

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Vinicius Sanguinet Sanson

**O SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL ANALISADO
ATRAVÉS DA NBR 15575-4:2013 - SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS
INTERNAS E EXTERNAS**

Santa Cruz do Sul
2013

Vinicius Sanguinet Sanson

**O SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL ANALISADO
ATRAVÉS DA NBR 15575-4:2013 - SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS
INTERNAS E EXTERNAS**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade de Santa Cruz do Sul para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. M.Sc. Marcus Daniel Friederich dos Santos

Santa Cruz do Sul
2013

Vinicius Sanguinet Sanson

**O SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL ANALISADO
ATRAVÉS DA NBR 15575-4:2013 - SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS
INTERNAS E EXTERNAS**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de
Engenharia Civil da Universidade de Santa Cruz do
Sul para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Prof. M.Sc. Marcus Daniel Friederich dos Santos

Professor Orientador - UNISC

Prof. M.Sc. Prof. Marco Antonio Pozzobon

Professor Examinador - UNISC

Prof. M.Sc. Prof. Ricardo Walter Glauche

Professor Examinador - UNISC

Santa Cruz do Sul

2013

RESUMO

A introdução da NBR 15575, também conhecida como Norma de Desempenho, na construção civil brasileira, vem sendo amplamente divulgada, tanto no meio técnico, quanto no meio acadêmico. Portanto, é natural que surja uma demanda por informações relativas ao assunto. Assim, este trabalho apresenta uma análise da parte quatro desta norma, relacionando-a com o já consagrado sistema construtivo que é a alvenaria estrutural. Para isto utilizou-se relatórios de ensaios relativos aos requisitos estruturais, segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho térmico e acústico, disponibilizados por empresas fornecedoras de blocos estruturais cerâmicos e de concreto, permitindo a verificação destes insumos quanto ao atendimento à NBR 15575-4. Através desta pesquisa, é possível perceber de um modo mais amplo toda a norma, bem como seus requisitos e critérios disponíveis para avaliação, além do impacto e abrangência da mesma para o mercado.

Palavras-chave: vedações verticais, desempenho, nbr 15575, alvenaria estrutural.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Recuperação do desempenho por ações de manutenção.	21
Figura 2 - Ensaio de impacto de corpo mole.....	24
Figura 3 - Ensaio de impacto de corpo duro	25
Figura 4 - Equipamentos para ensaios de ignitibilidade, propagação superficial de chamas e densidade óptica de fumaça	26
Figura 5 - Câmara para ensaio de estanqueidade (esq.) e câmara para ensaio de paredes de áreas molháveis.....	27
Figura 6 - Solicitações e critérios para SVVIE.....	29
Figura 7 - Deslocamentos-limite para elementos construtivos	29
Figura 8 - Bloco utilizado para construção das paredes ensaiadas.....	30
Figura 9 - Ensaio de resistência às solicitações de peças suspensas.....	31
Figura 10 - Defletômetro utilizado para medir deslocamentos horizontais da parede.....	32
Figura 11 - Bucha 10 - $\phi 6-8$, utilizada para fixação da mão-francesa.....	32
Figura 12 - Resultados finais para carga aplicada em mão-francesa - Blocos 7MPa	33
Figura 13 - Resultados finais para carga aplicada em mão-francesa - Blocos 10MPa	33
Figura 14 - Critérios e níveis de desempenho para ensaio de peças suspensas fixadas por mão-francesa padrão.....	34
Figura 15 – Realização de ensaio de impacto de corpo mole	35
Figura 16 - Energias utilizadas e deslocamentos obtidos - Parede composta por blocos de 7MPa	36
Figura 17 - Energias utilizadas e deslocamentos obtidos - Parede composta por blocos de 10MPa	36
Figura 18 - Energias de impacto e critérios de desempenho para ensaio de impacto de corpo mole.....	37
Figura 19 - Massas, alturas e energias de impacto para ensaio de impacto de corpo duro..	38
Figura 20 - Impactos e mossas para energia de 20J em parede composta por blocos de 7MPa	39
Figura 21 - Impactos e mossas para energia de 3,75J em parede composta por blocos de 7MPa	39
Figura 22 - Impactos e mossas para energia de 20J em parede composta por blocos de 10MPa	40
Figura 23 - Impactos e mossas para energia de 3,75J em parede composta por blocos de 10MPa	40
Figura 24 - Mossas decorrentes dos impactos de 3,75 e 20J	41

Figura 25 - Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro em paredes externas.....	41
Figura 26 - Classificação dos materiais proposta pela ISO 1182, NBR 9442 e ASTM E662	43
Figura 27 - Classificação dos materiais proposta pela ISO 1182, EN 13823 e ISO 11925-2	44
Figura 28 - Painel de alvenaria com termopares conectados.....	46
Figura 29 - Tabela com resultados do ensaios de TRF.....	47
Figura 30 - Bloco de concreto utilizado para ensaio do tempo de resistência ao fogo.....	48
Figura 31 - Resultados obtidos para tempo de resistência ao fogo em painel de blocos de concreto com revestimento	48
Figura 32 - Resultados obtidos para tempo de resistência ao fogo em painel de blocos de concreto sem revestimento	49
Figura 33 - Regiões brasileiras consideradas para ensaio de estanqueidade.....	50
Figura 34 - Pressões estáticas correspondentes às regiões brasileiras	51
Figura 35 - Percentuais máximos aceitáveis de áreas manchadas e níveis de desempenho referentes à ensaio de estanqueidade	51
Figura 36 - Esquema de corpo de prova para ensaio.....	52
Figura 37 - Resultados de ensaio de estanqueidade, segundo método da UFRGS.....	53
Figura 38 - Câmara de ensaio acoplada à corpo de prova.....	54
Figura 39 - Câmara para ensaio de permeabilidade com bureta graduada acoplada à parede	56
Figura 40 - Resultados para ensaio de permeabilidade - Parede composta por blocos de 7MPa	56
Figura 41- Resultados para ensaio de permeabilidade - Parede composta por blocos de 10MPa	57
Figura 42 - Ensaio de permeabilidade realizado no LMCC	57
Figura 43 - Transmitância térmica admitida de acordo com as zonas bioclimáticas.....	58
Figura 44 - Zoneamento bioclimático brasileiro.....	59
Figura 45 - Parâmetros térmicos para a parede analisada.....	60
Figura 46 - Valores mínimos para capacidade térmica de acordo com zoneamento bioclimático brasileiro.....	60
Figura 47 - Áreas mínimas de aberturas para ambientes de permanência prolongada.....	61
Figura 48 - Parâmetros acústicos	62
Figura 49 - Valores de referência para diferença de nível ponderada a 2m de distância, para ensaios de campo.....	63
Figura 50 - Valores de referência para diferença de nível ponderada entre ambientes, para ensaios de campo.....	64
Figura 51 - Borracha antivibração utilizada para apoio da câmara reverberante.....	65

Figura 52 - Representação esquemática da câmara reverberante do LMCC.....	66
Figura 53 - Resultados expressos pelos relatórios analisados para Índice de redução ponderado - R_w	66
Figura 54 - Valores para índice de redução sonora ponderado (R_w) e níveis de desempenho correspondents, obtidos em ensaios de laboratório, para fachadas.....	67
Figura 55 - Valores para índice de redução sonora ponderado (R_w) e níveis de desempenho correspondentes, obtidos em ensaios de laboratório, para vedações entre ambientes.....	68
Figura 56 - Resultados expressos pelo relatório analisado	69
Figura 57 - Vida útil de projeto para os sistemas e níveis de desempenho correspondentes	71

SUMÁRIO

1	LIMITAÇÃO DO TEMA	9
1.1	Justificativa	9
1.2	Objetivos.....	10
1.2.1	Objetivo geral.....	10
1.2.2	Objetivos específicos	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Introdução.....	11
2.2	A história da NBR 15575 e do conceito de desempenho	11
2.3	Fiscalização da norma	15
2.4	Fator custo.....	17
2.5	Responsabilidades.....	18
2.6	Utilização como sistema de avaliação.....	22
3	METODOLOGIA	23
4	DESENVOLVIMENTO	28
4.1	Desempenho estrutural.....	28
4.1.1	Estabilidade e resistência estrutural dos sistemas de vedação internos e externos ...	28
4.1.2	Deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas	28
4.1.3	Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações internas e externas	30
4.1.4	Impacto de corpo mole nos sistemas de vedações verticais internas e externas, com ou sem função estrutural	34
4.1.5	Ações transmitidas por portas.....	37
4.1.6	Impacto de corpo duro incidente	38
4.1.7	Cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janelas	42
4.2	Segurança contra incêndio	42
4.2.1	Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada	42
4.2.2	Dificultar a propagação do incêndio	44
4.2.3	Dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação	45
4.3	Segurança e uso na operação	49
4.4	Estanqueidade.....	50
4.4.1	Infiltração de água nos sistemas de vedações verticais externas (fachadas).....	50
4.4.2	Umidade nas vedações verticais externas e internas decorrente da ocupação do imóvel	55

4.5	Desempenho térmico.....	58
4.5.1	Adequação de parede externas	58
4.5.2	Aberturas para ventilação	61
4.6	Desempenho acústico	61
4.6.1	Níveis de ruído permitidos na habitação	62
4.6.2	Diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação entre ambientes, verificada em ensaio de campo	63
4.7	Durabilidade e manutenibilidade	70
4.7.1	Paredes externas.....	70
4.7.2	Vida útil de projeto dos sistemas de vedações verticais internas e externas.....	71
4.7.3	Manutenibilidade dos sistemas de vedações verticais internas e externas	72
4.8	Outras requisitos apresentados pela NBR 15575-4	72
5	CONCLUSÃO	73
6	BIBLIOGRAFIA.....	76

1 LIMITAÇÃO DO TEMA

O presente trabalho pretende analisar o sistema construtivo de alvenaria estrutural, tanto de blocos cerâmicos, quanto de blocos de concreto, sob a ótica da NBR 15.575-4:2013 - Edificações Habitacionais - Desempenho - Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Para isso, serão utilizados relatórios de ensaios quanto aos requisitos estruturais, de segurança contra incêndio, de estanqueidade, de desempenho térmico e acústico, realizados nos sistemas pelos fabricantes, comparando os resultados obtidos com os requisitos exigidos pela norma e verificando sua adequação à mesma.

1.1 Justificativa

Em tempos de grande expansão da construção civil no Brasil, principalmente através de programas sociais voltados à habitação, não apenas o volume de obras chama a atenção, mas também o aumento da ocorrência de problemas relacionados à qualidade das mesmas.

Com foco no aumento da durabilidade, conforto e segurança do usuário, o principal afetado pela falta de qualidade da construção, a NBR 15575 - Edificações Habitacionais - Desempenho - chega, mesmo que tardia às tendências mundiais de foco no desempenho, para preencher esta grande lacuna no setor da construção civil.

