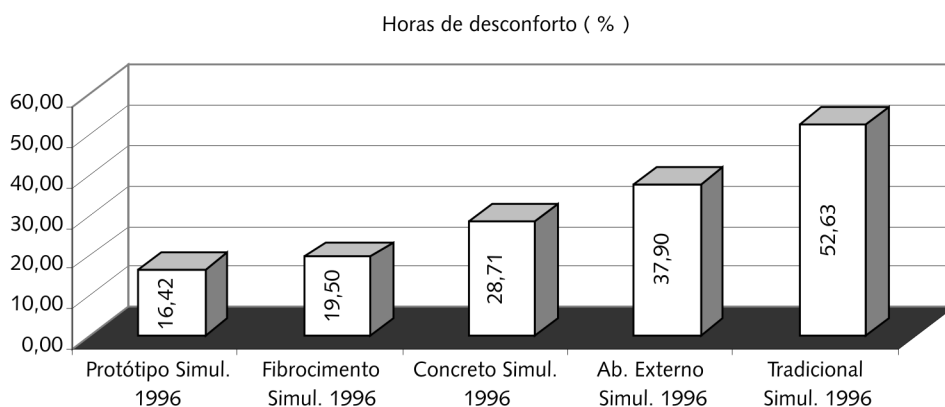


Figura 10 – Resultados em porcentagem de horas de desconforto obtidas após simulação térmica com o arquivo do ano climático de Londrina

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 sequência 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 sequência 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.

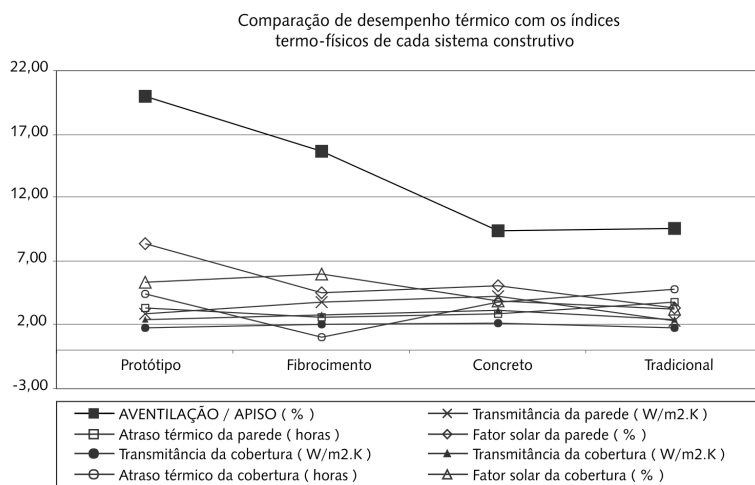


Figura 11 – Análise da influência das características térmicas dos sistemas construtivos e o desempenho térmico das unidades habitacionais estudadas

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 (m²)	Custo/m² (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

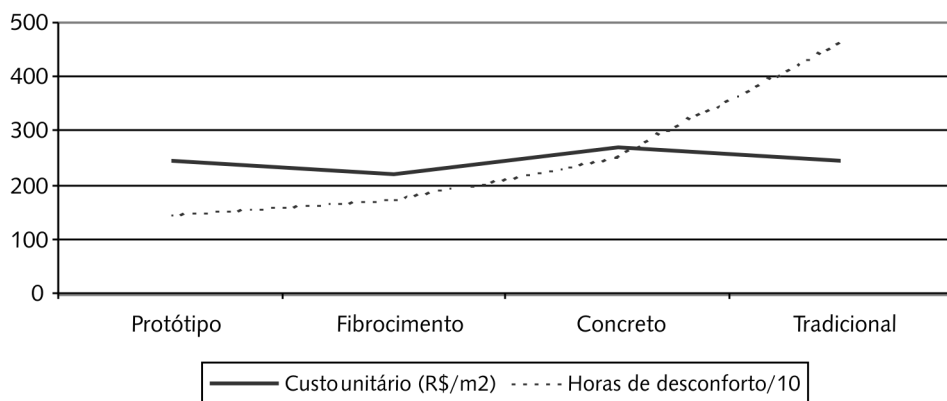


Figura 12 – Relação entre custo e desempenho térmico

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.

