

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

GABRIEL RUIZ DE OLIVEIRA

**MÉTODO PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO NO CRITÉRIO  
FUNCIONALIDADE E ACESSIBILIDADE DOS SISTEMAS EM  
MADEIRA PARA COBERTURAS DE EDIFICAÇÕES SEGUNDO A  
NBR 15.575/2008**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA  
2012**

GABRIEL RUIZ DE OLIVEIRA

**MÉTODO PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO NO CRITÉRIO  
FUNCIONALIDADE E ACESSIBILIDADE DOS SISTEMAS EM  
MADEIRA PARA COBERTURAS DE EDIFICAÇÕES SEGUNDO A  
NBR 15.575/2008**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Carlos Alberto da Costa, M Eng.

**CURITIBA  
2012**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### ***MÉTODO PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO NO CRITÉRIO FUNCIONALIDADE E ACESSIBILIDADE DOS SISTEMAS EM MADEIRA PARA COBERTURAS DE EDIFICAÇÕES SEGUNDO A NBR 15.575/2008***

Por

**GABRIEL RUIZ DE OLIVEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 22 de junho de 2012, pela seguinte banca de avaliação:

---

Prof. Orientador – Carlos Alberto da Costa, M Eng.  
UTFPR

---

Prof. André Nagalli, Dr.  
UTFPR

---

Prof. Wellington Mazer, Dr.  
UTFPR

## RESUMO

OLIVEIRA, Gabriel R. **Método para análise de desempenho no critério funcionalidade e acessibilidade dos sistemas em madeira para coberturas de edificações segundo a NBR 15.575/2008**. 2012. 70 f. Monografia (Engenharia de Produção Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

Este trabalho se propõe a estudar técnicas de construção tradicionais em busca de edificações mais sustentáveis e tem como objetivo geral analisar como as estruturas de coberturas feitas com madeira respondem/atendem ao critério de funcionalidade e acessibilidade estabelecido pela NBR15.575/2008. A partir de revisão bibliográfica sobre a avaliação de desempenho de edificações e a madeira como material de construção, três projetos de cobertura de madeira de residências de alto padrão em Curitiba foram analisados segundo uma matriz de avaliação proposta na pesquisa a partir das exigências normativas. Como resultado, observou-se que embora nenhum dos projetos analisados tenha atendido satisfatoriamente o critério de funcionalidade e acessibilidade da norma de desempenho, a concepção dos projetos por profissionais com conhecimentos técnicos que discutam melhores soluções executivas para cada edificação possibilita o cumprimento dos parâmetros exigidos. Concluiu-se que os critérios e requisitos de desempenho da NBR 15.575/2008 não condicionam as decisões, mas estabelecem parâmetros para o desenvolvimento tecnológico de soluções novas e eficientes. Esta norma também atribui maiores responsabilidades aos projetistas, que precisam aprimorar seus conhecimentos técnicos e favorecer a interação entre os profissionais visando a compatibilização dos projetos.

**Palavras chave:** Desempenho de edificações. NBR 15.575. Coberturas. Construção em madeira.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Gabriel R. **Performance analysis method for wood systems of building roofs at the functionality and accessibility criteria according to NBR 15.575/2008**. 2012. 70 f. Monografia (Engenharia de Produção Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

This study aims to understand traditional building techniques for more sustainable buildings. Its main purpose is to analyze how roof structures made of wood respond/meet the functionality and accessibility criteria established by the NBR 15.575/2008. Starting from a literature review on the building's performance rating and wood as a construction material, three high standard residential wood roofs designed in Curitiba were analyzed by an evaluation matrix suggested in the research according to the norm's requirements. As results, none of the analyzed projects fulfill the norm's functionality and accessibility performance criteria, though it can be done by a proper design conception elaborated by professionals with technical knowledge. For the conclusion, the NBR 15.575/2008 performance criteria and requirements do not determinates specific solutions, but establish parameters to the technological development of new and efficient ones. This norm still attributes higher responsibilities to the designers, who need to improve their technical knowledge and favor the interaction between professionals to improve the projects compatibilization.

**Keywords:** Building performance. NBR 15.575. Roof. Wood construction.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MATRIZ DE PARTES E ATRIBUTOS .....	22
FIGURA 2 - EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO DA NBR 15.575/2008 .....	23
FIGURA 3 - PARTES DA COBERTURA .....	28
FIGURA 4 - GUIA DE RIPAMENTO .....	29
FIGURA 5 - POSSIBILIDADES DE ESTRUTURAS DE MADEIRA PARA COBERTURAS .....	30
FIGURA 6 - ESQUEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	32
FIGURA 7 - ANATOMIA DA MADEIRA .....	36
FIGURA 8 - DIREÇÃO DOS ESFORÇOS NAS FIBRAS: 1 – PARALELO; 2 - NORMAL .....	37
FIGURA 9 - ETAPAS DA PESQUISA .....	42
FIGURA 10 – DETALHE – PLANTA DE COBERTURA E CORTE: COBERTURA 01 .....	49
FIGURA 11 – DETALHE – PLANTA DE COBERTURA: COBERTURA 02 .....	49
FIGURA 12 – DETALHE – CORTE: COBERTURA 03 .....	50
FIGURA 13 – DETALHE – TABELA DE MATERIAIS: COBERTURA 03 .....	51
FIGURA 14 – DETALHE DE CALHA E BEIRAL – PLANTA DE COBERTURA: COBERTURA 03 .....	53
FIGURA 15 – DETALHE - CHAPAS METÁLICAS DE LIGAÇÃO: COBERTURA 01 .....	53
FIGURA 16 – DETALHE – FIXAÇÃO DA TERÇA: COBERTURA 02 .....	54
FIGURA 17 – DETALHE – TABELA DE MATERIAIS: COBERTURA 03 .....	54
FIGURA 18 – DETALHE – PLANTA DO ÁTICO: COBERTURA 01 .....	56
FIGURA 19 – DETALHE – PLANTA DO ÁTICO: COBERTURA 03 .....	57

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - VÃOS MÁXIMOS PARA CAIBROS (MEDIDAS EM CM) .....	29
--	----

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - FATORES DE EXIGÊNCIA DOS USUÁRIOS.....	24
QUADRO 2 -PRINCIPAIS ESPÉCIES UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	39
QUADRO 3 - NOMES PARA PEÇAS DE MADEIRA SERRADA/BENEFICIADA DE ACORDO COM SUAS DIMENSÕES NOMINAIS .....	41
QUADRO 4 - ESCALA DE AVALIAÇÃO .....	44
QUADRO 5 - MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE FUNCIONALIDADE E ACESSIBILIDADE .....	44
QUADRO 6 - COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS DE CASO.....	47
QUADRO 7 - MATRIZ DE AVALIAÇÃO: COBERTURA 01.....	59
QUADRO 8 - MATRIZ DE AVALIAÇÃO: COBERTURA 02.....	59
QUADRO 9 - MATRIZ DE AVALIAÇÃO: COBERTURA 03.....	60

## LISTA DE SIGLAS

ADEMI-PR	Associação dos dirigentes de empresas do mercado imobiliário no estado do Paraná;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ARCOWEB	Arco Editorial Ltda.
CEI-BOIS	Confédération européenne des Industries du Bois;
CTBA	Centre Technique du Bois et de l'Ameublement;
ISO	International Standard Organization;
LIGNUM	Union Suisse em Faveur du Bois;
REMADE	Revista da madeira;
SPDA	Sistema de proteção de descargas atmosféricas.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1	OBJETIVOS .....	11
1.1.1	Objetivo geral .....	11
1.1.2	Objetivos específicos.....	11
1.2	JUSTIFICATIVA.....	11
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
2.1	SUSTENTABILIDADE E DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	14
2.2	NORMA DE DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES: NBR 15.575 .....	19
2.2.1	Funcionalidade e acessibilidade.....	24
2.3	SISTEMAS DE COBERTURA .....	26
2.4	A MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	33
2.5	CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DA MADEIRA.....	35
2.5.1	Características morfológicas da madeira.....	35
2.5.1	Espécies comumente utilizadas .....	38
2.5.2	Dimensões comerciais da madeira.....	39
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>42</b>
3.1	IDENTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.....	42
3.2	ESCALA DE AVALIAÇÃO .....	43
3.3	MATRIZ DE AVALIAÇÕES.....	44
3.4	CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO .....	45
3.5	DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO .....	46
3.5.1	Cobertura 01.....	46
3.5.2	Cobertura 02.....	46
3.5.3	Cobertura 03.....	47
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>48</b>
4.1	COMPATIBILIZAÇÃO DOS REQUISITOS NORMATIVOS.....	48



4.1.1	Arquitetura .....	48
4.1.2	Descargas atmosféricas .....	50
4.1.3	Impermeabilização.....	51
4.1.4	Captação de águas pluviais.....	52
4.2	IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES, MATERIAIS E DETALHES:.....	53
4.3	MEIOS DE ACESSO .....	55
4.4	POSSIBILIDADES DE ALTERAÇÕES .....	57
4.5	DISCUSSÃO .....	58
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	64
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>66</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado imobiliário brasileiro apresentou valorização nominal de 27,85% em 2011. O país atingiu, dessa forma, a segunda maior marca de crescimento deste mercado no mundo, atrás apenas da Índia, com 35,77%. A pesquisa realizada pela agência *Global Property Guide* afirma que o panorama nacional segue na contramão da crise mundial. De acordo com o estudo, aproximadamente 63% dos países pesquisados têm apresentado desvalorização no setor. A valorização deste mercado no Brasil é atribuída ao crescimento da produção imobiliária nos últimos cinco anos em grandes cidades como Curitiba, PR (ADEMI-PR, 2012).

Outra pesquisa realizada por consultoria especializada no setor imobiliário, *Brain Bureau* de Inteligência Corporativa, afirma que o mercado imobiliário curitibano tomou força em 2007 e atingiu grande crescimento no volume de construções e no número de novos edifícios em 2010. De acordo com este estudo, o número de alvarás liberados nos primeiros anos da década de 2000 passou de uma média de 8,4 mil/ano para o recorde de 31.295/ano em 2010 (MENEZES, 2011).

Embora em 2011 este crescimento tenha começado a atingir patamar de equilíbrio na relação entre oferta e demanda, o mercado permanece aquecido. A valorização imobiliária residencial em Curitiba, PR, entre os anos 2010 e 2011 foi de 13,3% (ADEMI-PR, 2012).

Este aumento na produção imobiliária, porém, têm apresentado um revés. Em 2011 foram entregues 2.845 unidades residenciais em Curitiba. Para 2012 espera-se que mais 7.354 unidades fiquem prontas e, para 2013, a expectativa é que este número alcance a marca de 10.909 unidades residenciais. Esses elevados níveis de produção, somados aos atrasos na entrega das unidades levam diversas construtoras a entregar imóveis com baixa qualidade. Consequência disso, em 2011 os órgãos de defesa do consumidor registraram 317 queixas por problemas relacionados à qualidade da construção. Até o mês de abril de 2012 já haviam sido protocoladas 52 reclamações (SCHONARTH, 2012).

Diante deste contexto, foi desenvolvida uma norma técnica que estabelece requisitos e critérios de desempenho e exige padrões mínimos de qualidade para as edificações. A NBR 15.575 foi publicada em 2008, mas só entrará em vigência em

março de 2013 e serve de parâmetro para qualificar o desempenho dos sistemas construtivos. Dentre os critérios que compõem a norma destacam-se para esta análise aqueles que estabelecem requisitos de funcionalidade e acessibilidade.

As exigências de desempenho de funcionalidade e acessibilidade correspondem aos requisitos e critérios mínimos que os sistemas da edificação precisam ser capazes de atender para cumprir suas funções primárias, possibilitando uso e acesso adequados. Para o caso dos sistemas de cobertura, estas exigências se traduzem na viabilização da instalação e manutenção de todos os componentes pertencentes ao sistema.

Paralelo a isso, durante a implantação de um projeto de promoção de desenvolvimento social nos municípios de Floresta do Piauí, Isaías Coelho, Campinas do Piauí, Oeiras e Picos, região semiárida do estado do Piauí, em 2010, 2011 e 2012, foi realizada uma análise a partir da observação das tipologias e dos métodos construtivos empregados na região.

Fruto desta análise, constatou-se que materiais e técnicas de construção tradicionais estavam sendo gradativamente substituídas por outras mais "modernas". Embora os moradores da região reconhecessem que os sistemas tradicionais possuíam vantagens econômicas e de desempenho técnico, as novas tecnologias e materiais importados de outros centros urbanos estão cada vez mais sendo utilizados. (OLIVEIRA e CASTELNOU, 2010)

A partir desta reflexão, questionou-se se o mesmo tipo de postura de substituição de materiais e técnicas tradicionais sem uma avaliação crítica de desempenho também poderia ser observada dentro do contexto paranaense. Considerando a forte tradição da construção em madeira herdada dos imigrantes europeus no estado do Paraná, verifica-se que, apesar de constituir uma exceção dentro da história da arquitetura brasileira, este sistema de construção vêm sendo gradativamente abandonado (WEIMER, 2005; BERRIEL, 2011).

Laroca (2007) relaciona este abandono do uso da madeira com pré-conceitos e desconhecimento sobre o desempenho do material em um sistema construtivo. Bittencourt (1995) complementa esta ideia ao atribuir o pouco uso da madeira como protagonista em edificações contemporâneas de alto desempenho à falta de preparo técnico dos profissionais.

Com o intuito de ampliar a discussão sobre a eficiência da madeira em um sistema construtivo contemporâneo baseado na NBR 15.575/2008, esse trabalho se propõe avaliar o desempenho de coberturas de madeira de residências projetadas para Curitiba, PR, durante os anos 2011 e 2012 a partir do critério de funcionalidade e acessibilidade dessa norma.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso consiste em analisar como as estruturas de coberturas feitas com madeira respondem/atendem ao critério de funcionalidade e acessibilidade estabelecido pela NBR15.575/2008.

### 1.1.2 Objetivos específicos

De forma específica, este trabalho procura: discutir as exigências do critério de funcionalidade e acessibilidade, descrever os principais sistemas de cobertura em madeira, estabelecer um método de avaliação e analisar a conformidade de três estudos de casos em relação à norma utilizando o método proposto.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O estudo, sistematização e incentivo ao uso de estruturas e elementos de madeira justifica-se por se tratar de material renovável, portanto, sua utilização faz parte de uma postura mais sustentável (STINGHEN, 2009; BERRIEL, 2011).

Neste sentido, o estudo do uso da madeira como material para compor estruturas procura extrair lições da tradição vernácula, a qual propõe soluções que utilizam recursos locais de maneira eficiente. O estudo destas tradições, particularmente do uso da madeira como material para compor estruturas de cobertura, busca criar uma relação com a memória popular, compreendendo, assimilando e apreciando lições que visam atender às atuais demandas de construção no país (BERRIEL, 2011).

Na prerrogativa de compreender a construção em madeira como uma alternativa para as demandas e exigências contemporâneas, surge a necessidade de estabelecimento de parâmetros de desempenho de edificações e de critérios de avaliação desse desempenho.

A definição de desempenho de edificações está relacionada com o atendimento às necessidades dos usuários e com o comportamento da construção durante sua utilização. Para Borges (2010), a tradução destas necessidades em requisitos e critérios objetivos que possam ser mensurados é o principal desafio da análise de desempenho.

Fruto de uma discussão iniciada na década de 1960, a NBR 15.575 foi publicada inicialmente em 2008 com o objetivo de estabelecer os parâmetros de desempenho das edificações a partir de critérios e requisitos percebidos pelo usuário. (BORGES, 2010).

Embora a aplicação desta norma repercuta diretamente no aumento de responsabilidades a que os projetistas estarão sujeitos, o grau de desconhecimento destes profissionais sobre a aplicação da NBR 15.575 pode ser considerado preocupante. Esta falta de preparo do mercado tem justificado o sucessivo adiamento da exigibilidade de aplicação da norma de desempenho (ARCOWEB, 2011).

Desta forma, o estudo da NBR 15.575 justifica-se pela melhoria que a adoção dos parâmetros de desempenho por ela apresentados pode proporcionar no atendimento às expectativas dos clientes. Além disso, a iminência de sua vigência torna necessário seu estudo e conhecimento por todos os profissionais.

Dentre as exigências de desempenho apresentadas pela norma, o atendimento ao critério de funcionalidade e acessibilidade é requisito básico para a

operação do edifício habitacional. Antes de atender a requisitos de conforto acústico ou impacto ambiental, é necessário que a cobertura apresente características mínimas que garantam seu funcionamento de forma adequada. Para tanto, é preciso conhecer as exigências e a aplicabilidade do critério de funcionalidade e acessibilidade da NBR 15.575.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SUSTENTABILIDADE E DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Edifícios residenciais que apresentam problemas estruturais após poucos anos de uso, ou cujo desempenho térmico e acústico não é satisfatório são bastante comuns hoje no Brasil. De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2008, 45% da energia elétrica do país é consumida pelos edifícios (PICCOLI *et al*, 2010). A necessidade de melhorar a eficiência das habitações através de melhores propostas de projeto, maior controle executivo e conscientização da população torna-se cada vez mais perceptível (EDWARDS, 2005; NOGUEIRA, 2010).