Também conhecida como Norma de Desempenho, a NBR 15575 vem sendo debatida desde 2000, tendo sido, inclusive, publicada e revisada, para em julho de 2013 vigorar. Entretanto, mesmo com tantas discussões, ainda é perceptível a falta de profissionais capacitados a atuar neste nicho que se abre no mercado brasileiro, pois a mudança conceitual de normas prescritivas para as que visam o desempenho exigirá uma visão sobre o comportamento global da edificação e não apenas dos seus componentes de modo individual.

Assim, com a introdução desta norma, pretende-se estimular o desenvolvimento tecnológico na construção civil brasileira, possibilitando para todos os envolvidos, projetistas, construtores, incorporadores, fornecedores e usuários, maior transparência nas relações, além de responsabilidade na concepção, desenvolvimento e uso da edificação.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Verificar as exigências das vedações verticais no sistema construtivo de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e de concreto, de acordo com a NBR 15575-4:2013 - Edificações Habitacionais - Desempenho - Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE.

1.2.2 Objetivos específicos

Verificar as exigências do sistema construtivo de alvenaria estrutural, sob a ótica da NBR 15575-4:2013, utilizando ensaios realizados pelos fabricantes dos blocos cerâmicos e de concreto mais utilizados na região, aos requisitos de:

- Desempenho estrutural, quanto a impactos de corpo mole, impactos de corpo duro e solicitações de cargas provenientes de peças suspensas;
- Segurança contra incêndio, quanto à propagação do incêndio e preservação da estabilidade estrutural da edificação;
- Estanqueidade, quanto à infiltração de água nos sistemas de vedações verticais externas (fachadas) e umidade nas vedações verticais internas e externas decorrentes da ocupação do imóvel (áreas molháveis);
- Desempenho térmico, quanto à transmitância e capacidade térmica;
- Desempenho acústico, quanto à isolamento sonora, através de ensaios laboratoriais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados alguns conceitos relativamente novos, ou que precisem de diferenciação devido à sua similaridade, ou mesmo conexão com outros. Também é descrito um breve histórico sobre as normas de desempenho no Brasil e no mundo, além de aspectos como a sua estruturação e impactos da implantação no setor e na sociedade.

2.1 Introdução

A NBR 15.575 – Edificações Habitacionais - Desempenho, também conhecida como Norma de Desempenho, publicada em fevereiro de 2013, entrou em vigor dia 19 de julho de 2013.

Esta difere da maioria das normas brasileiras vigentes, voltadas para a construção civil, por não arbitrar técnicas de como devem ser calculadas ou executadas as estruturas, nem que materiais devem constituí-las. Ou seja, ao contrário das normas prescritivas e de procedimento, passa a ser observado o atendimento, ou não, a determinados critérios ou solicitações.

Seu objetivo é atuar sobre o desempenho das edificações habitacionais com qualquer número de pavimentos. Logo, o surgimento de conceitos antes não utilizados nas normas prescritivas, como durabilidade dos sistemas, conforto tátil e antropodinâmico, manutenibilidade, entre outros, torna-se recorrente e inevitável.

Ainda faz-se importante a observação da aplicabilidade da norma em todas as edificações habitacionais, com qualquer número de pavimentos, devido ao fato de que esta norma, que vigorou a partir de julho de 2013, já possui um extenso processo de modificações e estudos, inclusive foi publicada em 12 de maio de 2008, com previsão de entrar em vigor em março de 2010. Anteriormente, previa-se a aplicabilidade para edificações habitacionais de até cinco pavimentos, sendo este um pensamento que por muitos ainda é associado à Norma.

2.2 A história da NBR 15575 e do conceito de desempenho

Historicamente, desde as décadas de 60 e 70, têm-se, nos países desenvolvidos, pesquisas e estudos estimulados por órgãos governamentais, na linha de avaliação de sistemas construtivos para residências, definindo como

desempenho a capacidade de cumprir aquilo que se propôs em projeto, quando exposto e sujeito às condições de uso para as quais se destina (BORGES, 2008).

Mesmo tendo sido publicada em 1982, pelo CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction), outra definição de desempenho, internacionalmente muito difundida e aceita, é a de Gibson, que foi também adotada pelo PeBBu (Performance Based Building Network), em seu relatório final, em 2005.

A abordagem de desempenho é a prática de pensar e trabalhar em termos de fins e não de meios. Ela está preocupada com o que a construção ou produto é obrigado a fazer, e não com a prescrição de como ele está sendo construído (GIBSON, 1982).

Outra referência em termos de desempenho, segundo Silva (2009), vem da ISO 6240 – “Performance standards in building – Contents and presentation” e da ISO 6241 – “Performance standards in building – Principles for their preparation and factors to be considered”, de 1980 e 1984, respectivamente, sendo utilizadas como referência de avaliação em desempenho de edifícios até hoje no Brasil. Estas, apresentam como requisitos do usuário:

- estabilidade;
- segurança contra fogo;
- segurança ao uso;
- estanqueidade;
- conforto higrotérmico;
- pureza e qualidade do ar;
- conforto acústico;
- conforto tátil;
- conforto visual;
- conforto antropodinâmico;
- higiene.

Estes requisitos, e o modo como são exigidos (níveis qualitativos e quantitativos), aparecem praticamente todos na NBR 15.575, adicionando-se a eles, quesitos de sustentabilidade, que à época da publicação das ISO não possuía grande visibilidade no setor da construção civil.

No Brasil, no início dos anos 80, o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, desenvolveu para o BNH – Banco Nacional da Habitação, critérios mínimos para avaliação de desempenho de habitações, entretanto, com a extinção do BNH, o sistema não foi implementado.

No início dos anos 2000, iniciou-se o desenvolvimento da NBR 15575, que culminou na publicação da mesma em maio de 2008, prevista para vigorar a partir de maio de 2010. Entretanto, a norma acabou por não entrar em vigor, voltando para revisão, pois algumas exigências eram vistas como insuficientes, enquanto outras como muito rígidas e inadequadas à capacidade econômica do país, estas se referindo principalmente a desempenho acústico, térmico e lumínico. Também fazia parte da lista de pontos a serem revisados os conceitos de vida útil e prazo de garantia, que segundo construtores, eram confundíveis.

Órgãos governamentais, associações de profissionais, universidades, instituições técnicas e setor produtivo, fizeram parte de uma solicitação à ABNT para a revisão da NBR. Assim, após quase dois anos, foi publicada a revisada NBR 15575, agora aplicável a todas as edificações habitacionais, com qualquer número de pavimentos. Entretanto, criou-se a ressalva no texto normativo, em alguns itens, de exigências aplicáveis somente para edificações de até cinco pavimentos. Logo, a norma não se aplica apenas a:

- obras já concluídas;
- obras em andamento na data da entrada em vigor da Norma;
- projetos protocolados nos órgãos competentes até a data da entrada em vigor da Norma;
- obras de reformas;
- retrofit de edifícios;

- edificações provisórias.

O conjunto normativo relativo à NBR 15575 compreende seis partes, sendo elas:

- Parte 1: Requisitos gerais;
- Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- Parte 4: Requisitos para os sistemas verticais de vedações internas e externas;
- Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas; e
- Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

A todas as partes da norma são atribuídas exigências relativas à segurança, habitabilidade e sustentabilidade, apresentando-se requisitos mínimos de desempenho, critérios e métodos objetivos de avaliação.

A NBR 15.575 trata-se de um marco no mercado brasileiro da construção civil. Sendo considerada uma das mais relevantes da história recente da construção civil brasileira. Isto pode ser verificado na dificuldade em obter consenso entre todos os setores da construção civil, resultando em um período tão longo de estudos, discussões e revisões desta Norma.

Fato é que a entrada da Norma de Desempenho passa a fornecer parâmetros de avaliação para o consumidor, antes praticamente inexistentes ou inacessíveis. Para todos os critérios da Norma se estabeleceu um patamar mínimo de desempenho, que deve, obrigatoriamente, ser atingido por todos os itens. Alguns recebem ainda outros dois níveis de desempenho, intermediário e superior, sendo estes de caráter opcional, podendo vir a representar um diferencial potencial para o consumidor realizar uma escolha de compra e também para as construtoras valorizarem seus empreendimentos.

Devido a todos esses fatores, entre outros, a NBR 15.575 vem sendo tratada de forma constante em congressos e eventos relacionados ao setor. De acordo

com reportagem¹, no Concrete Congress, seminário que ocorreu paralelamente ao 6º Concrete Show South America, realizado entre 29 e 31 de agosto de 2012 em São Paulo, dentre as 150 palestras realizadas, 60% delas abordaram ou citaram a Norma de Desempenho. Esta é vista como essencial para que a construção civil brasileira atinja os patamares praticados na Europa, Estados Unidos e Japão, há pelo menos 30 anos.

A NBR 15575 vai definir uma linha divisória para o mercado, dizendo: abaixo disso não se pode construir. A princípio ela abrange construções habitacionais de qualquer natureza, e não apenas edifícios de cinco pavimentos [...] A falta de uma norma de desempenho tem impedido a construção habitacional brasileira de evoluir, tanto em sistemas construtivos, projetos, materiais e em toda uma cultura na engenharia habitacional (Silva M. A., 2012).

De um modo geral, acredita-se que a introdução da norma venha a oferecer avanços em toda a cadeia do setor da construção civil, envolvendo e desenvolvendo projetistas, fabricantes, laboratórios, construtores e governo. Todos estes engajados em melhorias de seus produtos, sejam eles projetos, materiais, ensaios ou edificações, pois todos estes componentes são de suma importância na obtenção do resultado desejado através da implantação da Norma.

Apesar da abrangência da NBR 15575, alguns itens como condicionamento de ar, gás combustível, telecomunicações, elevadores, segurança e automação predial, recorrentes nas habitações, não foram contemplados nela. Além disso, foram consideradas suficientes as exigências apresentadas por norma, atualmente, para fundações (NBR 6122 – Projeto e execução de fundações) e instalações elétricas (NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão).

2.3 Fiscalização da norma

Em termos de normatização, principalmente em se tratando de uma norma responsável pela mobilização de vários setores da construção civil, é impossível fugir ao questionamento referente à fiscalização da mesma. Quem será o responsável por fazer-se cumprir os dispositivos da norma? Como isto será feito?

¹MASSA CINZENTA. Disponível em < <http://www.cimentoitambe.com.br/norma-de-desempenho-vira-protagonista-no-concrete-show/>>. Acesso em: 4 maio 2012.

Não é da competência das prefeituras municipais, durante aprovação de projeto residencial, verificar o atendimento da NBR 15575 ou outras Normas Técnicas. É função das prefeituras, a verificação da adequação aos índices urbanísticos, zoneamento e itens relacionados ao plano diretor e código de obras.

A verificação do atendimento às Normas Técnicas deve ser feita pelos interessados, sendo eles os proprietários (usuários), e mesmo ainda pelos responsáveis técnicos, pois a estes pode ser necessária a comprovação de conformidade dos projetos, contratos e outros documentos referentes à obra, quando houver dúvidas a respeito da qualidade da construção e do cumprimento de obrigações.