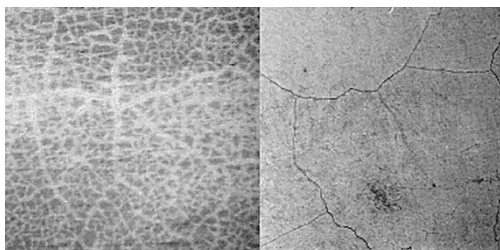


Figura 13 – Fissuras com mapeamento grande e pequeno

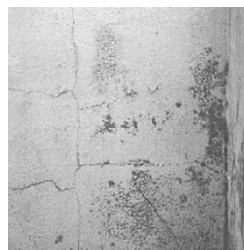


Figura 14 – Fissuras geométricas



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 antimoho
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 antimoho, 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

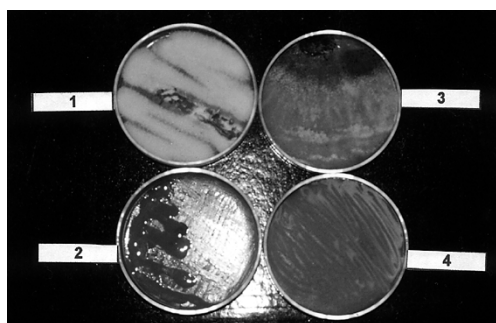


Figura 17 – Microorganismos utilizados nos testes

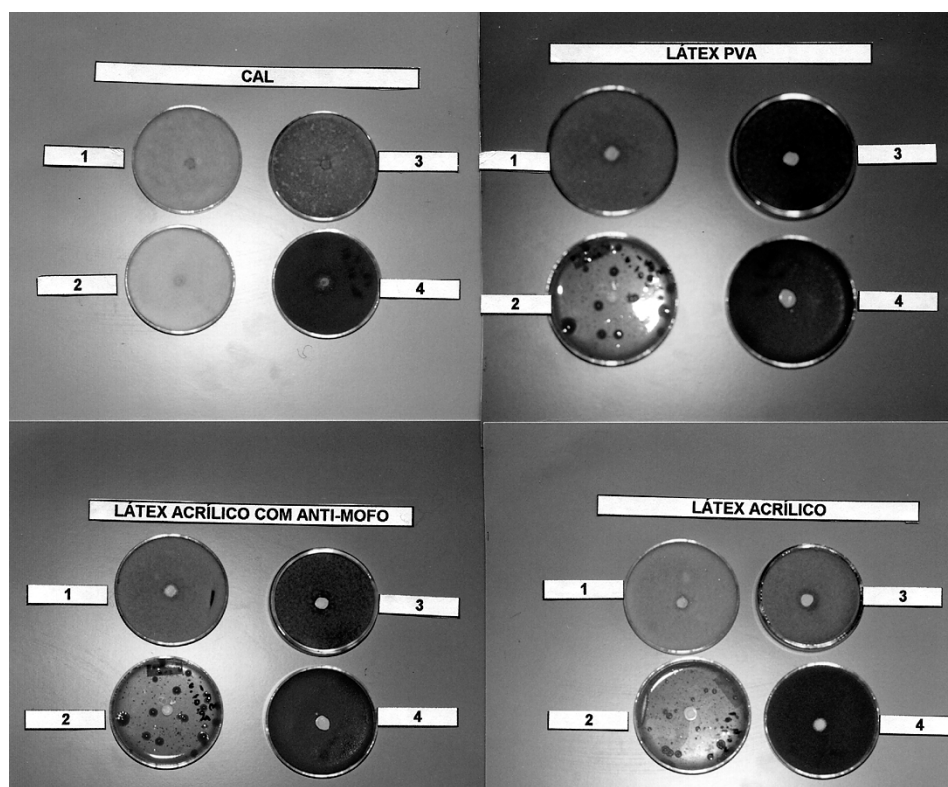


Figura 18 – Resultados do teste de ação antimicrobiana

3.2.3 Relativo ao estudo de insolação



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, consequentemente, 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. **Critérios mínimos de desempenho de habitações térreas unifamiliares**. São Paulo: IPT, p. 35-47, 1998. Conforto térmico.

AKUTSU, M. S., et al. **Critérios 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.