Além da baixa eficiência das edificações, a construção civil produz sérios impactos ambientais. O setor é responsável pela metade de todo o consumo de recursos naturais do planeta. A consideração deste fato, dentro do contexto de crise ambiental, tem levado os projetistas e, especialmente, os arquitetos e engenheiros a adaptarem seus projetos de forma a atenderem novas exigências oriundas desta demanda (EDWARDS, 2005).

No panorama nacional, este valor se modifica um pouco, mas ainda é alarmante. Segundo Piccoli (2010), aproximadamente 35% do volume dos recursos naturais utilizados pelo setor produtivo é destinado à construção civil. Soma-se a isso o fato dos resíduos de construção e demolição representarem entre 41% a 70% dos resíduos sólidos urbanos. Aspectos de insalubridade gerados pela execução de obras tais como a poluição sonora, visual e do ar são outros elementos que ajudam a compor este quadro da construção civil no país.

Diante deste contexto, neste tópico são apresentados os novos paradigmas que orientam a construção civil desde as últimas décadas do século XX e como estes paradigmas influenciaram algumas iniciativas internacionais de mudança no processo de projeto e construção de edifícios. Depois, expõe-se a proposta oficial brasileira de adequação a este novo modelo, a NBR 15.575/2008. É analisada a estrutura de organização da norma e seus principais critérios de análise, com ênfase maior nos aspectos de funcionalidade e acessibilidade.

O fim do século XX pode ser identificado pela queda de alguns grandes paradigmas da humanidade. Dentre eles, Stingham (2009) destaca particularmente dois que possuem maior relação com o setor da construção civil. O primeiro está relacionado com o modelo de exploração dos recursos naturais. Durante muito tempo a sociedade foi construída a partir de uma postura predatória e poluidora que considerava os recursos naturais inesgotáveis.

O segundo paradigma diz respeito ao modelo de hegemonia que o homem considerava ter sobre todos os componentes do universo. Estes paradigmas foram questionados nas últimas décadas e hoje diversos estudos já comprovaram sua falibilidade. Os recursos minerais como a água, o calcário e os metais de fato são finitos e o homem não ocupa o lugar central do universo, sendo apenas mais um ator nesta complexa teia de relações dos seres vivos.

Estas questões ambientais começaram a ser consideradas principalmente a partir da década de 1970 por conta da crise do petróleo. Bueno e Rossignolo (2010) destacam nesta década a retomada das investigações sobre fontes energéticas não fósseis. É a partir da divulgação do Relatório Brundtland<sup>1</sup> em 1987, e principalmente a partir da Eco'92 – importante conferência da Organização das Nações Unidas – ONU ocorrida no Rio de Janeiro –, que o conceito de sustentabilidade se disseminou por todo o mundo (OLIVEIRA, 2010).

Conferências como esta foram responsáveis pela incorporação das questões ambientais na busca pelo desenvolvimento socioeconômico e tem como seu principal produto a publicação da Agenda 21, programa estratégico internacional de busca pelo desenvolvimento sustentável (BUENO e ROSSIGNOLO, 2010).

Sustentabilidade, então, passou a ser entendida como a persistência de determinadas características necessárias e desejáveis do sistema sociopolítico e do meio ambiente natural, de modo que suas capacidades de suporte fossem mantidas o maior tempo possível, garantindo um equilíbrio entre crescimento populacional e bem-estar da sociedade, além de preservação da natureza. Este equilíbrio entre o que é socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente sustentável,

---

<sup>1</sup> Este relatório foi elaborado por uma comissão da ONU e estabeleceu, em seu famoso documento *Our common future*, publicado em 1991, que *desenvolvimento sustentável* significaria “suprir as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das próximas gerações suprirem as necessidades de seu tempo”. Isto significa que seria preciso incorporar no planejamento não apenas fatores econômicos, mas também variáveis socioambientais, considerando as consequências das ações em longo prazo e resultados em curto prazo. Isto tem um rebatimento direto nas atividades de arquitetura e construção civil.



tem sido discutido pela sociedade e buscado gradativamente por diversos setores do mercado (BUENO e ROSSIGNOLO, 2010; OLIVEIRA, 2010).

A Agenda 21, então, passou a receber diversos processos de reinterpretação, de forma a contextualizar seus objetivos às diversas realidades locais e setoriais. Desta forma, o processo de concepção de projetos de arquitetura passou a dedicar maior atenção ao desempenho ambiental das edificações.

A busca por uma postura mais sustentável fez com que a preocupação com as questões ambientais e de conforto se tornassem argumentos de grande importância nos projetos de arquitetura do século XXI. Edwards (2005), porém salienta que o projeto de residências sustentáveis é mais do que o uso de novas tecnologias ou do que a simples disposição física dos elementos de um programa de necessidades. Engloba prosperidade econômica, bem estar social e saúde do indivíduo, ou seja, para projetar uma residência sustentável, os aspectos físicos, sociais e culturais devem ser associados em um mesmo programa.

Além disso, quando aplicada à construção civil, a sustentabilidade envolve aspectos que abrangem toda a vida útil dos seus componentes, desde a sua exploração e origem, até a forma como seus resíduos finais são descartados. Além dos aspectos físicos do material, cada vez mais se tem valorizado a relação do espaço com as pessoas que o utilizam. Por conta disso, conceitos de conforto ambiental e ergonomia têm sido incorporados à discussão ambiental.

Em uma pesquisa anterior que buscou avaliar critérios de sustentabilidade e qualidade ambiental em alguns exemplares da construção nacional, Oliveira (2010) observou a importância de considerar todas as etapas que envolvem o projeto, desde a seleção dos materiais, o processo de fabricação e a destinação dos resíduos após sua vida útil até a influência do espaço/produto sobre o ser humano, considerando suas necessidades de adaptação e conforto.

O autor ainda apontou algumas tendências para o setor da construção civil que se propõe ser mais sustentável. Além disso, foram identificados alguns critérios qualitativos de avaliação ambiental. Todavia, constatou-se que critérios qualitativos dificultam uma avaliação precisa das edificações, particularmente no que se refere à mensuração das características exigidas de um edifício “verde”.

Este trabalho de conclusão de curso, portanto, auxilia na complementação desta pesquisa ao identificar, primeiramente num panorama internacional e posteriormente focado no Brasil, alguns dos critérios qualitativos utilizados para a avaliação da sustentabilidade das edificações.

As interpretações mais relevantes da Agenda 21 para o setor da construção civil foram aquelas medidas que visavam reduzir os impactos desta atividade através de mudanças na forma como os edifícios são projetados, construídos e gerenciados ao longo do tempo.

Bueno e Rossignolo (2010) afirmam que a adoção destas mudanças nos processos resultava em diversos benefícios, tais como eficiência energética e de recursos, uso do terreno a partir de um enfoque ecológico e social, eficiência do transporte e o fortalecimento das economias locais. Como consequência, diversos empreendimentos ambientalmente responsáveis passaram a ser lançados em todo o planeta.

Diante desta difusão de edificações “verdes” surgiu a necessidade de estabelecer critérios de avaliação do desempenho destas edificações.

“O primeiro sinal da necessidade de avaliar o desempenho ambiental de edifícios veio exatamente com a constatação de que mesmo os países que acreditavam dominar os conceitos de *green design* não possuíam meios para verificar o quão “verdes” eram de fato seus edifícios” (SILVA citado por BUENO e ROSSIGNOLO, 2010, p. 45).

O conceito de desempenho de edificações está relacionado com determinadas características que uma construção deve apresentar de modo a cumprir determinados objetivos e funções para os quais foi projetado quando em utilização. O desenvolvimento da abordagem de desempenho tem um marco importante com a elaboração da norma internacional ISO 6241 em 1984. Embora publicada há mais de duas décadas, esta norma estabeleceu referências ainda válidas para os requisitos funcionais dos usuários (BORGES, 2010).

Na Europa, projetos procuram estabelecer a união entre as associações industriais e os órgãos de pesquisa a fim de desenvolver novas soluções para os desafios do futuro. Esta prática de criar “plataformas tecnológicas”, como são chamadas estas parcerias, tem sido considerada um dos principais meios de incentivo ao desenvolvimento de pesquisas sobre aspectos relevantes (CEI-Bois, 2010).

Além destas iniciativas nos países europeus, em outros países como Estados Unidos, Canadá, Austrália e Japão diversos investimentos também têm sido realizados buscando o desenvolvimento de sistemas de certificação de edifícios a partir de critérios e indicadores de desempenho ambiental. Estes sistemas têm como objetivo geral estabelecer metodologias que permitem quantificar a incorporação dos aspectos de sustentabilidade nas edificações (PICCOLI, 2010).

Alguns desses sistemas tiveram sua aplicação muito delimitada a condições climáticas e sociais, ou a edifícios de uso específico. Estas condições acabaram por limitar o desempenho de algumas destas ferramentas de avaliação (PATRICIO e GOUVINHAS, 2004, citado por BUENO e ROSSIGNOLO, 2010).

Os critérios utilizados por estes sistemas em geral utilizam a análise do ciclo de vida como ferramenta de análise corrente. A análise do ciclo de vida (ACV) incorpora princípios ecológicos, mede custos de energia de um edifício e seus impactos de construção, uso e eliminação. Edwards (2005) destaca, dentre algumas vantagens desta ferramenta, a possibilidade de se considerar diferentes impactos e custos de reciclagem ao longo do tempo, analisar o impacto ambiental do ponto de vista social e econômico e analisar o edifício integralmente, sob o ponto de vista da fabricação, construção e manutenção. Como desvantagem, cita-se a análise individual dos materiais na construção, desconsiderando a relação entre eles.

A maior parte destes sistemas funciona por adesão, esperando-se que por comprometimento ambiental ou por diferenciação mercadológica e competitividade, o próprio mercado estimule a elevação do padrão ambiental das construções. Em alguns países, porém, a certificação de responsabilidade ambiental tornou-se mais do que uma estratégia de mercado e passou a ser uma exigência para legalização do edifício. Ao citar Silva (2003), Piccoli (2010) exemplifica o caso da Dinamarca onde, desde 1992 os grandes edifícios comerciais são obrigados a apresentar sistemas de avaliação energética.

O mesmo autor, quando citado por Bueno e Rossignolo (2010), após analisar os modelos internacionais estabelece algumas diretrizes para o desenvolvimento de um sistema de avaliação de desempenho adaptado ao contexto brasileiro. Para Silva, é preciso que o método seja tecnicamente consistente com dados nacionais relevantes. A adaptação às práticas de construção e as tradições locais, bem como o desenvolvimento de parcerias entre investidores, empreendedores, construtores e

projetistas para facilitar a difusão do sistema também são critérios considerados importantes. Por fim, é preciso que os itens avaliados pelo método sejam ponderados de forma a refletir as prioridades e os interesses nacionais.

De forma geral, percebe-se que, embora os modelos internacionais sejam úteis como referências, as tentativas de aplicar metodologias preexistentes ao contexto brasileiro têm apresentado resultados limitados. Bueno e Rossignolo (2010) destacam, assim, a importância de definir localmente e de forma contextualizada os princípios de avaliação de desempenho de edificações.

## 2.2 NORMA DE DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES: NBR 15.575

Diante de um contexto no qual as empresas de construção civil procuram cada vez mais racionalizar seus processos de modo a reduzir seus custos e ganhar competitividade, a norma brasileira de desempenho de edificações atua como importante instrumento de fortalecimento da lei de defesa do consumidor. Segundo Santos (2012), o estabelecimento de padrões de desempenho deve garantir que a busca pela diminuição dos custos da construção não afetará a sua durabilidade ou a vida útil dos componentes.

Se a princípio o estabelecimento destas exigências normativas surte reações negativas nas construtoras, o autor afirma que aos poucos a determinação clara dos parâmetros de qualidade será percebida como uma vantagem por estas empresas. O cliente passa a conhecer seus padrões de exigência e desta forma a construção civil formal ganha em competitividade de empresas desestruturadas.

Nogueira (2010) reforça esta ideia ao afirmar que a normativa passa a atuar como ferramenta legal para que os consumidores desenvolvam confiança na qualidade dos sistemas que compõem o edifício.

Diante deste contexto de mercado é que a NBR 15.575 foi desenvolvida. Aprovada no dia 12 de maio de 2008, a norma que estabelece os critérios de desempenho para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos entrou em vigor em período de testes em maio de 2010 e deveria começar a ser exigida oficialmente em novembro do mesmo ano. Diversas solicitações de prorrogação deste prazo de

testes, porém, adiaram o prazo de exigibilidade da norma para março de 2013 (SANTOS, 2012).

Embora a preocupação com o desempenho das edificações esteja se consolidando como uma tendência mundial, conforme mostrado anteriormente, no Brasil o estabelecimento de uma norma de desempenho têm encontrado algumas dificuldades. Os motivos que justificam o adiamento da data de vigência da NBR 15.575, porém, dividem os especialistas.

Para Barros (2011) citado por Santos (2012), o mercado não oferece resistência à nova norma, se mostrando, muito pelo contrário, bastante receptivo. Entretanto, a pesquisadora garante que é necessário um prazo de adaptação para que as empresas se preparem para trabalhar com normas de desempenho ao invés de normas descritivas.

Villas Boas (2011), por outro lado, acredita que o mercado ainda não tem condições de se adequar a NBR 15.575/2008. Segundo ele, o baixo preparo dos profissionais, a carência de laboratórios para ensaios e a falta de informações técnicas sobre os produtos industrializados são os principais motivos que dificultam a recepção da norma (ARCOWEB, 2011). Os dois autores concordam, porém, que a norma de desempenho estabelece as responsabilidades de cada profissional envolvido no processo desde a etapa de projeto.

Embora a NBR 15.575/2008 aborde o desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, seus critérios e exigências podem ser aplicados a projetos residenciais com qualquer quantidade de andares, uma vez que alguns destes requisitos não possuem relação com a altura do edifício. Esta característica permite que consumidores utilizem a norma como referência para endossar demandas judiciais para edifícios de vários andares (ARCOWEB, 2011).

Dessa forma, a adequação dos profissionais a esta nova dinâmica de trabalho é prioritária. O desenvolvimento de equipes multidisciplinares que interajam durante o processo de projeto faz-se necessário para a concepção de projetos que utilizem a abordagem de desempenho. Esta nova abordagem se baseia na avaliação de sistemas ao invés dos materiais individualmente.

**“Desempenho não é algo que se mede no material ou no componente.**  
Não existe desempenho de janela, não existe desempenho de material polimérico, não existe desempenho de argamassa. Existe desempenho de

vedo vertical, existe desempenho de vedo horizontal. Então, quando eu falo que a janela participa, ela participa enquanto elemento da vedação vertical. Mas ela sozinha não resolve. Ela está integrada numa vedação, que pode ser de painel, que pode ser de gesso acartonado, pode ser de alvenaria de bloco, mas a avaliação não é do material. **É do subsistema ao qual esse material estará integrado.** Por isso, as construtoras estão no centro do debate, porque são elas que precisam fazer com que o elemento funcione bem dentro do edifício” (SANTOS, 2012, grifo do autor).

De acordo com a definição fornecida pela própria ABNT, a norma de desempenho 15.575 foi estabelecida buscando atender exigências de usuários para o edifício habitacional e seus sistemas no que concerne seu comportamento em uso, e não na prescrição de como os sistemas são construídos (ABNT, 2008).

Assim, a norma de desempenho procura incentivar e balizar o desenvolvimento tecnológico, além de orientar a avaliação da eficiência - térmica, econômica, etc. - das inovações tecnológicas.

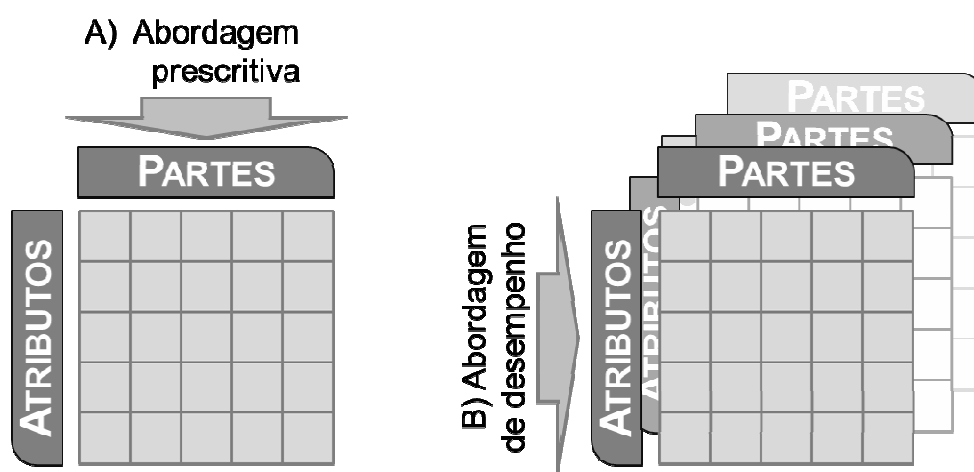
Esta estruturação foi referenciada a partir da norma internacional ISO 6241 (1984) e compõe-se de requisitos qualitativos, critérios quantitativos ou premissas de projeto e métodos de avaliação para a verificação de atendimento dos critérios.