A norma coloca requisitos que são de desempenho sob o ponto de vista do usuário. Portanto, nada melhor que o próprio consumidor avaliar o comportamento em uso, já que desempenho significa comportamento em uso. Além disso, o poder público, hoje no Brasil, não tem estrutura para avaliar comportamento de norma” (Borges, C. A. 2013).

Ainda há a figura da Caixa Econômica Federal, maior financiador público quando em se tratando da construção de imóveis no país, com a capacidade de fazer-se instrumento essencial na exigência aos requisitos estabelecidos na Norma, tendo grande interesse na melhoria da qualidade e desempenho das construções.

Entretanto, mesmo com a longa discussão acerca da NBR 15575, sua publicação em 2008, revisão ao longo do período até sua publicação em 2013, é fato que algumas empresas ainda estarão em processos de adequação, outras já buscaram adaptação e outras ainda se encontrarão em uma fase anterior a esta, conhecendo a Norma e seus requisitos, quando a mesma entrar em vigor.

Assim, ainda será necessário algum tempo para que se possa verificar o quão profundo será o alcance da Norma. Porém, é consenso em todo o setor, que a Norma trata-se de um grande impulso no Brasil, no que tange a questão desempenho, sendo sua cobrança importante para a consolidação dos critérios de qualidade, mesmo sendo, em comparação a nível mundial, considerados baixos.

2.4 Fator custo

Definitivamente, o fator custo, que tende a aumentar com a implantação da NBR 15575, é a maior preocupação da maioria das empresas brasileiras. Apesar de toda a discussão gerada pela publicação da Norma, ainda há muitas empresas que desconhecem a mesma, enquanto outras já buscam se adaptar às novas exigências.

Exigências estas talvez não tão novas assim. As normas direcionadas à construção civil, publicadas anteriormente à NBR 15575, todas de ordem prescritiva não trazem consigo o conceito de desempenho, entretanto, a prescrição de técnicas e materiais, traz, implicitamente, o fator desempenho atrelado atendimento das mesmas.

Mais de 80% da norma significa simplesmente atender a normas técnicas já vigentes. Ela remete a 157 normas prescritivas existentes e para quem já as atende, o impacto nos custos é pequeno. Durante o processo de elaboração da NBR 15575, se procurou definir níveis de desempenho compatíveis com a realidade técnico-econômica brasileira [...] Como ninguém aplicou integralmente a norma, há muita desinformação e muita gente reclamando mais pelo medo do desconhecido do que propriamente por entender o que está sendo cobrado (BORGES, 2010).

Além disso, aponta-se como fator determinante no desempenho, critérios de projeto, que precisarão ser analisados com uma nova ótica, objetivando o desempenho à frente de outros, como estética ou redução de metragem. O atendimento à Norma se torna praticamente inviável quando não há uma integração entre projetos arquitetônico, estrutural e complementares, pois apenas a prescrição dos materiais a serem utilizados visando o desempenho eleva custos e aumenta a possibilidade de não atendimento às exigências.

Entretanto, nem tudo aponta para um aumento de custos. O custo inicial pode subir, mas com a durabilidade elevada, aliada aos custos de operação e manutenção, o custo tende a ser diluído ao longo da vida útil, em algumas situações podendo até ocorrer uma redução para o consumidor.

Este terá de avaliar os diferenciais de cada produto e seu impacto a longo prazo. Uma estrutura com Vida Útil de Projeto considerada superior – maior ou igual a 75 anos – certamente terá um valor inicial mais elevado quando comparada

a uma estrutura com Vida Útil de Projeto que atende o mínimo estabelecido pela Norma – 50 anos ou mais. Para construtores, poderá resultar em diferenciação do imóvel, pois quanto maior for seu valor agregado, maior poderá ser o preço de venda e a margem de lucro.

2.5 Responsabilidades

A Norma traz a apresentação de responsabilidades compartilhadas e cria condições de rastreabilidade, aumentando a responsabilidade de todos os envolvidos na construção, desde o projetista, passando por incorporadores, construtores e fabricantes, até chegar ao usuário final, servindo de base para ações judiciais e perícias.

Caso se desenvolva uma patologia na construção, através da rastreabilidade será possível determinar quem, dentro da cadeia de produção e uso, foi o responsável pela sua ocorrência, e quem deverá arcar com a substituição ou execução do serviço necessário para que a patologia seja sanada e a Norma volte a ser atendida. Este processo auxilia no combate à concorrência predatória, muitas vezes observada no mercado da construção civil, além de estimular à adoção de fornecedores sérios.

Assim, cabe um breve esclarecimento, segundo a NBR 15575, acerca dos envolvidos no processo e suas atribuições.

Incorporador é considerado como pessoa física ou jurídica, que mesmo não efetuando a construção, compromisse ou efetive venda de frações ideais de terreno, objetivando a vinculação de tais frações a unidade autônomas, em edificações a serem construídas ou em construção sob regime condominial, ou que meramente aceite propostas para efetivação de tais transações, coordenando e levando a termo a incorporação e responsabilizando-se, conforme o caso, pela entrega em certo prazo, preço e determinadas condições das obras concluídas.

Enquanto o construtor é tido como pessoa física ou jurídica, legalmente habilitada, contratada para executar o empreendimento, de acordo com o projeto e em condições mutuamente estabelecidas.

Como principal novidade, além da natureza não-prescritiva da Norma, a capacidade do consumidor ter consigo referências que o auxiliem a fazer valer

seus direitos deve ser citada. A NBR 15575 não é lei, entretanto, ganha força amparada pelo Código de Defesa do Consumidor.

É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços colocar no mercado de consumo qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

Esta pode também ser vista como uma das grandes preocupações por parte das construtoras, pois a partir de 19 de julho de 2013, todos os empreendimentos protocolados nas prefeituras devem atender integralmente à Norma, tornando claras as regras para o consumidor verificar a qualidade do produto adquirido. A saída para as empresas é, inevitavelmente, aderir de modo integral à norma, o que inclui além do projeto e execução adequados, a elaboração dos Manuais de Uso, Operação e Manutenção, evitando assim contestações judiciais e prejuízos futuros.

O Manual de uso, operação e manutenção é o documento no qual são reunidas informações necessárias para orientar as atividades de conservação, uso e manutenção dos equipamentos, também podendo ser conhecido como manual do proprietário ou mesmo manual das áreas comuns ou Manual do síndico, quando aplicado para unidades autônomas ou para as áreas de uso comum, respectivamente.

Segundo a NBR, cabe ao incorporador, a identificação dos riscos previsíveis na época do projeto, sendo de responsabilidade do mesmo providenciar os devidos estudos técnicos e informações necessárias aos projetistas, salvo convenção escrita. Por riscos previsíveis, exemplifica-se a presença de aterro sanitário na área de implantação da obra, contaminação de lençol freático, presença de agentes agressivos no solo e outros passivos ambientais. Ainda é responsabilidade do incorporador, juntamente com os projetistas definir os níveis de desempenho a serem adotados para os diferentes elementos da construção e/ou para a obra como um todo.

Ao construtor, ou eventualmente ao incorporador, cabe a elaboração dos Manuais de uso, operação e manutenção, bem como proposta de modelo de

gestão da manutenção, de acordo com a NBR 14037 e NBR 5674, obrigatoriamente entregues aos usuários e ao condomínio, quando for o caso.

Também é recomendado que os Manuais de uso, operação e manutenção registrem os correspondentes prazos de Vida Útil de Projeto e, quando for o caso, os prazos de garantia oferecidos pelo construtor ou incorporador.

O prazo de garantia legal refere-se ao “período de tempo previsto em lei que o comprador dispõe para reclamar dos vícios (defeitos) verificados na compra de produtos duráveis”.

Nesta parte, cabe esclarecimento quanto aos termos de Vida Útil e Vida Útil de Projeto, segundo a NBR 15575:

Vida Útil (VU) é o “período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento dos níveis de desempenho previstos nesta Norma, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção”.

Vida Útil de Projeto (VUP) entende-se pelo “período estimado de tempo para qual o sistema é projetado, a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta Norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o atendimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção”.

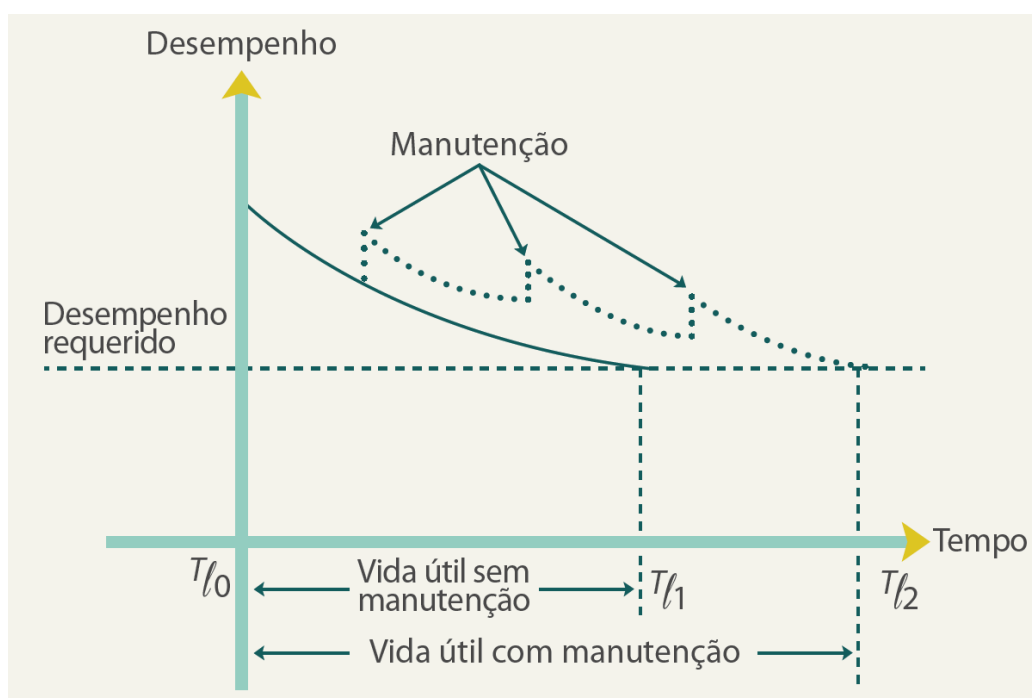
Dentre estes conceitos deve-se salientar a diferenciação entre a Vida Útil e a Vida Útil de Projeto, sendo a última uma estimativa da primeira, podendo ou não ser atingida, atrelada a alterações de entorno e clima, bem como manutenção e uso adequados.

Os fornecedores, sejam eles de insumos, materiais ou componente/sistema, devem caracterizar o desempenho de seu produto de acordo com a NBR 15575, assim fornecendo também o prazo de vida útil previsto para o produto, bem como os cuidados para manutenção e operação do mesmo.

A manutenção, item essencial para a obtenção da Vida Útil de Projeto, é responsabilidade dos usuários, podendo ser de natureza preventiva ou corretiva e devendo obedecer à periodicidade e forma de execução estabelecidas no Manual de Uso, Operação e Manutenção, este de acordo com a NBR 14037, além de ser devidamente registrada e documentada, de acordo com a NBR 5674.

O efeito da mesma pode ser observado através da figura 1, que a coloca como fator determinante para o alcance do desempenho requerido, sendo responsável por recuperações da perda de desempenho ao longo do tempo.

Figura 1: Recuperação do desempenho por ações de manutenção.



Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. 2013)

Logo, a não realização de manutenção, ou mesmo a sua execução em desacordo com o Manual de Uso, Operação e Manutenção, podem ser apontadas como causas excludentes da responsabilidade do incorporador, construtor ou fornecedor.

Ao projetista cabe estabelecer e indicar nos memoriais descritivos a Vida Útil de Projeto de cada sistema da obra, especificando materiais, produtos e processos que isolada ou conjuntamente, atendam o desempenho requerido. Quando as normas específicas não caracterizem desempenho, quando não existirem normas

específicas ou quando o fabricante não tiver publicado o desempenho de seu produto, cabe ao projetista solicitar estas informações ao fabricante.

O usuário tem a obrigação de fazer o correto uso da edificação, não alterando sua destinação, nas cargas ou nas solicitações previstas, sem prévia autorização da construtora e/ou do poder público.

A realização de manutenções é obrigação do usuário, devendo ser esta de acordo com o Manual de uso, operação e manutenção e devidamente registrada, de acordo com a NBR 5674.

2.6 Utilização como sistema de avaliação

A NBR 15575, além de parametrizar todos os sistemas construtivos consagrados na cadeia produtiva brasileira, ainda pode ser apontada como fator determinante na evolução da construção civil, tendo em vista a capacidade de servir como base para um sistema de avaliação para novos sistemas construtivos, que ainda não foram normatizados, e encontram grandes dificuldades neste processo longo e burocrático. A premissa de uma norma que preconiza o desempenho, diferentemente de normas prescritivas, abre uma porta para a inovação em materiais e sistemas construtivos, sendo que estes encontram na NBR 15575 referência quantitativa e qualitativa de atendimento aos requisitos da mesma.

Prova desta capacidade é utilização da Norma pelo SINAT – Sistema Nacional de Análises Técnicas, integrante do PBQP-H - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - e visa, juntamente com institutos de pesquisa credenciados, avaliar, de acordo com as normas técnicas, a capacidade e potencial de sistemas construtivos ainda não normatizados.

Com o intuito de melhorar a qualidade e produtividade no setor da construção civil, além de promover sua modernização, o Sistema auxilia na elaboração de normatização prescritiva, que por sua vez é item indispensável para a difusão de qualquer sistema construtivo, possibilitada através de financiamentos e utilização em programas de habitação impulsionados pelo governo federal (KISS, 2010).

3 METODOLOGIA

Utilizou-se resultados de ensaios obtidos dos fabricantes de blocos cerâmicos e de concreto, para verificar o atendimento do sistema construtivo aos requisitos estabelecidos pela NBR 15575-4:2013, sendo eles:

- Estabilidade e resistência estrutural dos SVVIE, através de cálculos ou ensaios previstos na NBR 15575-2:2013.

- Deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas, onde são limitados os deslocamentos, fissuras e falhas a valores aceitáveis, visando assegurar o livre funcionamento de elementos e componentes da edificação habitacional.

Para isto, verificou-se os limites de deslocamentos instantâneos e residuais, indicados na Norma, tanto para cargas verticais, quanto para cargas horizontais.

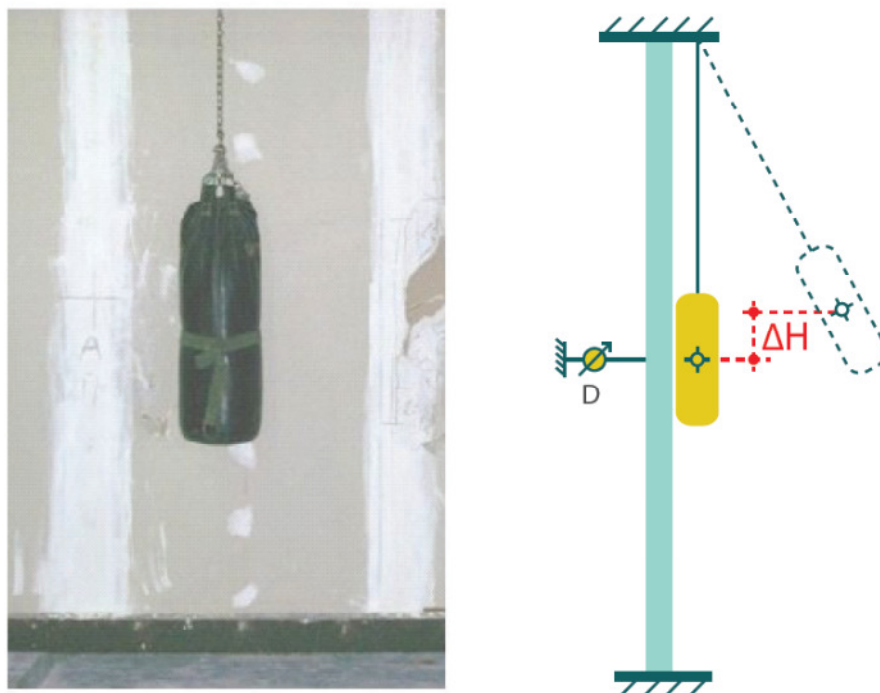
- Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações internas e externas, onde é exigida resistência às solicitações originadas pela fixação de peças suspensas, como armários, prateleiras, lavatórios, quadros, hidrantes, entre outros.

Verificou-se o atendimento à Norma, de acordo com a tabela 2 da mesma, que estabelece as cargas para ensaio e os critérios a serem observados quanto à limitação dos deslocamentos.

- Impacto de corpo mole nos sistemas de vedações verticais internas e externas, com ou sem função estrutural, fazendo referência à resistência dos SVVIE, à energia de impacto dos choques acidentais, ocasionados pela utilização da edificação, ou ainda choques provocados por intrusões intencionais ou não.

Assim, avaliou-se o atendimento à Norma, de acordo com as tabelas 3 e 4 da mesma, onde são determinados os impactos e os critérios de desempenho para os SVVIE. A realização do ensaio para esta avaliação deve ser feita através da NBR 11675, sendo os ensaios realizados com a aplicação dos impactos através de um saco cilíndrico de couro, conforme figura 2.

Figura 2 - Ensaio de impacto de corpo mole



Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

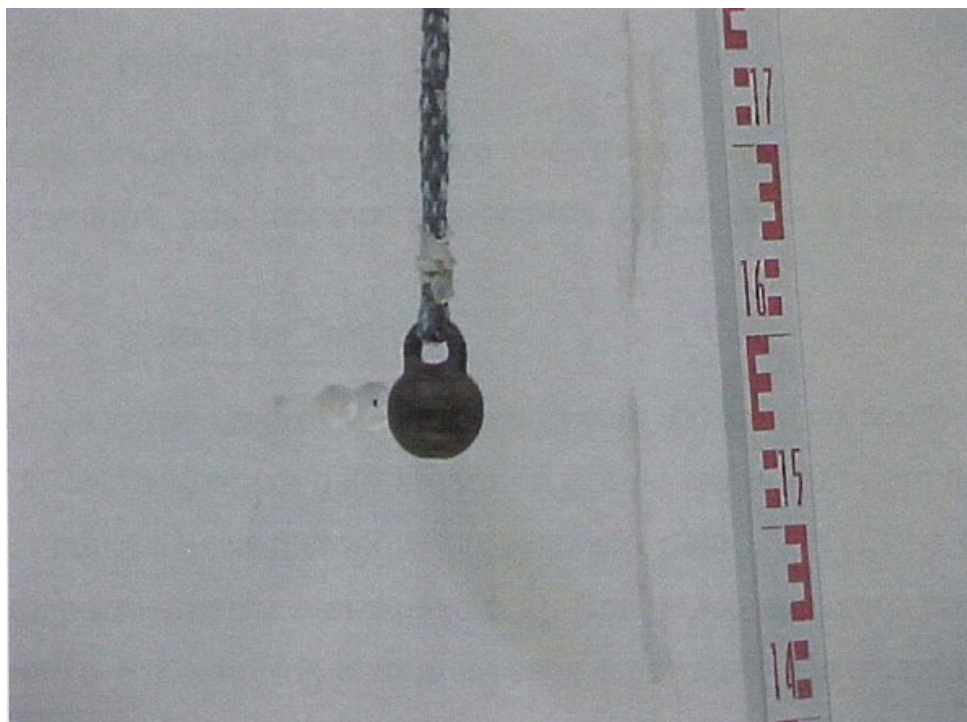
- Ações transmitidas por portas, resistindo aos impactos gerados pelo fechamento de portas fixadas nos SVVIE.

Buscou-se analisar ensaio onde são realizadas 10 operações de fechamento brusco e ensaio onde é aplicado um impacto de corpo mole com energia de 240J, no centro geométrico da folha de porta, ambos realizados segundo a NBR 15930-2.

- Impacto de corpo duro incidente nos SVVIE, com ou sem função estrutural, assim como os requisitos de resistência à impactos de corpo mole, também pretendem representar choques acidentais, ocasionados pela utilização da edificação, ou ainda choques provocados por intrusões, intencionais ou não.

Analisou-se estes através de ensaios em que os impactos são aplicados através de esferas de aço de diâmetro padronizado, de acordo com a NBR 11675, conforme figura 3.

Figura 3 - Ensaio de impacto de corpo duro



Fonte: http://www.nbrconstrucoes.com.br/fotos/ensaios_impacto_de_corpoduro.jpg

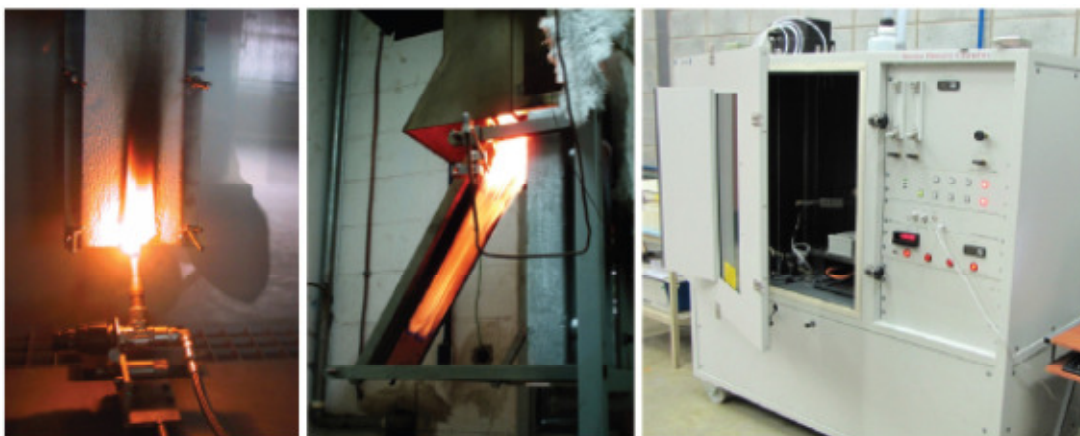
- Cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janelas, de modo a resistir aos esforços estáticos, verticais e horizontais, bem como impactos.