Borges (2010) identifica a tradução das necessidades dos usuários em requisitos e critérios mensuráveis de forma objetiva como o principal desafio na utilização da abordagem de desempenho. Os requisitos e critérios da norma internacional ISO 6241/1984 foram adaptados a condições de exposição e uso viáveis técnica e economicamente para a realidade brasileira. O autor, porém, afirma que a principal lacuna desta norma é a ausência do enfoque ambiental, uma vez que a ISO 6241/1984 foi elaborada em uma época na qual a sustentabilidade das construções não recebia o mesmo destaque de hoje.

De fato, a sustentabilidade é um dos requisitos mais complexos de ser avaliados. Para Laroça (2007), a complexidade da avaliação de desempenho de aspectos de sustentabilidade nos sistemas construtivos se deve à grande quantidade de materiais e componentes envolvidos neste aspecto.

Nos parágrafos de apresentação da NBR 15.575/2008 é exposta a diferença de abordagem entre as normas prescritivas e as normas de desempenho. Enquanto nas normas prescritivas requisitos são estipulados a partir do uso consolidado de determinados produtos ou procedimentos respondendo às necessidades dos usuários de forma indireta, nas normas de desempenho as necessidades dos

usuários são transformadas em critérios e requisitos que complementam as normas do primeiro grupo. O atendimento às exigências de desempenho parte dos atributos que cada uma das partes da construção deve apresentar, diferenciando-se da abordagem prescritiva convencional, como ilustrado na Figura 1. É importante ressaltar que a norma de desempenho não visa substituir as normas prescritivas, uma vez que a utilização simultânea destas possibilitará atender às exigências dos usuários com soluções adequadas tecnicamente (ABNT, 2008).



**FIGURA 1 - MATRIZ DE PARTES E ATRIBUTOS**

Fonte: Borges (2010).

O texto da NBR 15.575/2008 está dividido em seis partes que devem ser aplicadas simultaneamente para que a edificação atenda a todas as exigências de desempenho. São elas: requisitos gerais, sistemas estruturais, sistemas de pisos internos, sistemas de vedações verticais internas e externas, sistemas de coberturas e sistemas hidrossanitários. Os sistemas elétricos não foram contemplados, pois fazem parte de um conjunto mais amplo de normas com base na NBR 5410/2004 (NOGUEIRA, 2010).

Cada uma destas partes da norma possui a mesma estruturação, abordando as exigências dos usuários de forma específica para cada um dos sistemas componentes do edifício através de critérios e requisitos de desempenho de acordo com as exigências dos usuários. Algumas das quais estão ilustradas na Figura 2.

Sistematicamente, estas exigências estão expressas em fatores classificados em três categorias: segurança, habitabilidade e sustentabilidade. "Sendo atendidos os requisitos e critérios estabelecidos nesta Norma, considera-se para todos os efeitos que estejam satisfeitas as exigências do usuário" (ABNT, 2008, p. 16).

## REGRAS

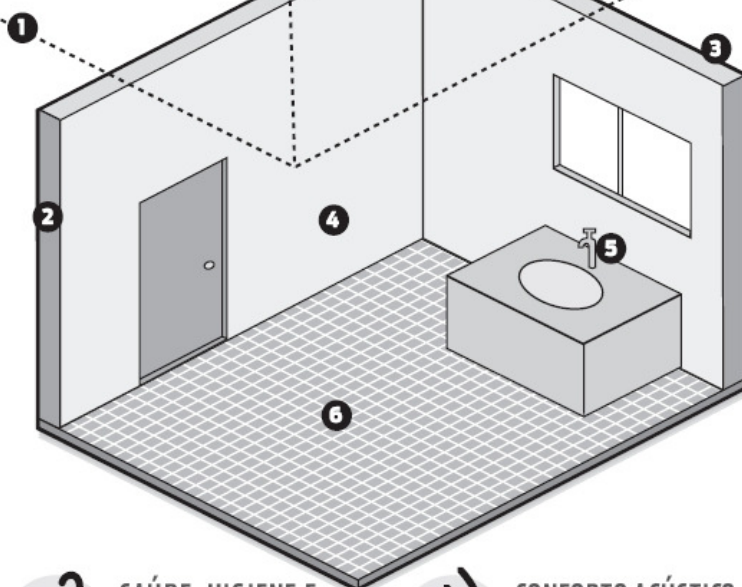
Confira os requisitos básicos previstos na Norma de Desempenho das Edificações (NBR 15.575).



### DURABILIDADE

Vida útil mínima de cada estrutura, em anos

1	Cobertura	20
2	Estrutura	40
3	Vedação vertical externa (fachada)	40
4	Vedação vertical interna (parede)	20
5	Sistema Hidrossanitário	20
6	Pisos internos	13



### CONFORTO TÁTIL

As partes das edificações não devem apresentar rugosidades ou outras irregularidades que possam prejudicar o caminhar, apoiar, limpar e demais atividades normais. Para abrir dispositivos como portas, janelas e torneiras não deve-se exigir uma força superior a 10N (Newton).



### FUNCIONALIDADE

A norma não especifica a área mínima para cada unidade nem para cada ambiente, mas exige cômodos com dimensões capazes de acolher móveis e equipamentos de tamanho padrão, cujas medidas estão relacionadas no documento. O quarto de casal, por exemplo, deve oferecer área suficiente para cama de casal, guarda-roupa e dois criados-mudos. Já a cozinha deve obrigatoriamente acomodar fogão, geladeira, pia, armário, gabinete e apoio de refeição para duas pessoas.



### SAÚDE, HIGIENE E QUALIDADE DO AR

Deve-se evitar a proliferação de micro-organismos e limitar os poluentes na atmosfera interna de acordo com as resoluções da Anvisa.



### CONFORTO TÉRMICO

Ambientes de permanência prolongada (sala, dormitório) devem apresentar condições melhores do que a externa, ou seja, temperatura igual ou inferior à externa no verão.



### ILUMINAÇÃO

Trata tanto da iluminação natural quanto a artificial. O nível de iluminação mínimo para luz natural deve ser de 60lux (uma lâmpada incandescente de 60W equivale a 126 lux) e, para luz artificial, pelo menos, 100 lux ou 50 lux em corredores, escadarias e garagens.



### CONFORTO ACÚSTICO

Os limites sonoros e o método de avaliação de fontes externas de ruído têm como base a NBR 10.152, que leva em conta o tipo de área em que a construção foi projetada. Exemplo: áreas predominantemente residenciais devem ter limite máximo de 55 dB diurno e 50 dB noturno. Na nova norma há critérios tanto para ruído de impacto em piso quanto para ruído aéreo (som, conversas) entre unidades. O nível de pressão sonora (para o impacto) deve ser no máximo de 80 dB. Para isolamento de ruído aéreo, há duas medições: laboratório e campo. A medição de campo tem como requisito a diferença de nível sonoro entre ambientes, que deve ser de 35 dB para paredes que separam áreas privativas de áreas comuns e de 40 dB para paredes e pisos que separam unidades habitacionais.

Fonte: ABNT.

Infografia: Gazeta do Povo

FIGURA 2 - EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO DA NBR 15.575/2008

FONTE: Nogueira (2010)



Os fatores que compõem as exigências dos usuários classificados dentro das categorias supra citadas são apresentados no Quadro 1.

<b>EXIGÊNCIAS DOS USUÁRIOS</b>		
<b>Segurança</b>	<b>Habitabilidade</b>	<b>Sustentabilidade</b>
Segurança estrutural Segurança contra o fogo Segurança no uso e na operação	Estanqueidade Desempenho térmico Desempenho acústico Desempenho lumínico Saúde, higiene e qualidade do ar Funcionalidade e acessibilidade Conforto tátil e antropodinâmico	Durabilidade Manutenibilidade Impacto ambiental

**QUADRO 1 - FATORES DE EXIGÊNCIA DOS USUÁRIOS**

FONTE: Arcoweb (2011).

### 2.2.1 Funcionalidade e acessibilidade

Dentre os itens prescritos na NBR 15575, neste trabalho avalia-se a funcionalidade e a acessibilidade dos sistemas de cobertura. Para ser considerada funcional e acessível, a NBR requer que o sistema de cobertura possibilite a instalação, a manutenção e desinstalação de dispositivos ou equipamentos necessários à operação do edifício. Para tanto é necessário que a cobertura proporcione meios pelos quais permitam vistorias, manutenções e instalações previstas no projeto (ABNT, 2008).

A análise dos projetos visando avaliar o atendimento a esses requisitos deve identificar a especificação de todos os componentes, materiais, e detalhes construtivos da cobertura, deve identificar também os meios de acesso que garantam condições de segurança e ergonomia para inspeções e serviços de manutenção, bem como possibilitar alterações e ampliações do sistema de cobertura respeitando legislação pertinente. Por fim, o projeto deve atender aos requisitos dispostos nas normas NBR 13.532/1995, NBR 9.575/2003, NBR 5.419/2001, NBR 10.844/1989. Essas normas abordam respectivamente a elaboração de projetos de arquitetura para edificações, projeto de

impermeabilização, proteção de estruturas contra descargas atmosféricas e instalações prediais de águas pluviais (ABNT, 2008).

A NBR 13.532/1995 estabelece exigências para a elaboração de projetos de arquitetura e para a construção de edificações de diversas classes, incluindo edifícios habitacionais.

"A concepção arquitetônica da edificação, dos elementos da edificação, das instalações prediais e dos seus componentes construtivos deve abranger a determinação e a representação dos aspectos indicados em 3.1.1 a 3.1.3. Os aspectos relacionados com as **engenharias** dos elementos e instalações da edificação e dos seus **componentes** construtivos, bem como dos **materiais** para construção, também devem ser determinados e representados para o efeito de orientação, coordenação e conformidade de todas as demais atividades técnicas do projeto" (ABNT, 1995, p. 2, grifo do autor).

Ao referir-se aos elementos da edificação, particularmente às coberturas, a norma de projeto de arquitetura cita como elementos a serem identificados: as telhas, canaletas, calhas, rufos, contra-rufos, terraços e lajes impermeabilizadas (ABNT, 1995).

A NBR 5.419 que trata da proteção de edificações contra descargas atmosféricas possui recomendações claras sobre a importância da interação entre os diferentes projetistas da obra, de forma a obter-se o melhor proveito dos elementos condutores da própria estrutura, facilitando o projeto e a execução integrada dos sistemas (ABNT, 2001).

O sistema de proteção de descargas atmosféricas, embora não impeça a ocorrência de descargas atmosféricas, pode reduzir significativamente os riscos de danos a pessoas e bens. A determinação do nível de proteção do sistema depende de fatores característicos de cada projeto, como por exemplo o tipo de ocupação da estrutura, seus materiais de construção, a localização da obra e a topografia do entorno (ABNT, 2001).

O projeto de impermeabilização por sua vez, normatizado pela NBR 9.575, deve ser desenvolvido de forma a manter a estanqueidade dos ambientes internos da construção, proteger as estruturas e seus componentes de agentes agressivos e intemperismos além de proporcionar conforto aos usuários, garantindo a salubridade física dos espaços construídos (ABNT, 2003).

Para tanto, o projeto, desenvolvido em conjunto com os demais a fim de prever especificações e detalhes construtivos adequados, deve atender a alguns requisitos. A inclinação mínima das superfícies horizontais em direção aos coletores de águas, o detalhamento da fixação de estruturas sobre a impermeabilização, o arredondamento de cantos vivos quando necessário e a execução de tubulações sobre a impermeabilização são algumas das exigências estabelecidas na norma (ABNT, 2003).

Por fim, a NBR 10.844 estabelece que os sistemas de captação de águas pluviais devem ser capazes de recolher e conduzir as águas de chuva até local adequado de forma estanque, resistente a intempéries e variações térmicas (ABNT, 1989).

Além destas exigências, é necessário que o sistema seja individualizado, sem ligação com qualquer outra instalação predial, como as redes coletoras de esgoto. Recomenda-se ainda que os materiais utilizados neste sistema sejam resistentes a eventuais choques mecânicos, às pressões de água, que permitam limpeza e desobstrução e que não provoquem ruídos excessivos.

Para tanto, a norma apresenta uma série de materiais que podem ser utilizados nas calhas, condutores verticais e condutores horizontais, dentre os quais destacam-se o PVC rígido, chapas de aço galvanizado e folhas de Flandres (ABNT, 1989).

### 2.3 SISTEMAS DE COBERTURA

Embora o termo telhado possa ser utilizado para se referir ao sistema de cobertura como um todo, neste trabalho faz-se a distinção entre estes dois termos utilizando a mesma definição proposta por Calil e Molina (2010):

"Cobertura (é) a parte superior da construção composta pelas telhas, estrutura para sustentação das telhas, estrutura principal de apoio, estrutura responsável para manter a estabilidade do conjunto e, em alguns casos, sistema de captação de águas pluviais." (CALIL e MOLINA, 2010, p.21)

Os sistemas de cobertura exercem diversas funções nos edifícios habitacionais. A importância de um planejamento adequado e boa execução das

coberturas justifica-se pelo importante papel que este sistema desempenha na proteção e preservação do corpo da construção.

A NBR 15.575 cita como funções do sistema de coberturas, dentre outros, a preservação da saúde dos usuários pela prevenção da proliferação de micro-organismos patogênicos e a proteção dos materiais e componentes da construção de diversos processos de degradação como apodrecimento, corrosão e fissuras de origem higrotérmica causados pela umidade ou intempéries (ABNT, 2008).

Segundo Moliterno (2007), as coberturas são destinadas principalmente a proteger a edificação da ação de intempéries e isolá-la do ambiente externo. Calil e Molina (2010) ampliam estas funções ao afirmar que, além de proteger a edificação de chuva, poeira, sol e ventos, a cobertura também deve manter sua estabilidade estrutural ao longo de sua vida útil, garantir níveis de segurança contra incêndio e possibilidade de manutenção.

Ao sistema de cobertura compete a necessidade de integração com o corpo da edificação por meio da interação com os sistemas de proteção de descargas atmosféricas, instalações hidrossanitárias e sistemas de isolamento térmico, além de outros previstos em projeto.

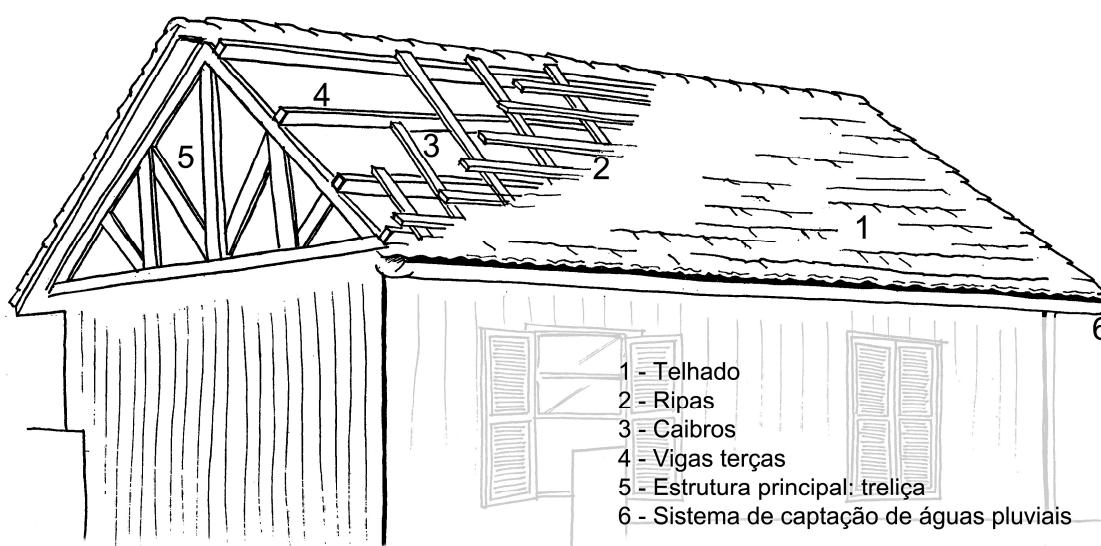
A adequação da cobertura a sistemas de isolamento térmico justifica-se pela acentuada exposição à radiação solar e predominante influência deste sistema na carga térmica transferida aos ambientes internos, contribuindo de forma significativa para o conforto térmico dos usuários e o consumo de energia com sistemas de condicionamento do ar (ABNT, 2008).

O sistema de cobertura deve ser projetado e executado de forma a atender tanto às exigências estabelecidas no capítulo de requisitos gerais quanto às aquelas específicas a este subsistema.