Verificou-se o atendimento aos ensaios indicados na NBR 14718, sendo exigido também o atendimento às solicitações impostas para as partes cegas das paredes, incluindo impactos de corpo mole e duro;

- Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio e não gerar fumaça excessiva, permitindo fuga aos ocupantes, quando em situações de incêndio e dificultar a propagação do incêndio.

Para avaliação de reação ao fogo, verificou-se os ensaios indicados pela NBR 9442, a fim de classificar os materiais utilizados na superfície e no miolo das vedações verticais, conforme figura 4.

Figura 4 - Equipamentos para ensaios de ignitibilidade, propagação superficial de chamas e densidade óptica de fumaça



Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. 2013)

- Dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação.

Verificou-se ensaio de acordo com a NBR 5628, onde se determina o tempo em que paredes estruturais apresentam resistência ao fogo, mantendo as condições de estabilidade, estanqueidade e isolamento térmica.

- Infiltração de água nos sistemas de vedações verticais externas (fachadas), de modo a ser estanque à água proveniente da chuva ou de outras fontes.

Analisou-se ensaio similar ao indicado na NBR 15575-4, anexo C, onde se busca simular as condições de chuva e ventos para verificar a estanqueidade de paredes externas à água, conforme figura 5.

- Umidade nas vedações verticais externas e internas decorrente da ocupação do imóvel.

Analisou-se ensaio descrito no anexo D, da NBR 15575-4, onde se utiliza uma pequena câmara acoplada de forma estanque à parede, com dimensões de 34x16cm, visando simular exposição direta à água e verifica-se a penetração de água em um intervalo de 24 horas, conforme figura 5.

Figura 5 - Câmara para ensaio de estanqueidade (esq.) e câmara para ensaio de paredes de áreas molháveis



Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

- Adequação das paredes externas referentes ao desempenho térmico, devendo estas apresentar transmitância e capacidade térmica que proporcionem o desempenho térmico estabelecido de acordo com cada zona climática.

Para verificação dos requisitos quanto ao desempenho térmico, serão utilizados ensaios e cálculos de acordo com a NBR 15220-2.

- Níveis de ruído permitidos na habitação.

Analisou-se ensaios referentes à isolamento sonora de paredes de alvenaria estrutural, verificando a diferença padronizada, segundo ensaio descrito no item 12.2.1 da NBR 15575-4.

4 DESENVOLVIMENTO

Para verificação dos requisitos estabelecidos pela NBR 15575-4, buscou-se a obtenção de resultados de ensaios realizados pelas empresas produtoras de blocos cerâmicos e de concreto. Foram utilizados ensaios das principais fornecedoras de blocos da região, sendo elas Pauluzzi Produtos Cerâmicos Ltda., para blocos cerâmicos e Tecmold Ind. e Com. Ltda., para blocos de concreto.

Ainda foi tentado contato com empresas de grande porte fabricantes de blocos cerâmicos e de concreto da região sudeste do país para obtenção dos ensaios exigidos pela NBR 15575. Porém, não foi obtido nenhum relatório proveniente destas empresas, em alguns casos, sendo ainda afirmado pelas mesmas que estas não realizam ensaios referentes à NBR 15575.

Os resultados de ensaios obtidos serão apresentados divididos de acordo com a Norma.

4.1 Desempenho estrutural

4.1.1 Estabilidade e resistência estrutural dos sistemas de vedação internos e externos

Este requisito busca garantir a segurança estrutural, visando as ações com maior probabilidade de ocorrência na edificação durante toda sua vida útil.

Para isto, faz-se referência às normas de estruturas, tendo como base, para alvenaria estrutural a NBR 15961 para blocos de concreto e NBR 15812 para blocos cerâmicos, devendo a comprovação do desempenho ser feita através do atendimento destas normas.

4.1.2 Deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas

Este requisito tem por objetivo definir os deslocamentos, fissuras e falhas máximas aceitáveis a fim de garantir a segurança estrutural e o desempenho adequado do sistema.

Nesta norma são estabelecidos os critérios e solicitações para os elementos estruturais, de acordo com a tabela da figura 6, para ações originadas pelas cargas de serviço.

Figura 6 - Solicitações e critérios para SVVIE

Elemento	Solicitação	Critério
SVVIE com função estrutural	Cargas verticais: $S_d = S_{gk} + 0,7 S_{qk} + S_{wk}$ (desconsiderar S_{wk} no caso de alívio da compressão)	Não ocorrência de falhas; Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_n \leq h/500$ $d_{hr} \leq h/2\ 500$
SVVIE com ou sem função estrutural	Cargas permanentes e deformações impostas $S_d = S_{gk} + S_{ek}$	Não ocorrência de falhas, tanto nas paredes como nas interfaces da parede com outros componentes.
SVVE (paredes de fachadas) com ou sem função estrutural	Cargas horizontais: $S_d^{(a)} = 0,9 S_{gk} + 0,8 S_{wk}$	Não ocorrência de falhas; Limitação dos deslocamentos horizontais ^(b) : $d_n \leq h/500$ (SVVE com função estrutural); $d_{hr} \leq h/2\ 500$ (SVVE com função estrutural); $d_n \leq h/350$ (SVVE com função de vedação); $d_{hr} \leq h/1\ 750$ (SVVE com função de vedação). Entende-se neste critério como SVVE as paredes de fachada
^(a) - No caso de ensaios de tipo considerar $S_d = S_{gk} + 0,8 S_{wk}$. ^(b) - Para paredes de fachada leves ($G \leq 60\ \text{Kg/m}^2$), sem função estrutural, os valores de deslocamento instantâneo ^(dH) - Podem atingir o dobro dos valores acima indicados nesta tabela. Onde: h é altura do elemento parede; d_n é o deslocamento horizontal instantâneo; d_{hr} é o deslocamento horizontal residual; S_{gk} é a solicitação característica devida às cargas permanentes; S_{ek} é o valor característico da solicitação devido à deformação específica do material; S_{qk} é o valor característico da solicitação devido às cargas acidentais ou sobrecargas de uso; S_{wk} é o valor característico da solicitação devido ao vento.		

Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

Para os sistemas de vedação verticais com função estrutural, a NBR 15575-4 remete ainda à NBR 15575-2, onde se apresenta outros valores de referência para os deslocamentos-limites, de acordo com a tabela da figura 7.

Figura 7 - Deslocamentos-limite para elementos construtivos

Razão da limitação	Elemento	Deslocamento-limite	Tipo de deslocamento
Visual / insegurança psicológica	Pilares, paredes, vigas, lajes (componentes visíveis)	$L/250$ ou $H/300$ ⁽¹⁾	Deslocamento final incluindo fluência (carga total)
Destacamentos, fissuras em vedações ou acabamentos, falhas na operação de caixilhos e instalações	Caixilhos, instalações, vedações e acabamentos rígidos (pisos, forros, etc.)	$L/800$	Parcela da flecha ocorrida após a instalação da carga correspondente ao elemento em análise (parede, piso, etc.)
	Divisórias leves, acabamentos flexíveis (pisos, forros etc.)	$L/600$	
Destacamentos e fissuras em vedações	Paredes e/ou acabamentos rígidos	$L/500$ ou $H/500$ ⁽¹⁾	Distorção horizontal ou vertical provocada por variações de temperatura ou ação do vento, distorção angular devida ao recalque de fundações (deslocamentos totais)
	Paredes e acabamentos flexíveis	$L/400$ ou $H/400$ ⁽¹⁾	
H - É a altura do elemento estrutural. L - É o vão teórico do elemento estrutural. ⁽¹⁾ - Para qualquer tipo de solicitação, o deslocamento horizontal máximo no topo do edifício deve ser limitado a $H_{total}/500$ ou 3 cm, respeitando-se o menor dos dois limites. Nota - Não podem ser aceitas falhas, a menos aquelas que estejam dentro dos limites previstos nas normas prescritivas específicas.			

Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

São aceitos para verificação deste requisito, além da tabela da figura 7, a adequação às normas específicas, no caso do sistema construtivo de alvenaria estrutural NBR 15961 e NBR 15812, para blocos de concreto e cerâmicos, respectivamente.

Ensaio referente a este requisito não foram encontrados junto às empresas ou universidades consultadas.

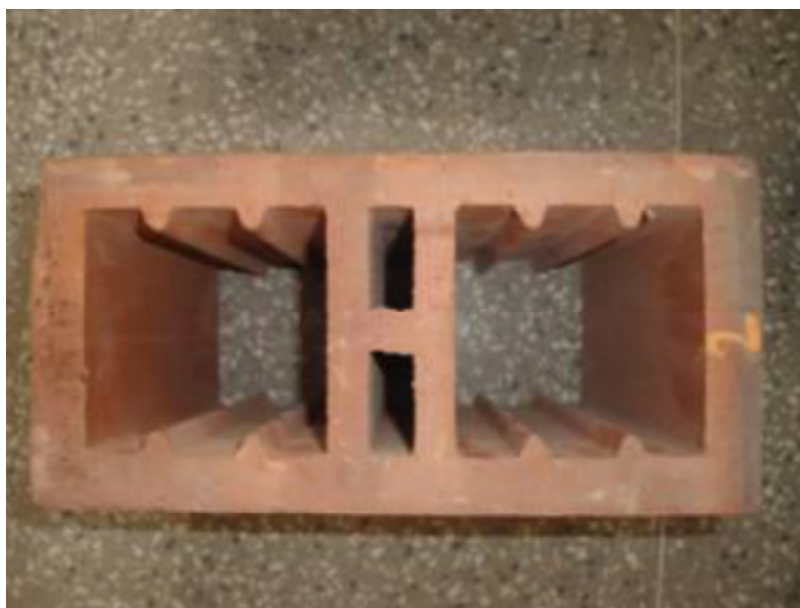
4.1.3 Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações internas e externas

Este item da norma tem por objetivo verificar a capacidade das vedações verticais suportarem cargas provenientes de armários, prateleiras e outros dispositivos que sejam fixados às mesmas.

Ainda há, na norma, critérios para avaliação de outros dispositivos de fixação, que não a mão-francesa padrão, bem como cantoneiras e redes de dormir.

Para avaliação deste item, deve ser utilizado o anexo A, da NBR 15575-4, o qual determina o método de ensaio para determinação da resistência dos sistemas de vedações verticais internas e externas às solicitações de peças suspensas.

Figura 8 - Bloco utilizado para construção das paredes ensaiadas



Para verificação deste item fez-se o uso dos Relatórios de Ensaio nº 84305 e 84306 do Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC – da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, nestes foram analisadas paredes de blocos cerâmicos estruturais de 7 e 10 MPa, 14x19x29cm (figura 8), de dimensões totais de 4,12x3,20m, construídas no interior da câmara reverberante do LMCC.

Nestes ensaios (figura 9), realizados conforme o anexo A, da NBR 15575-4, foram aplicadas cargas em uma mão-francesa padrão em patamares de 50N, com intervalos de 3 minutos até um máximo de 1,2kN, sendo esta carga mantida por um período de 24h.

Os resultados obtidos foram expressos nas tabelas das figuras 12 e 13, para as paredes de 7 e 10MPa, respectivamente.

Figura 9 - Ensaio de resistência às solicitações de peças suspensas



Fonte: imagem elaborada pelo autor.

Figura 10 - Defletômetro utilizado para medir deslocamentos horizontais da parede



Fonte: imagem elaborada pelo autor.

Consoante à aplicação de carga, foram realizadas leituras para verificação dos deslocamentos impostos ao sistema de vedação vertical (figura 10). O material utilizado para fixação da mão-francesa pode ser observado na figura 11.

Figura 11 - Bucha 10 - $\phi 6-8$, utilizada para fixação da mão-francesa



Fonte: Relatório de Ensaio nº 84305/2013 – LMCC – UFSM.

Figura 12 - Resultados finais para carga aplicada em mão-francesa - Blocos 7MPa

Ensaio	Carga Máx. - 1,2 kN		Observações
	Carga (kN) -	dh(mm)	
Parede de 17,5 cm de espessura	0,10	0,00	Carga máxima mantida constante por um período de 24 horas. Sem alterações.
	0,20	0,00	
	0,30	0,00	
	0,40	0,00	
	0,50	0,00	
	0,60	0,00	
	0,70	0,00	
	0,80	0,02	
	0,90	0,04	
	1,00	0,05	
	1,10	0,05	
	1,20	0,10	
Momento fletor máximo = 0,18 kNm Forças de compressão e de tração máximas = 1,2 kN			

Fonte: Relatório de Ensaio nº 84305/2013 – LMCC – UFSM.

Figura 13 - Resultados finais para carga aplicada em mão-francesa - Blocos 10MPa

Ensaio	Carga Máx. - 1,2 kN		Observações
	Carga (kN) -	dh(mm)	
Parede de 17,5 cm de espessura	0,10	0,00	Carga máxima mantida constante por um período de 24 horas. Sem alterações.
	0,20	0,00	
	0,30	0,00	
	0,40	0,00	
	0,50	0,00	
	0,60	0,00	
	0,70	0,01	
	0,80	0,02	
	0,90	0,04	
	1,00	0,06	
	1,10	0,07	
	1,20	0,11	
Momento fletor máximo = 0,18 kNm Forças de compressão e de tração máximas = 1,2 kN			

Fonte: Relatório de Ensaio nº 84306/2013 – LMCC – UFSM.

Através destes resultados, pode-se enquadrar os itens em questão de acordo com a tabela da figura 14, onde são indicados os níveis de desempenho de acordo com os critérios estabelecidos .

Figura 14 - Critérios e níveis de desempenho para ensaio de peças suspensas fixadas por mão-francesa padrão

Carga de ensaio aplicada em cada ponto kN	Carga de ensaio aplicada na peça kN	Critérios de desempenho	Nível de desempenho
0,4	0,8	Ocorrência de fissuras toleráveis. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h < h/500$ $d_{hr} < h/2\ 500$	M
0,4	1,0	Não ocorrência de fissuras ou destacamentos. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h < h/500$ $d_{hr} < h/2\ 500$	I
0,6	1,2	Não ocorrência de fissuras ou destacamentos. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h < h/500$ $d_{hr} < h/2\ 500$	S
Onde h é altura do elemento parede; d_h é o deslocamento horizontal; d_{hr} é o deslocamento residual.			

Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

Portanto, para as paredes ensaiadas, com 3,2m de altura (h), obtém-se como parâmetro crítico $h/500$, o valor de 6,4mm, não tendo este sido atingido em nenhum dos ensaios. Também não foi relatado nenhum tipo de fissura ou destacamento. Considerando estes aspectos, as paredes de alvenaria de blocos cerâmicos ensaiadas, podem ser enquadradas em nível de desempenho Superior.

O relatório analisado não apresenta valores para d_{hr} , então, não pode-se realizar o enquadramento total para este requisito. Entretanto, de acordo com os valores obtidos, acredita-se que os deslocamentos residuais não atingirão a ordem de 1,28mm, sendo este o valor máximo admissível para a parede analisada, objetivando-se um nível mínimo de desempenho.

4.1.4 Impacto de corpo mole nos sistemas de vedações verticais internas e externas, com ou sem função estrutural

Este item tem como objetivo verificar a resistência das vedações verticais a impactos de corpo mole, sendo estes correspondentes a choques acidentais ou provocados por tentativas de intrusões.

Para verificação deste item deve-se realizar ensaio em laboratório ou em campo de acordo com a NBR 11675. Este ensaio consiste na liberação de um saco

de couro de 40kg de certa altura, gerando um movimento pendular, resultando energias de impacto pré-estabelecidas.

Quando expostos aos impactos os sistemas não podem sofrer ruptura, instabilidade, fissuras ou mesmo apresentar danos nos acabamentos acoplados.

Foi obtido, para análise deste item, os Relatórios de Ensaio nº 84305 e 84306 do Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC – da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, sendo as paredes ensaiadas as mesmas informadas no item 4.1.3, possuindo exatamente as mesmas conformações.

O ensaio (figura 15) foi realizado de acordo com o recomendado na NBR 11675, do lado externo para o interno da parede, sendo as energias utilizadas e os deslocamentos obtidos apresentados nas tabelas das figuras 16 e 17, para as paredes compostas por blocos de 7 e 10MPa, respectivamente.

Figura 15 – Realização de ensaio de impacto de corpo mole



Fonte: imagem elaborada pelo autor.

Figura 16 - Energias utilizadas e deslocamentos obtidos - Parede composta por blocos de 7MPa

Altura (cm)	Energia (J)	Dh (mm)	Dhr (mm)	Observações
30	120	0,0	0,0	Nada a relatar.
45	180	0,0	0,0	Nada a acrescentar
60	240	0,0	0,0	Nada a acrescentar
90	360	0,0	0,0	Nada a acrescentar
120	480	0,0	0,0	Nada a acrescentar
180	720	0,5	0,0	Nada a acrescentar
240	960	1,0	0,0	Nada a acrescentar

Fonte: Relatório de Ensaio nº 84305/2013 – LMCC – UFSM.

Figura 17 - Energias utilizadas e deslocamentos obtidos - Parede composta por blocos de 10MPa

Altura (cm)	Energia (J)	Dh (mm)	Dhr (mm)	Observações
30	120	0,0	0,0	Nada a relatar.
45	180	0,0	0,0	Nada a acrescentar
60	240	0,0	0,0	Nada a acrescentar
90	360	0,0	0,0	Nada a acrescentar
120	480	0,5	0,0	Nada a acrescentar
180	720	1,0	0,0	Nada a acrescentar
240	960	1,5	0,0	Nada a acrescentar

Fonte: Relatório de Ensaio nº 84306/2013 – LMCC – UFSM.

Em conformidade com os dados apresentados, pode-se realizar o enquadramento do sistema de acordo com a tabela da figura 18, onde são apresentados critérios de desempenho de acordo com a energia utilizada, para vedações verticais externas com função estrutural em edifícios multipiso.

Figura 18 - Energias de impacto e critérios de desempenho para ensaio de impacto de corpo mole

Impacto	Energia de impacto de corpo mole (J)	Critérios de desempenho		
		Paredes	Pilares e vigas - Níveis I, S	Não ocorrência de ruína (estado-limite último)
Impacto externo (local com acesso externo do público, em geral andar térreo, impactos de fora p/dentro)	960	Paredes	Pilares e vigas - Níveis I, S	
	720	Pilares e vigas - Nível M		
	480	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço)		
	360	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço)		
	240	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$ e $d_w \leq h/1\ 250$ para pilares e paredes, sendo h a altura do pilar ou da parede $d_h \leq L/200$ e $d_w \leq L/1\ 000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga		
	180	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço)		
	120	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço)		
Impacto na face interna da parede ou do componente estrutural (todos os pavimentos)	480	Não ocorrência de ruína nem o traspasse da parede pelo corpo percussor de impacto (estado-limite último)		
	240	Não ocorrência de ruína nem o traspasse da parede pelo corpo percussor de impacto (estado-limite último)		
	180	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço)		
	120	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$ e $d_w \leq h/1\ 250$ para pilares e paredes, sendo h a altura do pilar ou da parede $d_h \leq L/200$ e $d_w \leq L/1\ 000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga.		

Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

Diante da não ocorrência de ruína, nenhum tipo de dano visível ao sistema de vedação vertical e deslocamentos horizontais aceitáveis, este item pode ser considerado como possuindo desempenho Superior, para o requisito analisado.

4.1.5 Ações transmitidas por portas

Este item tem como objetivo garantir que os sistemas de vedação verticais permitam o acoplamento de portas e não apresentem falhas, fissuras ou rupturas quando estas forem submetidas a dez operações de fechamento brusco. Também é exigida a resistência a um impacto de corpo mole de 240J, aplicado no centro geométrico de folha da porta, não podendo ocorrer neste caso o arrancamento do marco nem ruptura ou perda de estabilidade da parede.

Para verificação deste requisito são utilizados ensaios realizados de acordo com a NBR 15930-2.

Ensaio referentes a este requisito não foram encontrados junto às empresas ou universidades consultadas.

4.1.6 Impacto de corpo duro incidente

Este item tem como objetivo verificar a resistências das vedações verticais a impactos de corpo duro, sendo estes, assim como os impactos de corpo mole, correspondentes a choques acidentais ou provocados por tentativas de intrusões.

Quando submetidos aos impactos o sistema não pode apresentar fissuras, escamações, rupturas ou traspassamento, sendo permitidas mossas localizadas no local do impacto.

Para verificação deste item deve-se realizar ensaio em laboratório ou em campo de acordo com a NBR 11675 ou de acordo com o anexo B da NBR 15575-4. Este ensaio consiste na liberação de uma esfera de aço de 0,5 e 1kg de certa altura, gerando um movimento pendular, resultando energias de impacto pré-estabelecidas, conforme tabela da figura 19.