Para determinados requisitos básicos de segurança, saúde, higiene e economia são estabelecidos requisitos mínimos de desempenho que obrigatoriamente devem ser atendidos (nível M). A fim de possibilitar a agregação de qualidade para diferentes relações custo/benefício, a NBR 15.575/2008 prevê níveis intermediário e superior para os requisitos de desempenho (nível I e S).

As exigências de desempenho avaliadas por critérios qualitativos, como funcionalidade e acessibilidade, devem atender à condição obrigatória mínima durante a análise de projeto (ABNT, 2008).

Evidencia-se, assim, a multidisciplinaridade necessária para o projeto de coberturas. A interação entre elementos de arquitetura, estrutura, desempenho térmico e acústico e de instalações de águas pluviais demanda ao projetista uma abordagem sistêmica. A análise das funções dos principais componentes da cobertura tem por objetivo auxiliar os projetistas na integração destas partes. Algumas das partes mais comuns dos sistemas de coberturas em madeira aparecem ilustradas e identificadas na Figura 3.



**FIGURA 3 - PARTES DA COBERTURA**

FONTE: Adaptado a partir de Calil e Molina (2010).

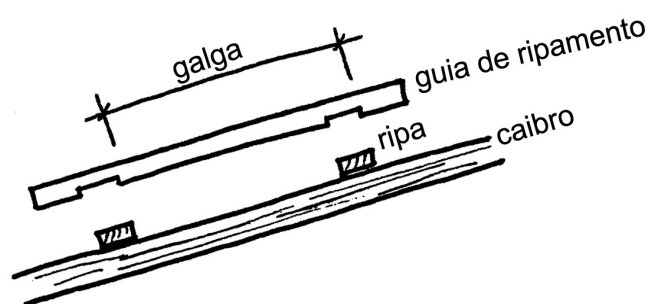
O telhado de uma cobertura pode ser composto por diversos tipos de telhas. A escolha do tipo de telha que será utilizado é, portanto, uma das primeiras etapas na construção de uma cobertura eficiente, uma vez que esta escolha determinará a inclinação das águas do telhado e o desempenho termo-acústico da cobertura.

Caso as telhas não atendam ao desempenho térmico esperado, podem ser utilizadas subcoberturas, geralmente compostas por produtos aluminizados, ou sobrecoberturas, instaladas sobre o telhado antigo (CALIL e MOLINA, 2010).

As estruturas de apoio dos telhados são definidas a partir das características das telhas adotadas no projeto. De forma geral, a estrutura das coberturas pode ser dividida em trama, estrutura principal e contraventamento.

A trama, conjunto de elementos que forma uma superfície paralela ao telhado, é composta pelas ripas, caibros e terças. As ripas são peças de madeira que se apoiam sobre os caibros no seu maior lado. Destinadas a apoiar as telhas, o espaçamento entre as ripas é determinado a partir de um guia de ripamento.

Calil e Molina (2010) definem como galga do ripamento a distância entre duas ripas, somada a largura de uma ripa. Este valor é determinado encaixando-se 12 telhas entre si sobre uma superfície plana. As telhas devem ser afastadas e aproximadas o máximo possível. A galga de ripamento corresponderá à média entre os dois comprimentos de cobertura dividida pela quantidade de telhas utilizadas, tal como mostrado na Figura 4.



**FIGURA 4 - GUIA DE RIPAMENTO**

FONTE: Adaptado a partir de Calil e Molina (2010).

Tanto as ripas quanto os caibros devem ter suas emendas feitas de topo sobre a peça que a suporta, ou seja, no caso das ripas, a emenda é feita sobre os caibros, enquanto que no caso dos caibros, a emenda é feita sobre as terças. Para os caibros é recomendado que a fixação seja feita após furação prévia.

O vão dos caibros depende do peso da telha utilizado e de características da peça, como sua seção transversal e o tipo de madeira. A tabela 01 apresenta os vãos máximos permitidos para os caibros a partir destas características.

**TABELA 1 - VÃOS MÁXIMOS PARA CAIBROS (MEDIDAS EM CM)**

Seção dos caibros (cm <sup>2</sup> )	Classe de resistência (Mpa)	Telhas de peso médio (50 kgf/m <sup>2</sup> )	Telhas de peso médio (70 kgf/m <sup>2</sup> )
1,5 x 5	20	67	60
	30	94	87
	40	120	110
	60	168	155
2,5 x 5	20	65	59
	30	85	85
	40	110	110
	60	155	155

5 x 5	20	65	59
	30	85	85
	40	108	108
	60	140	141

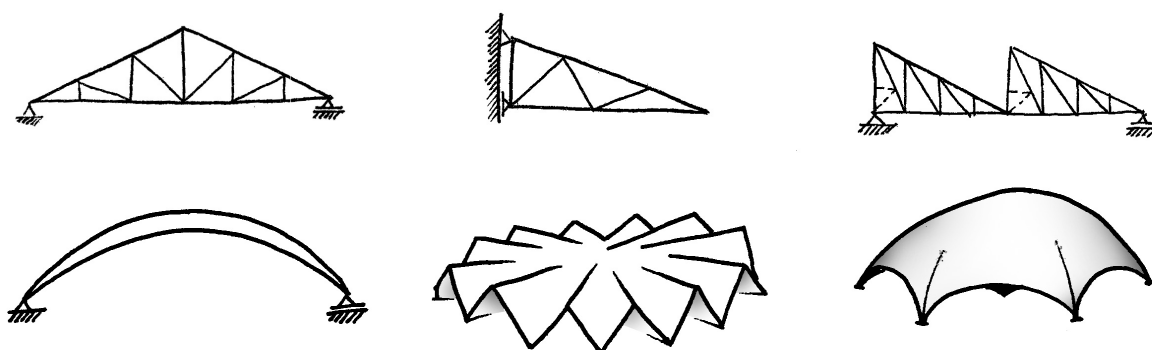
FONTE: CALIL e MOLINA (2010) adaptado.

Para os beirais, Calil e Molina (2010) recomendam que sejam adotados valores de balanço correspondentes à metade dos valores de vão indicados na tabela 01. Beirais maiores, embora permitam melhor sombreamento e proteção da edificação, demandam peças com maior seção transversal.

As vigas terças transmitem as cargas dos caibros para a estrutura principal do telhado. Alguns tipos de telhas, por dispensarem caibros e ripas se apoiam diretamente sobre as terças.

A estrutura principal de apoio deve atender a algumas características gerais da edificação, principalmente suas dimensões em planta e sua utilização. Ao projetista cabe a responsabilidade de propor um arranjo eficiente das barras de modo a favorecer o desempenho e a segurança da estrutura. Gesualdo (2003) nega a existência de uma regra única, porém destaca a importância da experiência do profissional na busca de uma concepção estrutural econômica, segura e eficiente.

As diversas possibilidades de soluções para a estrutura principal da cobertura podem, de forma genérica, ser classificadas a partir de seu sistema estático. Algumas das possibilidades citadas estão ilustradas na Figura 5. Vigas simples e contínuas, treliças, pórticos, arcos, vigas suspensas, grelhas de vigas, superfícies plissadas, superfícies curvas e geodésicas são apenas algumas das principais classificações para estas soluções estruturais (GOETZ *et al*, 1983, citado por MELLO, 2007).



**FIGURA 5 - POSSIBILIDADES DE ESTRUTURAS DE MADEIRA PARA COBERTURAS**

FONTE: Adaptado a partir de Moliterno (2007) e Mello (2007).

Ainda hoje a opção pelo uso de treliças nas estruturas metálicas e de madeira, ao invés de vigas de alma cheia, busca vantagens práticas e econômicas, pois garante rigidez à estrutura e reduz seus deslocamentos. Isso se deve ao fato de que o sistema estrutural treliçado em madeira em coberturas permite que se explore melhor todo o potencial do material, além da relativa facilidade com que as treliças usuais podem ser fabricadas e montadas em madeira. As coberturas treliçadas em madeira são, provavelmente, mais comuns do que em qualquer outro material estrutural (MOLITERNO, 2007; CALIL e MOLINA, 2010).

Para o caso de estruturas planas, aquelas em que as ações atuam sobre determinadas faixas de influência, Gesualdo (2003) ressalta a necessidade de utilização de estruturas secundárias que realizam o travamento no plano perpendicular à estrutura para garantir a estabilidade do conjunto. A estas estruturas é dado o nome de contraventamento.

Os contraventamentos, portanto, auxiliam no engastamento da trama com a estrutura principal de cobertura, de modo que o conjunto possa resistir a ações horizontais. Calil e Molina (2010) sugerem duas maneiras de realizar este travamento. A primeira consiste na adequada disposição de barras nas direções diagonais da trama, criando uma espécie de diafragma. A distribuição de barras diagonais entre a trama e a treliça também restringe a rotação relativa entre estes dois elementos. “Em estruturas de pequeno porte isso é feito pela adição de mãos-francesas entre a cumeeira e os pendurais centrais” (p.35).

O sistema de captação de águas pluviais tem por objetivo captar, conduzir, deter e destinar adequadamente as águas pluviais de coberturas, pisos e marquises até um local adequado de armazenamento ou distribuição à rede pública (CARDOSO, 2000).

Além disso, é imprescindível que estas instalações sejam utilizadas apenas para o recolhimento e condução das águas pluviais, sendo vetada pela NBR 10844 a mistura das águas de chuva com as águas residuárias ou quaisquer outras instalações prediais (ABNT, 1989).

Cardoso (2000) complementa que a captação e condução das águas pluviais devem ser realizadas com rapidez de forma a evitar o acúmulo de água além do



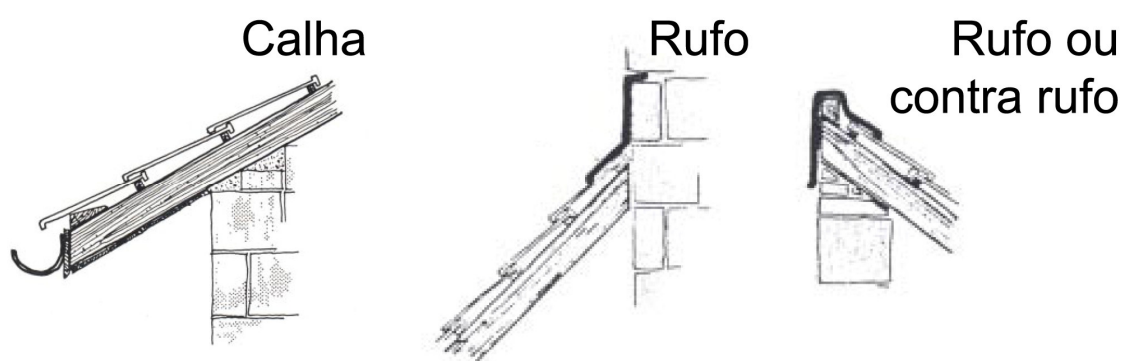
tempo de duração da chuva uma vez que este acúmulo favorece a deposição de sujeira e prejudica a impermeabilização e a durabilidade da cobertura.

Alguns fatores que influenciam no escoamento da precipitação são a declividade do telhado, a rugosidade das telhas e as propriedades geométricas dos canais de escoamento, em especial da calha.

No caso das construções em madeira, o CTBA (1990), citado por Bittencourt (1995), sintetiza em uma única frase o princípio básico de durabilidade e habitabilidade das construções em madeira: “A água não deve penetrar na madeira, mas se penetrar deve ser eliminada rapidamente” (BITTENCOURT, 1995, p. 4).

Apesar disso, a madeira pode resistir muito bem à ação da água desde que esteja afastada do solo. Berriel (2011) afirma que a madeira pode ser molhada contanto que tenha condições geométricas de forma a não acumular água em juntas e interfaces e possa secar rapidamente.

Para tanto, Cardoso (2000) propõe que as coberturas podem ser drenadas por meio de saídas localizadas externamente à cobertura, como caixas de drenagem ligadas e condutores verticais, ou por saídas internas, como calhas de beiral, rufos e extravasores, ilustrados na Figura 6.



**FIGURA 6 - ESQUEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Fonte: Cardoso (2000).

Em determinados sistemas de cobertura, lajes de concreto atuam como elemento de proteção para caixa d'água ou casa de máquinas de elevadores. No caso de projetos que apresentem laje de concreto estiver diretamente expostas à intempéries, Moraes (2002) afirma ser necessária a execução de serviços de regularização de superfície com a definição dos caimentos de água, a impermeabilização propriamente dita, instalação de isolamento térmico quando

especificado e, por fim, uma camada de proteção mecânica. Variáveis como o tipo de estrutura, sua rigidez e a direção dos fluxos de água podem determinar diferentes técnicas de impermeabilização.

## 2.4 A MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Quando devidamente extraída e condicionada, a madeira é capaz de alcançar resistências elevadas similares ao concreto armado. Devido às suas características térmicas e acústicas, a madeira pode ser empregada em associação com materiais isolantes como painéis de fibras vegetais dependendo de seu uso. Ainda na questão do conforto ambiental, a madeira favorece a sensação de aconchego e auxilia na manutenção higroscópica do ambiente, como observa Corrado:

“Os materiais naturais, como a madeira não tratada e os tecidos, contribuem para criar um microclima adequado, posto que regulam a umidade: absorvem-na quando é excessiva, mas a devolvem quando o ar se seca”. (CORRADO, 1999, p. 86, tradução livre)

As construções moduladas leves de madeira são adequadas para múltiplos propósitos especialmente devido a sua flexibilidade e fácil adaptabilidade. No Brasil, a madeira é utilizada em diversos tipos de edificações. Edificações em ambientes altamente corrosivos, como à beira-mar são aplicações comuns da madeira (CEI-Bois, 2011; GESUALDO, 2003).

“A flexibilidade dos métodos de construção em madeira torna facilita variações na implantação no edifício, na sua planta, número de cômodos, *design* interior e aparência geral, enquanto que a eficiência térmica da madeira representa paredes mais delgadas, liberando até 10% de espaço em comparação com outros métodos construtivos” (CEI-Bois, 2011, p. 60, tradução livre).

Embora a madeira possua uma grande flexibilidade de usos na construção civil, este trabalho de conclusão de curso não propõe um discurso utópico sobre o uso da madeira, e sim uma avaliação crítica de seu uso e desempenho. A verdade é que “todos os materiais em princípio são bons, quando utilizados no lugar certo, desempenhando um papel compatível com suas características” (BERRIEL, 2011, p. 41).

A adequada combinação da madeira com o concreto e aço possibilita atender aos objetivos construtivos, ambientais e econômicos, uma vez que as capacidades de cada material são otimizadas e suas quantidades reduzidas ao necessário. Materiais como o concreto, pedra e tijolo garantem inércia térmica e proteção acústica para a edificação, enquanto peças metálicas podem ser usadas em conexões de alto desempenho e para afinar as seções das peças de madeira (MÜELLER, 2005).

Independente do material utilizado, porém, é importante que a racionalização e a industrialização dos processos construtivos sejam consideradas, visando, dessa forma, reduzir custos e tempo de obra, além de melhorar o desempenho e acabamento das edificações.

A pré-fabricação pode ser entendida como toda produção de material construtivo fora do canteiro de obras de acordo com dimensões estabelecidas antes de sua produção. Seu objetivo é possibilitar uma melhor eficiência da execução pelo aumento da velocidade da obra, economia de materiais e controle de qualidade. Os processos de pré-fabricação carecem de um bom planejamento, organização do canteiro de obras e capacitação da mão de obra desde as etapas de projeto (STINGHEN, 2009).

A madeira adapta-se bem à pré-fabricação ao possibilitar a execução de sistemas construtivos secos e de montagem rápida. Isso se deve, dentre outros fatores, à capacidade do material receber carregamentos logo após sua montagem, diferenciando-se dos elementos estruturais de concreto que carecem do tempo de cura para adquirir resistência (BERRIEL, 2011).

A falta de tecnologia apropriada ao processo construtivo, porém, tem proporcionado o uso inadequado da madeira e é decorrente, dentre outros fatores, da ausência de domínio dos processos de construção em madeira e de um corpo técnico capacitado atuando na área. Estes fatores, apesar das potencialidades do material, restringem a pouca utilização da madeira como sistema construtivo no Brasil ao madeiramento de telhados ou como elemento decorativo e/ou de revestimento (BITTENCOURT, 1995).

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas, IPT, metade da madeira amazônica consumida pelo setor da construção civil no estado de São

Paulo é utilizada em estruturas de cobertura. Produtos de madeira serrada como vigas, caibros, pranchas e tábuas encontram seu destino na produção de residências e pequenas edificações.

O mesmo estudo mostrou que 33% do consumo da madeira está relacionado aos andaimes e fôrmas para concreto armado utilizados na construção de grandes edifícios verticais. Para este setor da construção civil, o uso de madeira para cimbramentos corresponde a 80% do consumo do material (SOBRAL *et al.* (2002) citado por ZENID, 2009).

Por ser um dos materiais mais comuns na estruturação de sistemas de coberturas, este trabalho de conclusão de curso aborda com maior ênfase as estruturas de cobertura de madeira.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DA MADEIRA

Diante dos diversos usos que a madeira pode ter na construção, neste tópico da pesquisa estão expressos conceitos relativos à madeira como material de construção. São apresentadas algumas de suas características e propriedades físicas, bem como algumas informações comerciais.