Figura 19 - Massas, alturas e energias de impacto para ensaio de impacto de corpo duro

Corpo percussor de impacto	m kg	h m	E J
Corpo duro de grandes dimensões (esfera de aço) – Dez impactos para cada energia	1	1,00	10
	1	2,00	20
Corpo duro de pequenas dimensões (esfera de aço) – Dez impactos para cada energia	0,5	0,50	2,5
	0,5	0,75	3,75

Fonte: NBR 15575-4 – Edificações habitacionais desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - ABNT. (2013)

Analisou-se os Relatórios de Ensaio nº 84305 e 84306 do Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC – da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, sendo as paredes ensaiadas as mesmas informadas nos itens 4.1.3 e 4.1.4, possuindo exatamente as mesmas conformações citadas anteriormente.

O ensaio foi realizado de acordo com o recomendado no anexo B da NBR 15575-4, do lado externo para o interno da parede, sendo as energias utilizadas de 3,75 e 20J, indicadas para o ensaio de parede externas, apresentando-se as mossas obtidas nas tabelas das figuras 20, 21, 22 e 23, para as paredes compostas por blocos de 7 e 10MPa, respectivamente. As energias de 2,5 e 10J são utilizadas para o ensaio de paredes internas e não foram utilizadas por serem inferiores às já ensaiadas.

Figura 20 - Impactos e mossas para energia de 20J em parede composta por blocos de 7MPa

Energia = 20 J – Esfera = 1,0 kg – Altura de queda = 2,0m		
Impacto	Mossa (mm)	Observações
1	1,30	Nada a relatar
2	1,52	Nada a acrescentar
3	1,28	Nada a acrescentar
4	1,50	Nada a acrescentar
5	1,20	Nada a acrescentar
6	1,00	Nada a acrescentar
7	1,45	Nada a acrescentar
8	1,23	Nada a acrescentar
9	1,21	Nada a acrescentar
10	2,00	Nada a acrescentar

Fonte: Relatório de Ensaio nº 84305/2013 – LMCC – UFSM.

Figura 21 - Impactos e mossas para energia de 3,75J em parede composta por blocos de 7MPa

Energia = 3,75 J – Esfera = 0,5 kg – Altura de queda = 0,75m		
Impacto	Mossa (mm)	Observações
1	0,90	Nada a relatar
2	1,00	Nada a acrescentar
3	0,86	Nada a acrescentar
4	0,45	Nada a acrescentar
5	0,65	Nada a acrescentar
6	0,68	Nada a acrescentar
7	0,78	Nada a acrescentar
8	0,60	Nada a acrescentar
9	0,70	Nada a acrescentar
10	0,80	Nada a acrescentar

Fonte: Relatório de Ensaio nº 84305/2013 – LMCC – UFSM.

Figura 22 - Impactos e mossas para energia de 20J em parede composta por blocos de 10MPa

Energia = 20 J – Esfera = 1,0 kg – Altura de queda = 2,0m		
Impacto	Mossa (mm)	Observações
1	1,31	Nada a relatar
2	1,58	Nada a acrescentar
3	1,46	Nada a acrescentar
4	2,03	Nada a acrescentar
5	1,80	Nada a acrescentar
6	1,53	Nada a acrescentar
7	1,56	Nada a acrescentar
8	1,57	Nada a acrescentar
9	1,08	Nada a acrescentar
10	1,33	Nada a acrescentar

Fonte: Relatório de Ensaio nº 84306/2013 – LMCC – UFSM.

Figura 23 - Impactos e mossas para energia de 3,75J em parede composta por blocos de 10MPa

Energia = 3,75 J – Esfera = 0,5 kg – Altura de queda = 0,75m		
Impacto	Mossa (mm)	Observações
1	0,84	Nada a relatar
2	0,69	Nada a acrescentar
3	1,00	Nada a acrescentar
4	0,75	Nada a acrescentar
5	0,96	Nada a acrescentar
6	1,20	Nada a acrescentar
7	0,90	Nada a acrescentar
8	0,80	Nada a acrescentar
9	0,71	Nada a acrescentar
10	0,94	Nada a acrescentar

Fonte: Relatório de Ensaio nº 84306/2013 – LMCC – UFSM.

De acordo com o relatado, não houve a ocorrência de fissuras, escamações ou outro fator que pudesse vir a comprometer a utilização do sistema. Surgiram apenas mossas, praticamente em sua totalidade menores que 2mm para as energias de 20J nas duas paredes ensaiadas. Para as energias de 3,75J, praticamente todas as mossas foram da ordem de 1mm ou menos. As mossas decorrentes dos impactos sofridos pela parede podem ser observadas na figura 24.

Figura 24 - Mossas decorrentes dos impactos de 3,75 e 20J



Fonte: imagem elaborada pelo autor.

Figura 25 - Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro em paredes externas

Energia de impacto ^{a)} de corpo duro J	Critério de desempenho	Nível de desempenho
3,75	Não ocorrência de fissuras, destacamento, desagregações etc Mossas com qualquer profundidade	M
20	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
3,75	Não ocorrência de fissuras, destacamento, desagregações etc Profundidade da mossa: $p \leq 5$ mm	I
20	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
3,75	Não ocorrência de fissuras, destacamento, desagregações etc Profundidade da mossa: $p \leq 2$ mm	S
20	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	

^{a)} - Sentido do impacto de fora para dentro.

Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

Portanto, de acordo com o relatado anteriormente, realizando-se enquadramento na tabela da figura 25, verifica-se que o referido sistema de vedação vertical apresenta desempenho de nível Superior, quanto ao quesito de impactos de corpo duro, tanto para as paredes compostas por blocos cerâmicos estruturais de 7MPa, quanto para as compostas por blocos de 10MPa, com espessuras de 1 e 2,5cm para reboco interno e externo, respectivamente.

4.1.7 Cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janelas

Este requisito tem como objetivo verificar a resistência de guarda-corpos e parapeitos às cargas de ocupação atuantes nos mesmos.

Os esforços estáticos horizontais, estáticos verticais e de impactos são os considerados para avaliação deste requisito, devendo a estrutura estar de acordo com a NBR 14718, para avaliação dos guarda-corpos.

Para os parapeitos de janelas deve-se atender as mesmas exigências da NBR 14718, sendo ainda válido, para impactos de corpo mole e duro, os mesmos critérios previstos para as paredes, bem como os ensaios de fechamento brusco e impacto de corpo mole em portas, previstos na NBR 15575-4.

Ensaio referentes a este requisito não foram encontrados junto às empresas ou universidades consultadas.

4.2 Segurança contra incêndio

4.2.1 Dificultar o ocorrência da inflamação generalizada

Este item tem como objetivo garantir que o sistema de vedação vertical não seja responsável por inflamação generalizada, bem como não seja um gerador de fumaça excessiva. Para esta verificação deve ser realizado ensaio de reação ao fogo para os materiais utilizados no sistema, de acordo com a NBR 9442, ISO 1182, ASTM E622, EM 13823 ou ISO 11925-2.

As superfícies devem ser classificadas conforme a tabelas das figuras 26 e 27, devendo estar enquadradas como:

- I, II A ou III A – para utilização em cozinhas;
- I, II A, III A ou IVA – para utilização em locais internos da habitação, exceto cozinhas;
- I ou II A – para utilização no interior de escadas;
- I, II A ou III A – para utilização como miolo de paredes

Figura 26 - Classificação dos materiais proposta pela ISO 1182, NBR 9442 e ASTM E662

Classe		Método de ensaio		
		ISO 1182	ABNT NBR 9442	ASTM E662
I		Incombustível $\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta m \leq 50 \%$; $t_f \leq 10 \text{ s}$	-	-
II	A	Combustível	$l_p \leq 25$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$l_p \leq 25$	$D_m \leq 450$
III	A	Combustível	$25 < l_p \leq 75$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$25 < l_p \leq 75$	$D_m \leq 450$
IV	A	Combustível	$75 < l_p \leq 150$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$75 < l_p \leq 150$	$D_m \leq 450$
V	A	Combustível	$150 < l_p \leq 400$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$150 < l_p \leq 400$	$D_m \leq 450$
VI		Combustível	$l_p > 400$	-
Notas l_p – Índice de propagação superficial de chama. D_m – Densidade específica óptica máxima de fumaça. Δm – Variação da massa do corpo de prova. t_f – Tempo de flamejamento do corpo de prova. ΔT – Variação da temperatura no interior do forno.				

Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

Figura 27 - Classificação dos materiais proposta pela ISO 1182, EN 13823 e ISO 11925-2

Classe		Método de ensaio		
		ISO 1182	EN 13823	ISO 11925-2 (exp. = 30 s)
I		Incombustível $\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta m \leq 50 \%$; $t_f \leq 10 \text{ s}$	-	-
II	A	Combustível	FIGRA $\leq 120 \text{ W/s}$ LSF < canto do corpo de prova THR600s $\leq 7,5 \text{ MJ}$ SMOGRA $\leq 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 200 \text{ m}^2$	FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 60 s
	B	Combustível	FIGRA $\leq 120 \text{ W/s}$ LSF < canto do corpo de prova THR600s $\leq 7,5 \text{ MJ}$ SMOGRA $> 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $> 200 \text{ m}^2$	FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 60 s
III	A	Combustível	FIGRA $\leq 250 \text{ W/s}$ LSF < canto do corpo de prova THR600s $\leq 15 \text{ MJ}$ SMOGRA $\leq 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 200 \text{ m}^2$	FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 60 s
	B	Combustível	FIGRA $\leq 250 \text{ W/s}$ LSF < canto do corpo de prova THR600s $\leq 15 \text{ MJ}$ SMOGRA $> 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $> 200 \text{ m}^2$	FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 60 s
IV	A	Combustível	FIGRA $\leq 750 \text{ W/s}$ SMOGRA $\leq 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 200 \text{ m}^2$	FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 60 s
	B	Combustível	FIGRA $\leq 750 \text{ W/s}$ SMOGRA $> 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $> 200 \text{ m}^2$	FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 60 s
V	A	Combustível	FIGRA $> 750 \text{ W/s}$ SMOGRA $\leq 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 200 \text{ m}^2$	FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 20 s
	B	Combustível	FIGRA $> 750 \text{ W/s}$ SMOGRA $> 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $> 200 \text{ m}^2$	FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 20 s
VI		-	-	FS $> 150 \text{ mm}$ em 20 s

FIGRA – Índice da taxa de desenvolvimento de calor.
 LFS – Propagação lateral da chama.
 THR600s – Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600 s de exposição às chamas.
 TSP600s – Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600 s de exposição às chamas.
 SMOGRA – Taxa de desenvolvimento de fumaça, correspondendo ao máximo do quociente de produção de fumaça do corpo de prova e o tempo de sua ocorrência.
 FS – Tempo em que a frente da chama leva para atingir a marca de 150 mm indicada na face do material ensaiado.

Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

Ensaio referente a este requisito não foram encontrados junto às empresas ou universidades consultadas.

4.2.2 Dificultar a propagação do incêndio

Este item busca avaliar as superfícies externas das fachadas, devendo estas serem classificadas de acordo com o item anterior.