### 2.5.1 Características morfológicas da madeira

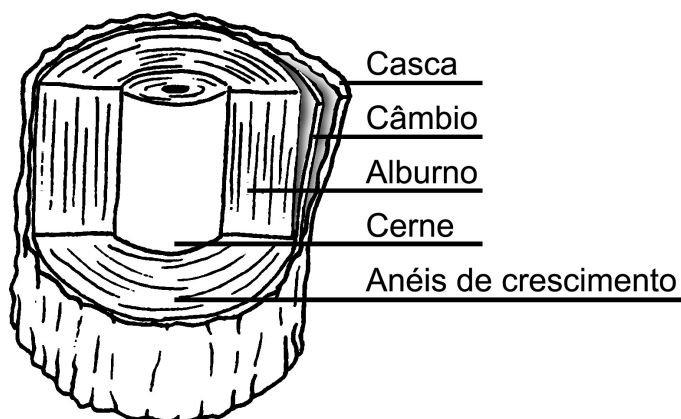
A madeira é um material cujas características e propriedades dependem da árvore que a originou. Por se tratar de um material natural, estas características variam de acordo com diversos aspectos, dentre eles, os fatores climáticos e de extração da madeira.

O corte transversal de um tronco de árvore, conforme ilustrado na Figura 8, possibilita a identificação macroscópica dos anéis de crescimento e de algumas estruturas importantes para o desempenho da madeira nas suas diversas aplicações.

A casca, camada mais externa do tronco, divide-se em duas camadas: uma externa, de espessura variável, formada por células mortas cuja função é proteger a árvore contra agentes externos, e outra interna, fina, que conduz a seiva elaborada. O lenho é a parte resistente do tronco e de melhor aproveitamento comercial. Divide-se em duas partes denominadas alburno e cerne, cada uma com características particulares (SZÜCS, 2008).

O alburno é formado pela madeira mais jovem que conduz a seiva bruta. Permeável e menos densa, esta parte do tronco é mais sujeita ao ataque de fungos e insetos, além de possuir menor resistência mecânica. Em contrapartida, a baixa densidade possibilita maior penetração de líquidos durante o tratamento de preservação (COSTA, 2001). O alburno costuma apresentar coloração mais clara que o cerne.

O cerne, por sua vez, é formado por modificações do alburno e apresenta níveis de resistência e densidade superiores àquele. Esta região é responsável pela sustentação do tronco. A medula, parte central do tronco, armazena as substâncias nutritivas para a planta durante a fase inicial de crescimento. Por isso é uma região muito susceptível a parasitas.



**FIGURA 7 - ANATOMIA DA MADEIRA**

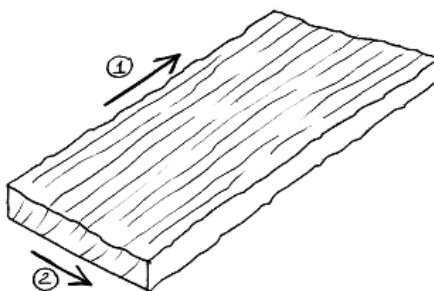
FONTE: Adaptado a partir de Costa (2001)

De forma geral, a madeira desempenha três funções distintas na árvore: condução da seiva bruta, estocagem de reserva e sustentação da planta. Cada uma destas funções possui um tecido celular adaptado a ela.

Os vasos são células de grande diâmetro com extremidades abertas que fazem a circulação da seiva quando situadas no alburno. O parênquima é um tecido

pouco resistente distribuído no lenho cuja função é armazenar e distribuir nutrientes. As fibras longitudinais são os principais elementos resistentes da madeira, das quais dependem muitas das propriedades físicas e mecânicas do tronco (COSTA, 2001).

A orientação preferencial das fibras no sentido longitudinal do tronco faz com que suas propriedades físicas e mecânicas não se preservem em todas as direções. Isso significa que o material se comportará de modo diferente aos esforços de carga conforme variar a direção e o local da solicitação ou de esforços de carga. Devido a essa característica, a NBR 7190 (ABNT, 1997), que trata do projeto de estruturas de madeira, estabelece a distinção entre os valores característicos de resistência a tração e compressão da madeira nas direções normais e paralelas às fibras, como se vê na Figura 8.



**FIGURA 8 - DIREÇÃO DOS ESFORÇOS NAS FIBRAS: 1 – PARALELO; 2 - NORMAL**  
FONTE: Adaptado a partir de Rebello (2002)

Na NBR 7190, as espécies de madeira são classificadas em duas categorias, cada uma delas dividida em classes de resistência características. Esta classificação é feita a partir da estrutura celular e não pela resistência das madeiras, sendo esta última definida pelas classes de resistência (ABNT, 1997). O primeiro grupo corresponde às espécies dicotiledôneas, de crescimento mais lento e madeira mais dura, popularmente conhecidas como folhosas ou madeiras “de Lei”. Enquadram-se nesta categoria o Angelim-ferro, o Ipê e o Jatobá.

O segundo grupo refere-se às espécies coníferas, em geral pinheiros e eucaliptos, que possuem madeira mais macia e crescimento mais rápido. São exemplos de coníferas o Eucalipto, a Araucária e o Pinus Elliotti. Costa (2001) acrescenta que nas coníferas as fibras longitudinais são abertas nas extremidades e acumulam as funções de condução de seiva e recebem o nome de traqueídes. Esta característica celular típica dessas espécies implica em uma redução da resistência mecânica de sua madeira em relação às dicotiledôneas.

### 2.5.1 Espécies comumente utilizadas

A madeira pode ser utilizada em diversas partes da construção. Em cada uso, uma determinada característica do material será mais necessária. Para os elementos estruturais, por exemplo, a resistência mecânica é fator prioritário na escolha, enquanto que para esquadrias, espécies com pouca variação dimensional mostram-se mais eficientes. A madeira utilizada em assoalhos e pisos precisa ser dura e por isso preferem-se aquelas espécies com alta resistência a abrasão, enquanto que para cimbramentos e estruturas provisórias prefere-se utilizar madeiras de crescimento rápido e baixo custo.

Conforme REMADE (2012), as principais espécies de madeira utilizadas na construção civil podem ser agrupadas conforme os usos apresentados no Quadro 2.

	<b>Construção pesada</b>	<b>Esquadrias</b>	<b>Assoalho</b>	<b>Uso temporário</b>
Usos mais frequentes	Tesouras, treliças, vigas e caibros	Portas, batentes, venezianas e caixilhos	Degraus de escadas internas, tábuas e parquetes	Pontaletes, andaimes e formas
Espécie				
Amapá		X		
Amoreira		X	X	
Andiroba		X		
Angelim-pedra	X	X		X
Angelim-vermelho	X			
Angico-preto	X		X	
Bacuri	X	X	X	X
Cabriúva-vermelho	X	X	X	
Castanheira		X		X
Cedrinho		X		X
Cedro		X		
Cedrona				X
Copaíba				X
Cumarú	X		X	
Cupiúba	X			
Curupixá				X
Eucalipto-citriodora			X	
Eucalipto-grandis			X	X
Fava-orelha-de-negro			X	
Garapa			X	
Imbuia		X		
Ipê	X	X		
Itaúba	X		X	
Jatobá	X	X	X	

Louro-faixa		X		
Louro-vermelho		X		
Macaúba	X	X	X	
Maçaranduba	X			
Mandioqueira				X
Mogno		X		
Muiracatiara	X	X		
Muirapiranga			X	
Pau-amarelo	X		X	
Pau-roxo			X	
Peroba-rosa			X	
Pinho do Paraná				X
Pinus eliotti				X
Quaruba				X

#### QUADRO 2 -PRINCIPAIS ESPÉCIES UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

FONTE: REMADE (2012) adaptado.

Diante desta variedade de espécies de madeira disponíveis para o uso na construção civil, cabe ao projetista "saber escolher as espécies que melhor se adaptem aos usos e tirar partido de suas características físicas e mecânicas para otimizar as seções" (MÜELLER, 2005, p.11).

#### 2.5.2 Dimensões comerciais da madeira

Diversas recomendações para a elaboração e execução das construções de madeira podem ser encontradas na literatura técnica. LIGNUM (1960), citado por Bittencourt (1995, p.5) ressalta a necessidade de "considerar as dimensões usuais da madeira maciça e de seus derivados".

Cada peça de madeira serrada possui um nome e dimensão comercial característicos que podem variar dependendo da região do país. Estas dimensões, relacionadas com o uso da peça, visam otimizar o processamento do tronco e as propriedades físicas e mecânicas da madeira.

As vigas costumam ser usadas para estruturar o piso, como terças de telhado para o suporte das telhas e também na composição dos pilares. As tábuas também são usadas nos pisos e em seções compostas de grandes vigas.



Os caibros e ripas são peças usadas em coberturas para o apoio das telhas. Os sarrafos usados em barras de treliças também podem ser usados em seções de vigas compostas. Quando lâminas de sarrafos são coladas, obtém-se vigas laminadas de grande altura (REBELLO, 2002).

No Quadro 3 estão apresentadas as dimensões comerciais mais comuns de diversas peças de madeira.

Tipo		Unidade	Dimensões				
Coluna		cm	20,0 x 30,0				
Viga		cm	5,0 x 6,0	6,0 x 12,0	6,0 x 16,0	6,0 x 20,0	6,0 x 25,0
			6,0 x 30,0				
Caibro		cm	2,5 x 5,0	4,0 x 4,0	5,0 x 5,0	5,0 x 6,0	6,0 x 8,0
			7,0 x 8,0	7,5 x 7,5			
		polegada	3 x 3				
Ripa		cm	0,5 x 5,0	1,0 x 5,0	1,5 x 5,0	1,5 x 5,5	2,5 x 5,0
Pontalete		cm	4,0 x 4,0	7,0 x 7,0	7,5 x 7,5	8,0 x 8,0	
		polegada	3 x 3				
Pontalete roliço		cm (diam.)	15				
Pranchas		cm	5,0	6,0			
		polegada	2,0				
Largura		cm	15,0	20,0	25,0	30,0	
		polegada	8,0				
Tábua		cm	1,5	2,0	2,5		
		polegada	1,0				
Largura		cm	5,0	10,0	12,0	15,0	20,0
		polegada	8,0	9,0	10,0	12,0	
Tabeira		cm	2,5 x 20,0	2,5x 15,0	2,5x 20,0		
Barrote		cm	2,0 x 5,0				
Sarrafo		cm	2,0	2,5			
		polegada	1,0				
Largura		cm	2,0	5,0	7,0	10,0	15,0
		polegada	3,0	4,0			
Tábua para assoalho		cm	2,0 x 20,0	2,0 x 15,0	2,5x 15,0	2,5 x 20,0	3,0 x 25,0
			3,0 x 28,0				
Taco		cm	7,0 x 21,0	7,0 x 35,0	7,0x 42,0	10,0x 40,0	10,0x 50,0
Degrau		cm	3,0 x 30,0				
Forro		cm	0,9	1,0	1,2	2,5	
		cm	9,0	10,0	10,5		
Lambril		cm	1,0	1,5			
		cm	9,5	10,0	15,0		
Guarnição		cm	1,0	1,5			

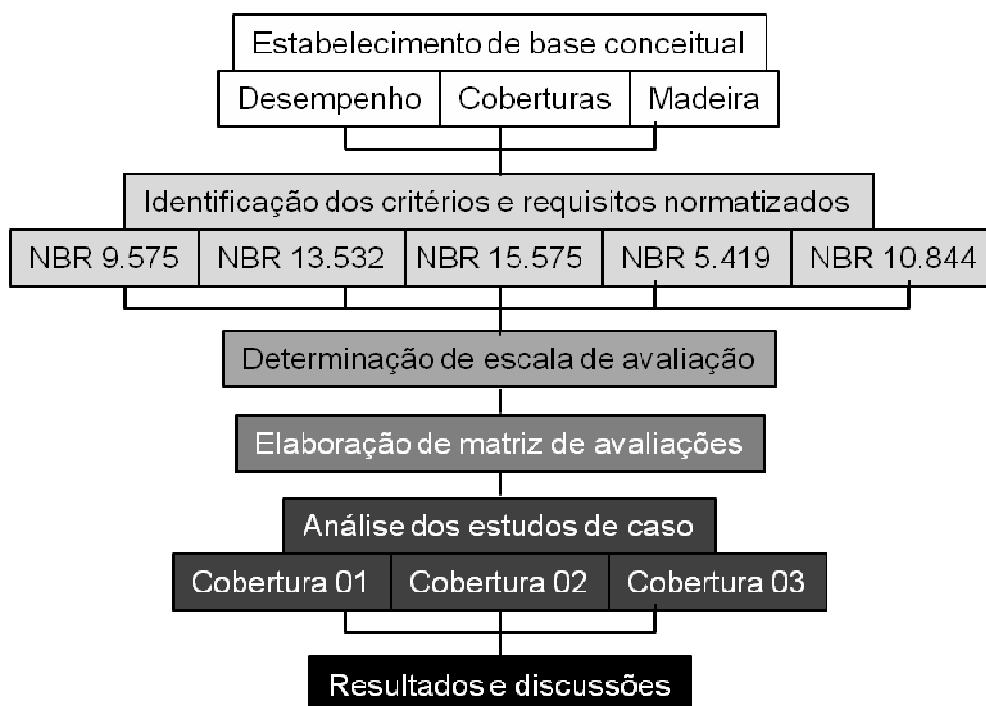
Largura	cm		5,0	6,5	7,0	
Rodapé	cm	2,0 x 20,0				
Cordão	cm	1,5 x 15,0				
Batente	cm	3,5 x 14,0	3,5 x 15,0	3,5x 16,0	3,5 x 18,0	3,5 x 20,0
		3,5 x 25,0	4,0 x 14,0	4,0x 20,0	4,0 x 25,0	

**QUADRO 3 - NOMES PARA PEÇAS DE MADEIRA SERRADA/BENEFICIADA DE ACORDO COM SUAS DIMENSÕES NOMINAIS**

FONTE: REMADE (2012) adaptado.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A fim de atingir aos objetivos propostos neste trabalho e apresentados no capítulo introdutório, esta pesquisa foi realizada a partir das etapas ilustradas na Figura 9 e descritas a seguir.



**FIGURA 9 - ETAPAS DA PESQUISA**

Fonte: Autoria própria.

#### 3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A NBR 15.575/2008 estabelece como requisito para a funcionalidade e acessibilidade dos sistemas de cobertura a possibilidade de instalação, manutenção e desinstalação de dispositivos e equipamentos necessários à operação do edifício habitacional. Para tanto, o sistema deve proporcionar meios pelos quais as vistorias, manutenções e instalações previstas em projeto sejam fácil e tecnicamente atendidas.

A avaliação deste critério deve ser feita a partir da análise dos projetos de arquitetura atendendo às seguintes prescrições:

- Compatibilização das exigências dispostas nas normas técnicas NBR 13.532/1995, NBR 5.419/2001, NBR 10.844/1989 e NBR 9.575/2003;
- Previsão de todos os componentes, materiais e detalhes construtivos integrados ao sistema de cobertura;
- Previsão dos meios de acesso para inspeções e realização de serviços de manutenção que garantam condições de segurança e ergonomia;
- Indicação de componentes, materiais e detalhes construtivos para ampliação do sistema de cobertura, quando houver possibilidade prevista.

O atendimento satisfatório às prescrições de projeto garante à cobertura um nível mínimo de aceitação de funcionalidade e acessibilidade.

### 3.2 ESCALA DE AVALIAÇÃO

Etapa fundamental na elaboração de uma pesquisa de avaliação, a definição das escalas ou alternativas de respostas adequadas para as questões formuladas deve possibilitar a obtenção de informações ricas e precisas sobre o objeto estudado. Campos (2012) afirma que escalas com mais de 5 pontos de avaliação podem apresentar certas desvantagens devido a complexidade das informações geradas. Atesta ainda a importância da equidistância dos pontos de avaliação em relação a um referencial neutro a fim de garantir uma análise adequada e não tendenciosa dos dados. O autor ressalta que, embora existam diversas possibilidades para escalas de pesquisa, não há uma solução única para todas as perguntas, de modo que cabe ao pesquisador estabelecer uma escala apropriada para responder às questões de seu estudo.

Neste trabalho optou-se por adotar uma escala simples de avaliação com 4 pontos de avaliação para as exigências de desempenho com notas de zero a três, de modo que zero indicasse a falta de informações, especificações e o não atendimento a requisitos, enquanto que três representasse a superação da exigência, destacando a qualidade e o bom desempenho dos projetos quando

verificados. A correlação entre os conceitos e gradação de avaliação utilizados na avaliação dos projetos estão estabelecidos no Quadro 4.


Nota	Conceito	Apresentação de informações	Especificação	Atendimento a requisitos
0	Ruim	Não apresenta	Não especifica	Não atende
1	Insuficiente	Apresenta simplificada	Indica genericamente	Atende parcialmente
2	Bom	Apresenta satisfatoriamente	Especifica	Atende satisfatoriamente
3	Ótimo	Apresenta detalhadamente	Especifica com detalhes	Atende e supera exigência

**QUADRO 4 - ESCALA DE AVALIAÇÃO**

Fonte: Autoria própria.

### 3.3 MATRIZ DE AVALIAÇÕES

A partir da identificação dos critérios de avaliação de funcionalidade e acessibilidade dos sistemas de cobertura, foi formulada uma matriz simples para conduzir o processo de análise e avaliação dos estudos de caso, representada pelo Quadro 5. Nesta matriz as exigências normativas são avaliadas de acordo com a escala de avaliação estipulada no Quadro 4 de modo que, quando a avaliação atinge nota igual ou superior a dois, considera-se que o critério foi atendido satisfatoriamente.

<b>Avaliação de desempenho de edificações</b> Funcionalidade e acessibilidade de sistemas de cobertura 	Cobertura:		Avaliador:				
	Material:		Data da avaliação:				
	Avaliação				Atende satisfatoriamente?		
	0	1	2	3	Sim	Não	Não se aplica
Arquitetura está conforme a NBR 13.532?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SPDA esta conforme a NBR 9.575?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Impermeabilização está conforme a NBR 9.575?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de captação de águas pluviais está conforme a NBR 10.844?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os componentes do sistema de cobertura estão indicados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os materiais do sistema de cobertura estão especificados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Existem detalhes construtivos do sistema de cobertura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os meios de acesso à cobertura estão indicados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os meios de acesso apresentam condições de segurança?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os meios de acesso apresentam condições de ergonomia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Há previsão de ampliação do sistema de cobertura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A ampliação respeita a legislação vigente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os materiais e componentes da ampliação estão indicados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Atende à exigência de desempenho?							

**QUADRO 5 - MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE FUNCIONALIDADE E ACESSIBILIDADE**

Fonte: Autoria própria.

Após a avaliação individual de cada uma das prescrições de projeto estipuladas pela NBR 15.575/2008, o atendimento da cobertura à exigência de desempenho é avaliado de forma global. Para cumprir satisfatoriamente a esta exigência é preciso que todos os critérios anteriores sejam atendidos de modo igualmente satisfatório, ou seja, recebam nota igual ou superior a dois.

### 3.4 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

A delimitação do universo de pesquisa abordado neste trabalho pautou-se pelos seguintes critérios:

Em primeiro lugar, as coberturas analisadas deveriam ser elaboradas a partir de projeto adequado às exigências da NBR 7190/1997. Esta preocupação justificava-se pela grande frequência com que estas estruturas são idealizadas por carpinteiros no país. Estes profissionais não são habilitados para projetar, embora muitos possuam grande habilidade e experiência para a execução (GESUALDO, 2003).

Outro aspecto utilizado para a delimitação da pesquisa está relacionado aos materiais utilizados. Foram escolhidos para a análise, casos em que a madeira atue como principal elemento da cobertura, embora não necessariamente o único.

Em terceiro lugar, os projetos analisados foram desenvolvidos para a cidade de Curitiba, ratificando a tradição da construção em madeira na região, porém a partir de uma concepção contemporânea (BERRIEL, 2011). Por fim, a pesquisa delimita-se a projetos realizados entre os anos de 2011 e 2012.

Além destes critérios de delimitação da pesquisa, outros aspectos secundários foram considerados. Os projetos de coberturas escolhidos foram desenvolvidos por escritórios de projeto tradicionais e reconhecidos na região metropolitana de Curitiba. A preferência por projetos produzidos por profissionais experientes e conceituados busca encontrar bons exemplos que, mesmo não sendo perfeitos, possam servir de referência para produções posteriores.

Outro aspecto considerado na seleção dos estudos de caso diz respeito ao caráter da edificação e o papel da cobertura no partido do projeto arquitetônico. Os

projetos de cobertura analisados foram desenvolvidos para residências de alto padrão nas quais o conforto visual da cobertura desempenha um papel importante. O caráter estético que o uso da madeira proporciona justifica, em muitos casos, a sua adoção nas estruturas de cobertura (CORRADO, 1999).

A partir destes critérios, foram selecionados três projetos de coberturas de madeira para residências em Curitiba para a avaliação dos critérios de funcionalidade e acessibilidade da NBR 15.575.

### 3.5 DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

#### **3.5.1 Cobertura 01**

Este projeto de cobertura de madeira para uma residência na cidade de Curitiba, PR foi finalizado durante o mês de julho de 2011. O telhado foi projetado com inclinação de 47% para telhas de concreto e placas de vidro. A estrutura desta cobertura foi projetada em madeira Itaúba, dentre cujas peças destacam-se aquelas especificadas com acabamento aplainado.

Neste projeto o espaço livre sob o centro da cobertura é utilizado para escritórios e usos habitacionais. A escolha da espécie de madeira e a especificação de acabamento justifica-se esteticamente pela previsão de uso sob a cobertura e em espaço com pé-direito duplo, locais em que a cobertura contribui para a composição plástica dos ambientes.

#### **3.5.2 Cobertura 02**

O segundo projeto de cobertura de madeira avaliado foi desenvolvido no mês de dezembro de 2011 para uma residência unifamiliar também na cidade de Curitiba, PR. Neste projeto, porém, a cobertura foi projetada com pequena

inclinação, 8%, e altura máxima de 1,00m acima da laje de cobertura. Buscava-se, assim, ocultar a cobertura com o uso de platibanda que percorre todo o perímetro da residência.

Para viabilizar esta forma, o telhado foi projetado para receber chapas termo acústicas de aço galvanizado. O madeiramento foi projetado em pontaletes sobre laje de concreto para Cedrinho de 1ª categoria, sem observações de acabamento.

### 3.5.3 Cobertura 03

O mais recente dos casos estudados, esta cobertura foi projetada no mês de março de 2012. O telhado desta residência de 1.035 m<sup>2</sup> é feita em chapas de OSB inclinadas em 45% e revestidas com cobertura asfáltica comercialmente conhecida como telha *shingle*. A madeira utilizada para a estrutura da cobertura é Itaúba que, em alguns pontos recebe especificação de aplainamento.

Neste projeto a área central sob a cobertura também tem utilização prevista como depósito, portanto a estrutura utiliza travessões para vencer o vão e liberar o espaço para uso. O aplainamento é previsto para as peças localizadas nesta área.

Diante da identificação das principais características de cada um dos estudos de caso analisados neste estudo, desenvolveu-se uma matriz de correlações entre as propriedades e características de cada uma destas coberturas para título de comparação, a qual está representada pelo Quadro 6.

CARACTERÍSTICAS	Cobertura		
	1	2	3
Madeira	Itaúba	Cedrinho	Itaúba
Inclinação	47%	8%	45%
Telha	Concreto	Metálica	Asfáltica
Estrutura de cobertura aparente	Sim	Não	Parcial
Ocupação do espaço sob a cobertura	Escritório	Não	Depósito

**QUADRO 6 - COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS DE CASO**

Fonte: Autoria própria.

As pranchas desses projetos utilizadas nas análises apresentadas estão reproduzidas nos Anexos deste trabalho.



## 4 RESULTADOS

Neste capítulo é apresentada uma breve descrição dos três projetos de cobertura de madeira avaliados na pesquisa. Posteriormente, expõe-se os resultados dos critérios de avaliação de funcionalidade e acessibilidade da NBR 15.575/2008 apresentados no capítulo anterior.

A análise das pranchas dos projetos possibilitou identificar as especificações dos componentes e materiais e detalhes da construção da cobertura, os meios de acesso para inspeção e manutenção e as possibilidades de alterações evolutivas e o atendimento dos requisitos das normas de arquitetura, impermeabilização, proteção de descargas atmosféricas e captação de águas pluviais.

### 4.1 COMPATIBILIZAÇÃO DOS REQUISITOS NORMATIVOS

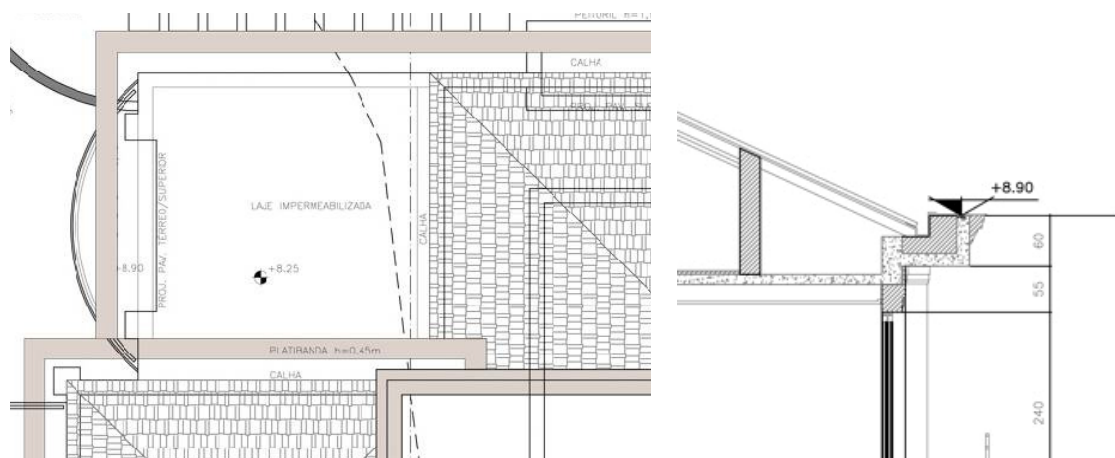
Para atender às exigências de funcionalidade e acessibilidade da norma de desempenho, o sistema de cobertura precisa ser projetado visando atender às exigências das normas de projeto de arquitetura, projeto de impermeabilização, sistema de proteção de descargas atmosféricas e sistema de captação de águas pluviais, respectivamente as NBR's 13.532/1995, 9.575/2003, 5.419/2001 e 10.844/1989.

#### 4.1.1 Arquitetura

De acordo com a NBR 13.532/1995, a concepção arquitetônica dos sistemas de cobertura deve abranger a determinação dos materiais e componentes de telhas, canaletas, calhas, rufos, contra-rufos, terraços e lajes impermeabilizadas.

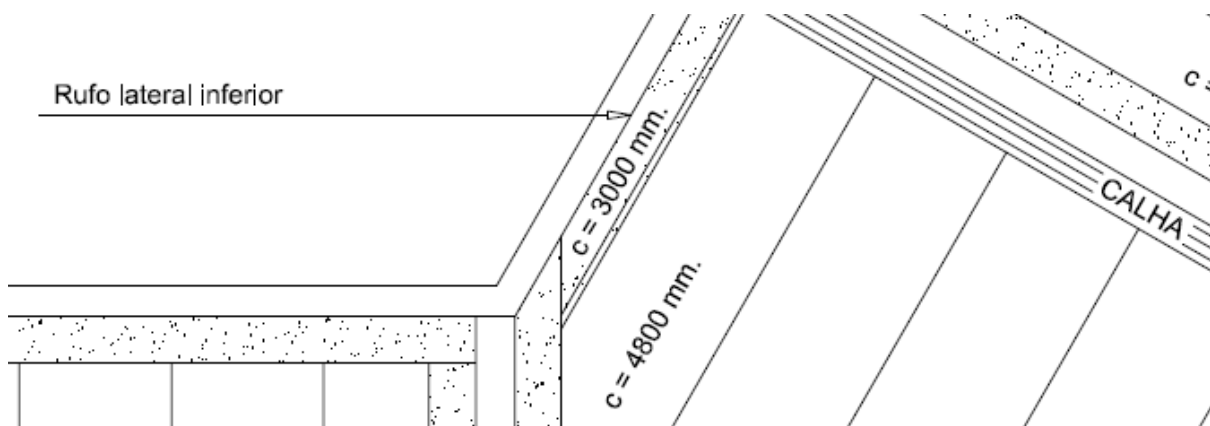
No projeto da cobertura 01 aparecem identificadas as calhas, telhas e lajes impermeabilizadas. Apesar da existência de platibandas e paredes adjacentes aos

telhados, não foram determinados rufos e contra-rufos no projeto, como mostrado na Figura 10.



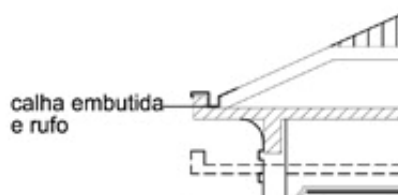
**FIGURA 10 – DETALHE – PLANTA DE COBERTURA E CORTE: COBERTURA 01**

A cobertura 02, por sua vez, possui projeto com especificação tanto de calhas e telhas, quanto dos rufos, os quais aparecem diferenciados e especificados de acordo com a posição de instalação, como exemplificado na Figura 11. Neste projeto não são aplicáveis a determinação de terraços e lajes impermeabilizadas.



**FIGURA 11 – DETALHE – PLANTA DE COBERTURA: COBERTURA 02**

A terceira cobertura analisada trás em seu projeto a determinação dos materiais do telhado e as posições das calhas e lajes. Rufos são instalados juntamente com a moldura de entablamento, como demonstrado na Figura 12.



**FIGURA 12 – DETALHE – CORTE: COBERTURA 03**

#### 4.1.2 Descargas atmosféricas

Para edificações residenciais a NBR 5.419 recomenda que antes do dimensionamento de um sistema de proteção de descargas atmosféricas, seja verificada a exigibilidade deste sistema segundo os critérios da norma. O sistema se torna obrigatório apenas para estruturas sujeitas a um número provável de raios superior a frequência admissível de  $10^{-3}$  raios por ano. Para estruturas sujeitas a uma frequência compreendida entre  $10^{-3}$  e  $10^{-5}$  raios por ano, a conveniência de um SPDA será decidida entre o projetista e o usuário do edifício (ABNT, 2001).

O número provável de raios é um produto da densidade de descargas atmosféricas de uma determinada região pela área de exposição de cada estrutura. A este produto são multiplicados fatores de ponderação relativos a características de ocupação, construção, localização e topografia da edificação.

Todos os projetos analisados ficaram isentos da exigibilidade do sistema de proteção de descargas atmosféricas. Com fatores de ponderação que consideravam as edificações residenciais comuns com estrutura de concreto armado localizadas em região com árvores e outras edificações com porte equivalente, as coberturas 01, 02 e 03 obtiveram um número provável de incidência de raios por ano inferior ao parâmetro admissível de  $10^{-3}$  raios/ano estabelecido pela NBR 5.419/2001. Respectivamente, os valores calculados foram de  $2,7 \times 10^{-4}$ ;  $8,2 \times 10^{-4}$  e  $22 \times 10^{-4}$ . A maior probabilidade de incidência de raios sobre a cobertura 02 está relacionada com a ponderação dada pelas chapas metálicas de cobertura e pelas dimensões da obra.

### 4.1.3 Impermeabilização

Para atender às exigências de projeto de impermeabilização da NBR 9.575 o projeto dos sistemas de cobertura deve fornecer especificações, apresentar detalhes construtivos principalmente quando houver transposição da superfície impermeabilizada por tubulações e informar as inclinações das superfícies horizontais em direção aos coletores (ABNT, 2003).

Para nenhuma das coberturas analisadas foi desenvolvido um projeto específico de impermeabilização. No caso da cobertura 01, as lajes impermeabilizadas sequer possuem sugestão de escoamento de águas ou inclinação mínima da superfície, como pode-se observar na Figura 10. No caso da cobertura 02 não existem lajes ou superfícies horizontais expostas, portanto a proteção da edificação às intempéries fica inteiramente por conta do telhado.

Desenvolvido com sistema de revestimento diferente dos anteriores, a cobertura 03 prevê o revestimento de chapas de OSB com material asfáltico. As chapas e o papelão asfáltico são descritos e quantificados, como visto na Figura 13, porém não há, no projeto, detalhamento ou especificação completa deste sistema.

B) COBERTURA (SEM FULGANA QUANT)	
1. CHAPAS DE OSB $e = 11,1 \text{ mm}$	- 510,00m <sup>2</sup>
2. PAPELÃO ASFÁLTICO	- 510,00m <sup>2</sup>
3. CHAPAS ASFÁLTICAS	- 510,00m <sup>2</sup>
4. CUMEEIRAS + ESPIGÕES	- 96,00m <sup>1</sup>
5. BEIRAS	- 106,00m <sup>1</sup>

FIGURA 13 – DETALHE – TABELA DE MATERIAIS: COBERTURA 03

Os projetos da cobertura 03 sugerem, ainda, um valor mínimo de inclinação para as lajes impermeabilizadas sem, porém, indicar a direção do escoamento ou a técnica de impermeabilização a ser utilizada no local.

Dentre os critérios analisados na pesquisa, o atendimento às exigências de projeto de impermeabilização nos estudos de caso mostraram-se bastante distantes

da expectativa prevista pela norma. A falta de um projeto específico para este sistema é uma explicação razoável para a carência de informações e detalhes.

#### 4.1.4 Captação de águas pluviais

Uma vez que o sistema de cobertura tem como função principal proteger a edificação das intempéries, o atendimento às exigências da NBR 10.844/1989 para o sistema de captação de águas pluviais é requisito para o funcionamento eficiente deste sistema. Destacam-se para esta análise definições de projeto que possibilitem a durabilidade, limpeza e funcionamento adequado das partes do sistema, bem como a especificação dos seus componentes conforme recomendado pela instrução normativa.

Na cobertura 01, embora as calhas de captação de águas pluviais estejam identificadas e dimensionadas ao redor da cobertura, não há definição de materiais ou especificação de rufos sobre platibandas ou encontros entre paredes e telhado, como observou-se na Figura 10. O projeto de cobertura também não apresenta sugestões de posicionamento para os pontos de descida dos condutores de águas.

Na cobertura 02 os rufos estão identificados e quantificados como laterais, de topo dentados e de topo lisos. Calhas em torno do telhado também estão dimensionadas e identificadas nas pranchas da cobertura.

A cobertura 03 difere das anteriores pelo desenho do telhado, que não conta com platibanda ao longo de todo o perímetro da cobertura para esconder os componentes do sistema de captação de águas pluviais. O que se observa na Figura 14 é a utilização das calhas apenas em pontos específicos em que há platibanda. Nas outras partes da cobertura optou-se pela fixação de tábuas de beiral para realizar o arremate do telhado.

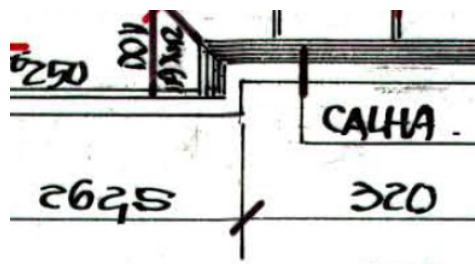


FIGURA 14 – DETALHE DE CALHA E BEIRAL – PLANTA DE COBERTURA: COBERTURA 03

#### 4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES, MATERIAIS E DETALHES:

Para que um sistema de cobertura atenda aos critérios de funcionalidade e acessibilidade da NBR 15.575 é necessário que todos os componentes, materiais e detalhes construtivos integrados à cobertura estejam previstos em projeto.

A cobertura 01 apresentou apropriada identificação dos componentes estruturais de madeira. As peças, quantificadas e dimensionadas a partir das seções comerciais em polegadas, possuem definição da espécie de madeira e do tipo de acabamento, conforme sua função na cobertura.

Os elementos metálicos de ligação, como porcas, parafusos e chapas de ligação, exemplificadas pela Figura 15, também aparecem quantificados e especificados. O vidro laminado das aberturas zenitais e as telhas de concreto estão apenas indicados, sem especificação.

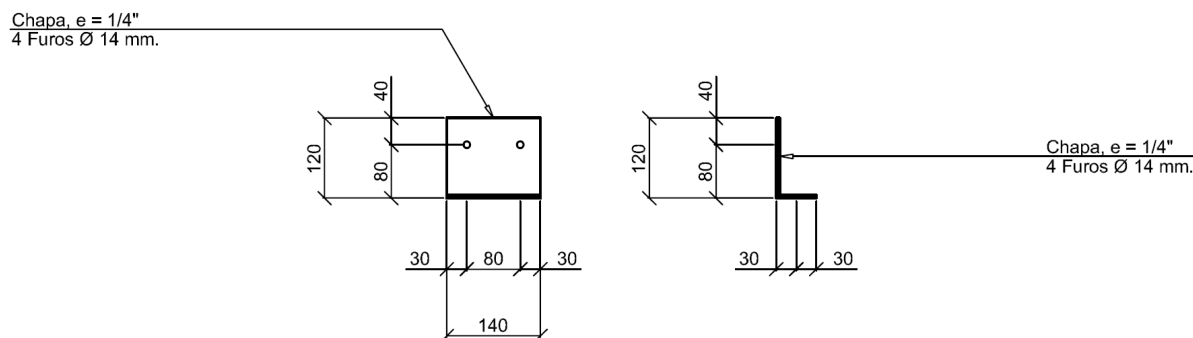


FIGURA 15 – DETALHE - CHAPAS METÁLICAS DE LIGAÇÃO: COBERTURA 01

A cobertura 02 possui especificação similar das peças estruturais de madeira e ferragens. Neste projeto além da identificação das seções transversais, comprimentos e quantidades de peças das terças, cavaletes e ferragens, também estão especificadas as chapas de cobertura. Estas têm suas dimensões, materiais e acabamentos determinados e identificados no projeto. Destaca-se, particularmente, o dimensionamento da camada isolante das chapas de cobertura. Os detalhes construtivos de partes específicas da cobertura possuem detalhamento próprio, como observa-se na Figura 16.

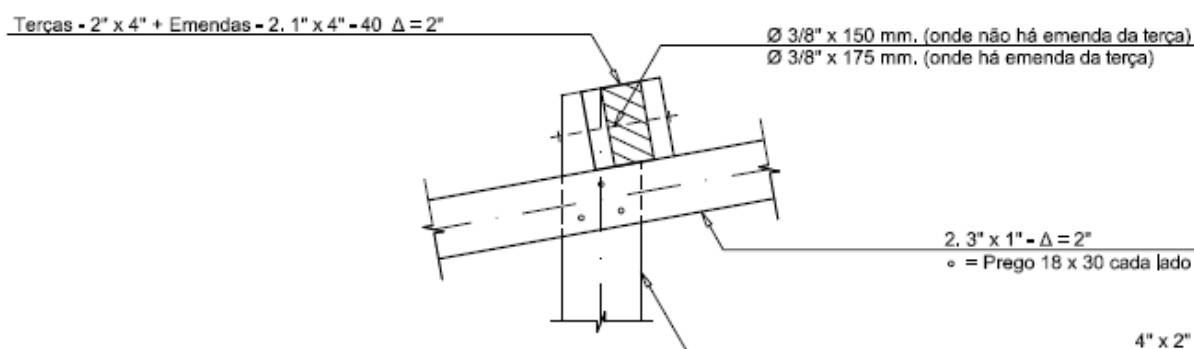


FIGURA 16 – DETALHE – FIXAÇÃO DA TERÇA: COBERTURA 02

A cobertura 03, por fim, possui quantitativo dos componentes de madeira especificados pela espécie e acabamento, como mostrado na Figura 17. Os componentes metálicos estão quantificados e indicados. Aqueles utilizados para fixação da estrutura metálica na laje de concreto, particularmente, possuem detalhe específico.

5. CALÇÓIS, CAVALETES E TRAVESSES			
3" x 6"	17,00	08	A = APLAIN.
3" x 6"	0,90	04	"
2" x 4"	2,50	56	
	3,00	13	
	3,50	21	
	4,00	24	
	5,00	05	
1 1/2" x 8"	0,40	08	A

FIGURA 17 – DETALHE – TABELA DE MATERIAIS: COBERTURA 03

O telhado, projetado para chapas asfálticas do tipo telha *shingle*, embora tenha seus materiais especificados e quantificados, não foi detalhado. Na avaliação dos detalhamentos observou-se também que o terceiro projeto possui relativamente menos detalhes de ligações e encaixes de peças.

A análise da identificação dos componentes permitiu observar que, embora a grande maioria dos elementos estejam identificados, nem todos os materiais são especificados. Particularmente no caso dos elementos estruturais de madeira, a especificação do material pela espécie de árvore ao invés da classe de resistência, como recomenda a NBR 7190/1997, pode dificultar a substituição do material por outro com propriedades mecânicas similares no caso de problemas de fornecimento ou logística. O dimensionamento das peças de madeira em seções comerciais de polegadas é bastante usual, embora o sistema métrico seja preferível.

De forma geral, os componentes da construção aparecem bem identificados em todos os projetos. Considerou-se que a cobertura 02 apresentou detalhadamente a identificação dos materiais e detalhes construtivos. As coberturas 01 e 03 apresentam especificação dos materiais ainda que em alguns momentos determinados componentes carecem de especificação e detalhamento.

#### 4.3 MEIOS DE ACESSO

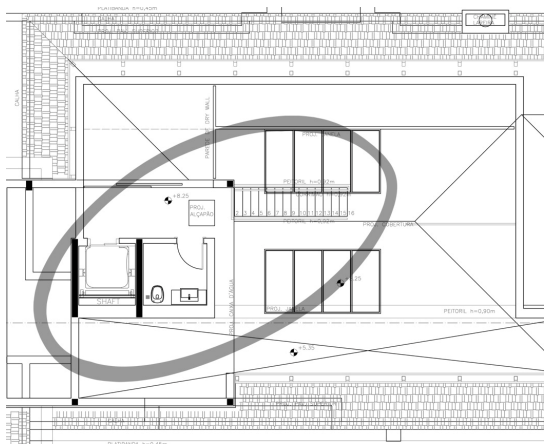
É necessário que o projeto do sistema de cobertura possibilite meios de acesso que garantam condições de segurança e ergonomia para inspeções e realizações dos serviços de manutenção e desinstalação. No caso de espaços habitáveis, a seção de requisitos gerais estabelece que os espaços habitáveis necessitam ser acessíveis a pessoas com deficiências físicas ou com mobilidade reduzida.

A norma técnica que trata especificamente de exigências de acessibilidade, a NBR 9050/2004, estabelece que os projetos devem considerar meios de acesso a todos os espaços habitáveis da edificação, inclusive para pessoas com mobilidade reduzida, desde a concepção inicial dos projetos. De forma similar, é preciso que o



acesso à cobertura seja garantido para viabilizar, no mínimo, inspeções e manutenções periódicas.

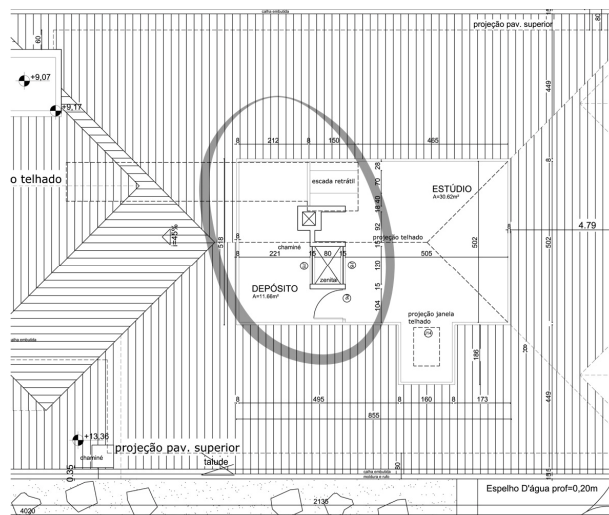
Na análise dos projetos da cobertura 01 foram identificados diversos meios de acesso aos espaços do ático e à cobertura, como mostra a Figura 18. Estão previstos no projeto uma escada e um elevador, os quais garantem o acesso dos usuários, inclusive com necessidades especiais, até os espaços habitáveis do ático. O acesso ao telhado pode ser feito por dentro do ático, através de um alçapão localizado próximo à região da caixa d'água.



**FIGURA 18 – DETALHE – PLANTA DO ÁTICO: COBERTURA 01**

A cobertura 02 não pode ser acessada pelo interior da edificação. Manutenções no telhado ou inspeções na estrutura da cobertura somente podem ser feitas por meio de acesso externo com menores garantias de segurança. Contribui para isso a condição ergonômica sob o telhado. Com baixa altura, máximo de 1,00m, o trabalho de inspeção e manutenção é dificultado.

A cobertura 03 apresenta uma particularidade. Embora a área do ático esteja prevista para receber usos diversos no projeto arquitetônico, como estúdio e depósito, o acesso a estes espaços somente pode ser feito por meio de uma escada retrátil, como aparece na Figura 19. Se por um lado esta escada possibilita o acesso ao telhado para manutenções, por outro, a opção pela instalação de uma escada retrátil não se mostra como a melhor opção, especialmente para o acesso ao depósito, uma vez que para esta movimentação pressupõe-se o transporte de materiais.



**FIGURA 19 – DETALHE – PLANTA DO ÁTICO: COBERTURA 03**

Desta forma, considerou-se que a cobertura 01 atende à necessidade de acesso, segurança e ergonomia para inspeções e manutenções, enquanto que a cobertura 02 não possui elementos ou condições que facilitem estas atividades. A cobertura 03, embora disponha de meios de acesso, não apresenta uma solução recomendável.

#### 4.4 POSSIBILIDADES DE ALTERAÇÕES

Quando houver possibilidade prevista de alterações ou ampliações no sistema de cobertura, os componentes, materiais e detalhes construtivos devem estar indicados no projeto do sistema de coberturas. Esta condição se aplica, em geral, apenas para edificações térreas e assobradadas e está relacionada com intenções prévias do incorporador ou construtor, responsável por fornecer informações especificadas e detalhadas sobre as condições dimensionais e compatibilidades físicas das possíveis ampliações com o restante da edificação.

Nos três casos analisados, as edificações foram concebidas como unidades autônomas e completas, de forma que processos evolutivos nas coberturas somente são possíveis através de modificações e reformas. Desta forma, a avaliação das possibilidades de alterações nas coberturas foi considerada como não aplicável nos três projetos.

## 4.5 DISCUSSÃO

De acordo com a NBR 15.575/2008, os sistemas de cobertura podem ser considerados eficientes do ponto de vista de sua funcionalidade e acessibilidade quando possibilitarem meios pelos quais possam ser realizadas vistorias e manutenções de forma fácil e tecnicamente viável. A análise dos projetos de cobertura é o principal método de avaliação deste critério de desempenho.

A partir dos resultados da análise de três projetos de coberturas de edificações residenciais realizadas na cidade de Curitiba, PR, durante os anos 2011 e 2012, foram preenchidas as matrizes de avaliação de funcionalidade e acessibilidade expostas nos Quadros 7, 8 e 9, sintetizando algumas informações que caracterizam cada um dos projetos e os principais destaques da avaliação preconizada pela norma de desempenho.

Conforme mencionado anteriormente, os projetos analisados foram desenvolvidos por profissionais experientes e reconhecidos pelo mercado. Embora os casos estudados não representem modelos isentos de falhas, é importante ressaltar o papel que estes trabalhos profissionais têm como referência para o desenvolvimento de projetos similares por projetistas iniciantes.

Para que o sistema de cobertura atenda ao nível de desempenho mínimo exigido pela norma é necessário que os projetos atendam integralmente às premissas descritas na NBR 15.575 e nas normas complementares. Todavia, conforme demonstrado nos Quadros 7, 8 e 9, nenhum dos estudos de caso analisados atendeu plenamente ao critério de funcionalidade e acessibilidade exigido pela norma de desempenho.

**Avaliação de desempenho de edificações**Funcionalidade e acessibilidade  
de sistemas de cobertura

	Cobertura: 01				Avaliador:			
	Material: Itaúba				Data da avaliação:			
	Avaliação				Atende satisfatoriamente?			
	0	1	2	3	Sim	Não	Não se aplica	
Arquitetura está conforme a NBR 13.532?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SPDA está conforme a NBR 9.575?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Impermeabilização está conforme a NBR 9.575?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sistema de captação de águas pluviais está conforme a NBR 10.844?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os componentes do sistema de cobertura estão indicados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os materiais do sistema de cobertura estão especificados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Existem detalhes construtivos do sistema de cobertura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os meios de acesso à cobertura estão indicados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os meios de acesso apresentam condições de segurança?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os meios de acesso apresentam condições de ergonomia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Há previsão de ampliação do sistema de cobertura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
A ampliação respeita a legislação vigente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Os materiais e componentes da ampliação estão indicados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Atende à exigência de desempenho?						NÃO		

**QUADRO 7 - MATRIZ DE AVALIAÇÃO: COBERTURA 01**

Fonte: Autoria própria.

**Avaliação de desempenho de edificações**Funcionalidade e acessibilidade  
de sistemas de cobertura

	Cobertura: 02				Avaliador:			
	Material: Cedrinho				Data da avaliação:			
	Avaliação				Atende satisfatoriamente?			
	0	1	2	3	Sim	Não	Não se aplica	
Arquitetura está conforme a NBR 13.532?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SPDA está conforme a NBR 9.575?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Impermeabilização está conforme a NBR 9.575?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sistema de captação de águas pluviais está conforme a NBR 10.844?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os componentes do sistema de cobertura estão indicados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os materiais do sistema de cobertura estão especificados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Existem detalhes construtivos do sistema de cobertura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os meios de acesso à cobertura estão indicados?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os meios de acesso apresentam condições de segurança?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os meios de acesso apresentam condições de ergonomia?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Há previsão de ampliação do sistema de cobertura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
A ampliação respeita a legislação vigente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Os materiais e componentes da ampliação estão indicados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Atende à exigência de desempenho?						NÃO		

**QUADRO 8 - MATRIZ DE AVALIAÇÃO: COBERTURA 02**

Fonte: Autoria própria.

### Avaliação de desempenho de edificações

#### Funcionalidade e acessibilidade de sistemas de cobertura



	Cobertura: 03				Avaliador:		
	Material: Itaúba				Data da avaliação:		
	Avaliação				Atende satisfatoriamente?		
	0	1	2	3	Sim	Não	Não se aplica
Arquitetura está conforme a NBR 13.532?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SPDA está conforme a NBR 9.575?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Impermeabilização está conforme a NBR 9.575?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de captação de águas pluviais está conforme a NBR 10.844?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os componentes do sistema de cobertura estão indicados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os materiais do sistema de cobertura estão especificados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Existem detalhes construtivos do sistema de cobertura?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os meios de acesso à cobertura estão indicados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os meios de acesso apresentam condições de segurança?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os meios de acesso apresentam condições de ergonomia?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Há previsão de ampliação do sistema de cobertura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A ampliação respeita a legislação vigente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Os materiais e componentes da ampliação estão indicados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Atende à exigência de desempenho?					NÃO		

### QUADRO 9 - MATRIZ DE AVALIAÇÃO: COBERTURA 03

Fonte: Autoria própria.

Se por um lado esta constatação permite a interpretação errônea de que os sistemas de cobertura de madeira nestas edificações não são capazes de atender aos critérios normativos, vale mencionar que quando estes trabalhos foram desenvolvidos, a NBR 15.575 ainda não havia entrado em vigência oficialmente, de modo que estes projetos não foram concebidos com a obrigatoriedade de atender aos critérios avaliados neste trabalho.

Esta falta de obrigatoriedade, porém, não responde ao questionamento proposto no início desta pesquisa e muito menos pode ser utilizada como justificativa para a manipulação das informações obtidas na avaliação para o condicionamento de fatos. A avaliação dos estudos de caso a partir dos critérios da NBR 15.575 teve por objetivo descobrir se um sistema de cobertura de madeira para residências pode responder de forma eficaz a demandas de uso e operação contemporâneas.

Diante disso, parte-se para uma interpretação analítica dos resultados da pesquisa sintetizados nos Quadros 7, 8 e 9.

De forma geral, observa-se que, embora nenhum dos estudos de caso tenha atendido satisfatoriamente a todas as prescrições de projeto exigidas pelo critério de funcionalidade e desempenho, individualmente cada uma destas prescrições e exigências foram atendidas em pelo menos um caso.

Esta constatação indica que, embora os projetos ainda não atendam plenamente aos requisitos normativos, ao menos no que concerne às exigências de flexibilidade e acessibilidade a adequação das coberturas de madeira aos critérios de desempenho é possível.

Observa-se também que os esforços para adequação dos projetos aos critérios estabelecidos não são homogêneos. Falhas na identificação de componentes e materiais e carência de detalhes executivos dependem de maior informação e conhecimento técnico dos projetistas que especificam os projetos. A falta de integração entre diferentes componentes do sistema de cobertura, para ser solucionada necessita dedicação na compatibilização os projetos e de uma maior interação entre os diferentes profissionais.

Desta forma, conclui-se que as coberturas de madeira podem, de fato, atender aos critérios de desempenho de funcionalidade e acessibilidade desde que os projetos sejam concebidos por profissionais com conhecimentos técnicos que discutam as melhores soluções executivas para cada edificação.

Uma vez que o início previsto da vigência da NBR 15.575 foi prorrogado novamente, dessa vez para março de 2013, sugere-se, como recomendações deste trabalho, que este período de adaptação seja investido pelos projetistas e construtores na capacitação dos profissionais, na busca de informações técnicas dos seus materiais e fornecedores e, principalmente, na implementação de um sistema de gestão, avaliação e compatibilização de projetos, visando um melhor detalhamento executivo.

## 5 CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais e as conclusões sobre os questionamentos levantados ao longo da pesquisa teórica e sua aplicação na análise dos estudos de caso. Muitos dos assuntos citados nesta pesquisa podem e devem ser aprofundados e para isso espera-se que as questões apresentadas neste trabalho estimulem o desenvolvimento de estudos sobre o desempenho das construções de madeira.

Este trabalho de conclusão de curso teve como objetivo geral analisar como as estruturas de coberturas feitas com madeira respondem/atendem ao critério de funcionalidade e acessibilidade estabelecido pela NBR15.575/2008.

Como resultados a esta questão o trabalho apresentou a avaliação de três estudos de caso de coberturas de madeira projetadas para residências em Curitiba, PR, durante os anos 2011 e 2012. Embora nenhum dos casos estudados tenha atendido plenamente ao critério mínimo de funcionalidade e acessibilidade exigidos pela norma, as coberturas de madeira mostraram-se capazes de atender ao critério desde que os profissionais responsáveis forneçam detalhes executivos e informações técnicas sobre os materiais e componentes utilizados respectivamente em cada projeto.

O estudo sistemático da norma de desempenho de edificações possibilitou a constatação de que esta norma, embora estabeleça novos critérios e requisitos para os edifícios residenciais, atua principalmente como uma norma de compatibilização entre diferentes projetos e referências normativas. De forma geral, as principais contribuições da NBR 15.575 estão no agrupamento de exigências e referências para o desenvolvimento de cada parte da construção conforme a necessidade do usuário que se procura atender.

Os objetivos específicos deste trabalho de conclusão de curso foram discutir as exigências do critério de funcionalidade e acessibilidade, descrever os principais sistemas construtivos em madeira para coberturas, estabelecer um método de avaliação e analisar a conformidade de três coberturas em madeira de residências projetadas em Curitiba, PR, durante os anos 2011 e 2012.

A exigência de funcionalidade e acessibilidade para os sistemas de cobertura representa apenas uma dentre as diversas demandas que a Norma de Desempenho visa exigir das edificações. Os requisitos e critérios que buscam orientar as construtoras e os projetistas no atendimento às necessidades dos usuários dependem de interações contínuas entre diferentes profissionais para que possam ser atendidos de forma eficiente.

Durante a realização da pesquisa constatou-se que os requisitos e critérios exigidos pela NBR 15.575 para a funcionalidade e acessibilidade de sistemas de cobertura ainda não estão definidos de forma objetiva, como se cogitou a princípio. Contrapõe-se a isso a possibilidade comprovada neste trabalho de se desenvolver um método de avaliação de desempenho que, embora simples, mostrou-se objetivo e prático quando utilizado na análise dos projetos.

Desta forma, a pesquisa teórica sobre a construção em madeira e a identificação de seus componentes e propriedades, propõe-se a estimular a discussão e o estudo sobre novas soluções e técnicas que, utilizando este material de construção renovável, atendam aos requisitos e critérios estabelecidos pela norma de desempenho.

Embora os casos selecionados para estudo não tenham demonstrado de forma satisfatória a eficácia das coberturas de madeira, a discussão sobre os requisitos e critérios de avaliação de desempenho da NBR 15.575/2008 permitiu concluir que as exigências de desempenho não condicionam o uso de materiais ou técnicas construtivas específicas, mas estabelecem parâmetros para o desenvolvimento tecnológico de novas soluções eficientes.

Observou-se que para atender às exigências de uso e operação, os projetistas representam um papel essencial na especificação e no detalhamento tanto dos componentes da construção, quanto nos materiais empregados. Apesar disso, a avaliação dos estudos de caso evidenciou que mesmo profissionais experientes não estão completamente prontos para as novas exigências da norma de desempenho.

Diante disso, a interação entre profissionais especializados nas diversas áreas do conhecimento necessárias para a construção civil, como por exemplo, o cálculo estrutural, impermeabilização e instalações prediais, mostram-se como a



melhor alternativa para a concepção de edificações que atendam satisfatoriamente aos requisitos e critérios de desempenho da NBR 15.575/2008. Esta interação deve proporcionar discussões técnicas que proponham soluções integradas para os sistemas construtivos, atendendo a exigências de diferentes áreas simultaneamente.

Particularmente no caso das construções em madeira, este conhecimento requerido dos profissionais é ainda mais escasso. O reconhecimento das qualidades e limitações da madeira dentro de um sistema construtivo pode representar um diferencial para profissionais que buscarem aprofundamento nestas pesquisas.

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa não se propõe a encerrar a discussão sobre o desempenho de construções em madeira. De fato, muitos dos questionamentos levantados ao longo do trabalho não puderam ser completamente respondidos em função das delimitações impostas ao estudo. Por conta disso, algumas sugestões de possíveis continuidades para a pesquisa são apresentadas.

- Desenvolvimento de sistemas construtivos em madeira: Diante das características e propriedades típicas do material expostas ao longo do trabalho, e com os requisitos e critérios estabelecidos pela NBR 15.575/2008, a proposição de novas soluções técnicas para a construção em madeira possui parâmetros que orientam e avaliam o desenvolvimento das propostas.
- Métodos de avaliação de outras exigências de desempenho: Além dos critérios de funcionalidade e acessibilidade, os sistemas de cobertura de madeira devem ser submetidos à avaliação dos requisitos e critérios de desempenho. O desenvolvimento de métodos simples, como matrizes de avaliação, que possibilitem a verificação das exigências de desempenho podem facilitar a avaliação destes sistemas construtivos. A título de sugestão, recomenda-se a avaliação prioritária dos requisitos de durabilidade e resistência ao fogo.
- Avaliação do desempenho da madeira em outras partes da construção: Embora o uso da madeira na construção civil ainda esteja, em sua maior parte, limitado às

estruturas de cobertura, a madeira pode ser empregada em outros sistemas devido a sua flexibilidade. A avaliação de desempenho dos sistemas construtivos de madeira, quer seja em vedações verticais, horizontais ou na estrutura da edificação pode ser considerada como um prolongamento relevante para esta pesquisa.

- Comparações de desempenho entre sistemas construtivos em madeira e metálicos: Pesquisas que avaliam comparativamente o desempenho de edificações construídas com diferentes sistemas e materiais estão disponíveis na literatura internacional. Comparações entre residências em *wood frame* e *steel frame*, por exemplo, são comuns nos Estados Unidos. Com a publicação de uma norma de desempenho de edificações adequada aos parâmetros brasileiros, torna-se possível o desenvolvimento de estudos que avaliem de forma comparativa o desempenho de diferentes soluções construtivas quando aplicadas no contexto nacional.

## REFERÊNCIAS

ADEMI-PR. **Valorização imobiliária no Brasil é a segunda maior do mundo.** Curitiba, 2012. Disponível em: <[http://www.ademipr.com.br/news\\_det.php?cod=741](http://www.ademipr.com.br/news_det.php?cod=741)> Acesso em 17 jun. 2012.

ARCOWEB. **NBR 15.575.** Projeto & Design, São Paulo, n.378. ago.2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.** Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira.** Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR 9575: Impermeabilização - seleção e projeto.** Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

\_\_\_\_\_. **NBR 13532: Elaboração de projetos de edificações - Arquitetura.** Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - desempenho.** Rio de Janeiro, 2008.

BERRIEL, Andréa. **Tectônica e poética das casas de tábua.** Curitiba: Instituto Arquibrasil, 2011.

BITTENCOURT, Rosa Maria; HELLMEISTER, João Cesar. *Concepção arquitetônica da habitação em madeira.* In: DEPARTAMENTO de Engenharia de Construção Civil **Boletim técnico da Escola Politécnica da USP.** BT/PCC/155. São Paulo: EPUSP, 1995.

BORGES, Carlos A. **O significado de desempenho nas edificações.** Construção & Mercado, São Paulo, n. 103. fev.2010.

BUENO, Cristiane; ROSSIGNOLO, João A. Desempenho ambiental de edificações: cenário atual e perspectivas dos sistemas de certificação. **Revista Minerva – Pesquisa & Tecnologia,** São Carlos, v. 7, n. 1, jan./abr. 2010.

CALIL JÚNIOR, Carlito; MOLINA, Julio C. **Coberturas em estruturas de madeira: exemplos de cálculo.** São Paulo: Pini, 2010.

CAMPOS, Marco S. **Escalas de pesquisa.** Disponível em <[http://www.siqueiracampos.com/escala\\_pesquisa.asp](http://www.siqueiracampos.com/escala_pesquisa.asp)> Acesso em 19 jun 2012.

CARDOSO, Francisco F. **Coberturas em telhados.** Notas de aula da disciplina de Tecnologia da Construção de Edifícios II do curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

CEI-BOIS. **Tackle climate change: use wood.** 3ª ed. Bussels: CEI-BOIS, 2011. Disponível em <<http://www.cei-bois.org/files/b03500-p01-84-ENG.pdf>> Acesso em 29.mai.2012.

CORRADO, Maurizio. **La casa ecológica.** Barcelona: De Vecchi, 1999.

COSTA, Arlindo. **Coletânea de anatomia da madeira.** 2001. Disponível em: <<http://www.joinville.udesc.br/sbs/professores/arlindo/materiais/APOSTILANATOMIA1.pdf>> Acesso em 09.mai.2012.

EDWARDS, Brian. **Guía básica de la sustentabilidad.** Barcelona: Gustavo Gili, 2005.

FARIA, Renato. **Industrialização econômica.** Técnica, São Paulo, n. 136, p. 42-48. jul 2008.

GESUALDO, Francisco R. **Estruturas de madeira.** Notas de aula da disciplina de Estruturas de Madeira do curso de engenharia civil da UFU, Uberlândia, 2003.

LAROCA, Christine. **Desenvolvimento de protótipo de habitação social em madeira de reflorestamento e avaliação do desempenho termo-acústico.** 2007. 313 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MELLO, Roberto L. **Projetar em madeira: uma nova abordagem.** 2007. 195 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MENEZES, Fabiane Z. Fenômeno vertical. **Gazeta do Povo - Perfil Imobiliário**, Curitiba, 11 dez 2011, Panorama.

MOLITERNO, Antonio. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

MORAES, Cláudio R. K. **Impermeabilização em lajes de cobertura**: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. 2002. 111 p. Dissertação (Mestrado em engenharia civil). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MÜELLER, Dominique G. *Introdução*. In: AFLALO, Marcelo (org.). **Madeira como estrutura: A história da ITA**. São Paulo: Paralaxe, 2005.

NOGUEIRA, Daliane. Normas técnicas focam o desempenho das edificações. **Gazeta do Povo**, Curitiba, 20 jun 2010, Imóveis.

OLIVEIRA, Gabriel R. *Elementos de Avaliação da Qualidade Ambiental em Interiores e Design*. In **EVINCI**. Curitiba: UFPR, 2010.

OLIVEIRA, Gabriel R; CASTELNOU, Antonio M. N. *Sustentabilidade nas construções: Habitação vernácula no sertão do Estado do Piauí*. In **CONGRESSO INTERNACIONAL** de sustentabilidade e habitação social, 1, 2010, Porto Alegre. 1 CD – ROM.

PICCOLI, Rossana; KERN, Andréa P.; GONZALEZ, Marco A.; HIROTA, Ercília H. A certificação de desempenho ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 69-79, jul./set. 2010.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Zigurate, 2000.

\_\_\_\_\_. **Bases para projeto estrutural na arquitetura**. São Paulo: Zigurate, 2002.

REMADE. **Banco de dados – construção civil**. Disponível em <[http://www.remade.com.br/br/bd\\_construcao\\_civil.php](http://www.remade.com.br/br/bd_construcao_civil.php)>. Acesso em 07.mai.2012.

ROAF, Sue. Ecohouse: **A casa ambientalmente saudável**. 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

SANTOS, Altair. **NBR 15.575 vai precisar de constantes revisões.** Massa cinzenta, 2012. Disponível em < <http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/nbr-15575-vai-precisar-de-constantes-revisoes/>> Acesso em 03.jun.2012

SANTOS, Carlos J. G. *Tipos de pesquisa* (2009). In: \_\_\_\_\_. **Oficina da Pesquisa.** 2012. Disponível em <[http://www.oficinadapesquisa.com.br/\\_OF.TIPOS\\_PESQUISA.PDF](http://www.oficinadapesquisa.com.br/_OF.TIPOS_PESQUISA.PDF)>. Acesso em 07.jun.2012.

SCHONART, João P. Apartamentos da "nova classe média" são entregues com todo tipo de defeitos. **Gazeta do Povo**, Curitiba, 29 abr 2012, Imóveis.

STINGHEN, Andrea B. M. **Arquitetura de madeira: reflexões e diretrizes de projeto para concepção de sistemas e elementos construtivos.** 2009. 363 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SZÜCS, Carlos Alberto et al. **Estruturas de madeira.** 2ª ed. Florianópolis: UFSC, 2008. Disponível em <<http://www.giem.ufsc.br/upload/20090317173248.pdf>> Acesso em 11.abr.2012.

WEIMER, Günter. **Arquitetura popular brasileira.** São Paulo: Martins Fontes, 2005.

ZENID, Geraldo J.(coord.). **Madeira: uso sustentável na construção civil.** 2ª ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA, 2009.

## **ANEXOS**

### **PROJETOS DE COBERTURAS ANALISADOS**

- Estudo de caso 01: prancha 1, 2 e 3;
- Estudo de caso 02: prancha 1, 2 e 3;
- Estudo de caso 03: prancha 1 e 2;