Para as superfícies externas de fachadas, o enquadramento deve ser I ou II B.

4.2.3 Dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação

Este item busca controlar os riscos de propagação de incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação em caso de incêndio, devendo os sistemas estarem adequados à NBR 14432, podendo ser comprovados por ensaios realizados de acordo com a NBR 5628.

As paredes estruturais devem apresentar, no mínimo, 30 minutos de resistência ao fogo, para edifícios de até 5 pavimentos, mantendo estabilidade, estanqueidade e isolamento térmica.

Mediante essas condições, o tempo de resistência ao fogo é determinado pelo tempo em que o painel atinja de um dos parâmetros abaixo.

Para isolamento:

- temperatura média na face não exposta atinja 140°C acima da temperatura ambiente;

- temperatura em qualquer ponto da face não exposta atinja 180°C acima da temperatura ambiente.

Para estanqueidade:

- ocorrência de fissuras no painel através das quais seja possível a passagem de gases aquecidos capazes de inflamar uma bucha de algodão encharcada com álcool.

Para estabilidade:

- colapso do elemento.

Em caso de não ocorrência de nenhuma destas condições em até 4 horas de ensaio, o ensaio é interrompido e este tempo lhe é atribuído como tempo de resistência ao fogo (TRF).

Para verificação deste item foi analisado o Relatório Técnico nº04/2008, fornecido pela equipe do Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais - LEME - da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, solicitado pela empresa

Pauluzzi Produtos Cerâmicos Ltda., para blocos cerâmicos vazados de sua fabricação.

Este relatório foi elaborado com base em um ensaio que teve como objetivo determinar o tempo de resistência ao fogo de uma parede de blocos cerâmico, simulando uma situação real de incêndio, sendo o aquecimento da parede acompanhado da aplicação de cargas de serviço, de acordo com a NBR 5628.

O painel ensaiado foi submetido a uma temperatura de 900°C em uma das faces, sendo mantido sob carga axial de 6,25 tf/m, com termopares conectados para verificação da temperatura, podendo ser observado na figura 28.

Figura 28 - Painel de alvenaria com termopares conectados



Fonte: Relatório Técnico nº 04/2008 – LEME – UFRGS.

Após 4 horas de ensaio, não foi atingida nenhuma das condições limite, como pode ser verificado na tabela da figura 29.

Figura 29 - Tabela com resultados do ensaios de TRF

	Termopar						
	2	3	4	5	6	7	8
t (min)	Temperatura [°C]						
045 eq	504	368	262	151	137	56	60
060 eq	601	458	368	239	206	78	88
120 eq	671	542	480	349	299	96	124
240 eq	707	576	528	398	343	126	164

Parâmetros NBR 5628		Ensaio Laboratório		Estimativa TRF
Chumaço Algodão		Não inflamou		>4h
T _{média}	140 + 28°C	t (min)	***	
T _{máxima}	180 + 28°C		***	
		T _{máx} [°C]	164	
		t _{Tmáx} [min]	236	

Fonte: Relatório Técnico nº 04/2008 – LEME – UFRGS.

Portanto, de acordo com o Relatório Técnico analisado, pode-se afirmar que os blocos analisados atendem à NBR 15575-4 quanto ao requisito analisado.

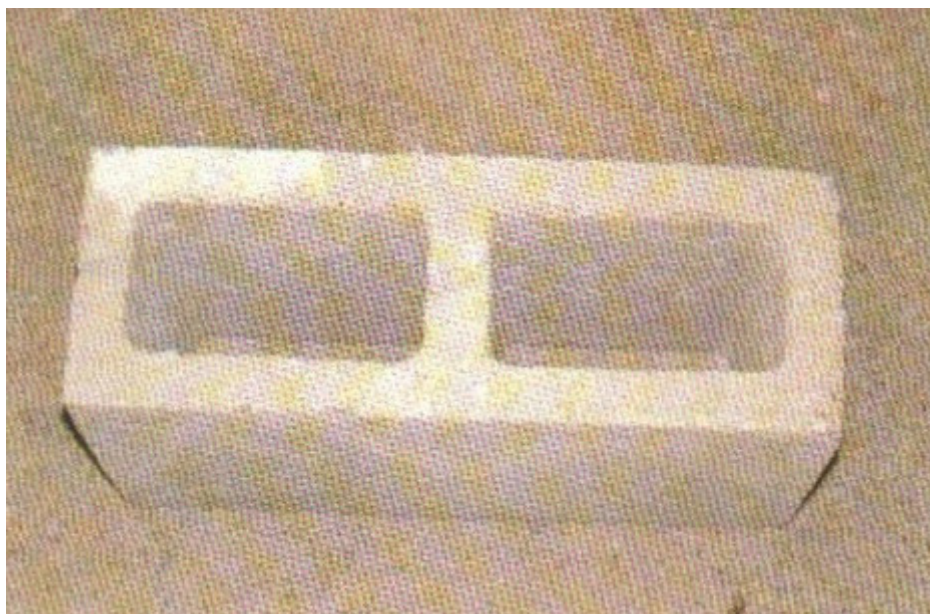
Ainda, obteve-se acesso ao Relatório Técnico nº07/2008, também fornecido pela equipe do Laboratório de Ensaio e Modelos Estruturais - LEME - da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, solicitado pela empresa TBS Sul Sistemas Construtivos e Arquitetônicos Ltda., para blocos vazados de concreto de 4MPa, de sua fabricação, que podem ser observados na figura 30.

A metodologia utilizada para o ensaio foi a mesma aplicada aos painéis de blocos cerâmicos, tendo como única diferença a carga axial aplicada de 4,8tf.

Foram ensaiados dois tipos de painéis, sendo um com de espessura final 17cm, dos quais 14cm do bloco, com revestimentos de argamassa estrutural de 1cm na face exposta ao calor e 2cm na face isolada. O outro painel apresentou espessura final de 14cm, sem revestimentos.

Os resultados alcançados pelos painéis são apresentados nas figuras 31 e 32, para o painel com revestimento e sem revestimento, respectivamente.

Figura 30 - Bloco de concreto utilizado para ensaio do tempo de resistência ao fogo



Fonte: Relatório Técnico nº 07/2008 – LEME – UFRGS.

Figura 31 - Resultados obtidos para tempo de resistência ao fogo em painel de blocos de concreto com revestimento

	Termopar						
	2	3	4	5	6	7	8
t[<i>mim</i>]	Temperatura [°C]						
045 eq	577	244	99	85	38	43	35
060 eq	613	331	101	108	44	53	42
120 eq	680	404	175	156	60	55	47
240 eq	720	473	314	251	73	76	97

Parâmetros NBR 5628		Ensaio Laboratório		Estimativa TRF
Chumaço de Algodão		Não inflamou		>4
T _{média}	140 + 19°C	t [min]	***	
T _{máxima}	180 + 19°C	T _{max} [°C]	100	
		t _{Tmax} [min]	252 eq	

Fonte: Relatório Técnico nº 07/2008 – LEME – UFRGS.

Figura 32 - Resultados obtidos para tempo de resistência ao fogo em painel de blocos de concreto sem revestimento

	Termopar						
	2	3	4	5	6	7	8
t[mim]	Temperatura [°C]						
045 eq	755	360	175	205	57	90	91
060 eq	838	443	258	279	71	90	91
120 eq	855	541	385	369	101	140	140
240 eq	861	582	449	406	100	158	159
Parâmetros NBR 5628		Ensaio Laboratório		Estimativa TRF			
Chumaço de Algodão		Não inflamou		>4			
T _{média}	140 + 19°C	t [min]	***				
T _{máxima}	180 + 19°C		***				
		T _{max} [°C]	162				
		t _{Tmax} [min]	244 eq				

Fonte: Relatório Técnico nº 07/2008 – LEME – UFRGS.

Portanto, de acordo com o verificado, tanto o painel com revestimento quanto o painel sem revestimento, apresentaram tempo de resistência ao fogo de 4 horas, deste modo, caracterizando o bloco de concreto analisado como de acordo com a NBR 15575-4, quanto a este requisito.

4.3 Segurança e uso na operação

Este item da norma busca assegurar que os ocupantes da edificação tenham condições seguras de utilização dos sistemas e componentes. Para isso deve ser verificada em projeto a inexistência de agentes agressivos, tais como pontos e bordas cortantes expostos, que ofereçam risco aos usuários

Além disso, rupturas, instabilidades ou quedas que possam colocar em risco ocupantes do imóvel, ou mesmo transeuntes às proximidades, devem inexistir. Logo, devem ser extintos acessos não controlados à locais com risco de quedas e pisos, rampas ou escadas com irregularidades nos pisos.

Estes fatores não se aplicam individualmente à cada sistema, mas sim, à edificação como um todo, devendo atender, de acordo com a NBR 15575-1, outras normas, como as NBR 5410 e 5419, para instalações elétricas e proteção de

estruturas contra descargas atmosféricas, NBR 13523 e NBR 15526, para centrais prediais e redes de gás, entre outras normas específicas.

Este item não é objeto de estudo do presente trabalho.

4.4 Estanqueidade

4.4.1 Infiltração de água nos sistemas de vedações verticais externas (fachadas)

Este item tem como objetivo garantir que as fachadas sejam estanques à água proveniente de chuvas, ou mesmo de outras fontes.

Para verificação deste item são consideradas condições de exposição, variando de acordo com a região brasileira em que se pretende utilizar o sistema. Estas regiões podem ser observadas na figura 33.

Figura 33 - Regiões brasileiras consideradas para ensaio de estanqueidade



Este fator indicará qual deverá ser a pressão estática utilizada no ensaio a ser realizado de acordo com o anexo C, da NBR 15575-4. Este ensaio consiste em submeter a face externa de uma parede à uma lâmina d'água contínua sob pressão, de acordo com a tabela de figura 34.

Figura 34 - Pressões estáticas correspondentes às regiões brasileiras

Região do Brasil	Condições de ensaio de paredes	
	Pressão estática Pa	Vazão de água L/min/m ²
I	10	3*
II	20	
III	30	
IV	40	
V	50	

(*) Conforme item 12.3.2, coberturas são ensaiadas com as mesmas pressões acima, todavia com a vazão de 4 litros / minuto / m²
 Nota: Para edificações térreas, com beirais de no mínimo 0,50 m de projeção, a pressão estática do ensaio pode ser reduzida de 10 Pa nas regiões II a V

Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

O ensaio deverá ter duração de 7 horas, com vazão constante de 3 litros/minuto/m², bem como pressão estática constante, sendo que ao final deste período deve-se encerrar a aplicação d'água e de pressão.

A condição para aceitação do sistema é o alcance do nível de desempenho mínimo, dado por um percentual máximo de áreas manchadas de umidade na face oposta à aplicação d'água e pressão. Estes percentuais, bem como outros níveis de desempenho, podem ser observados na tabela da figura 35.

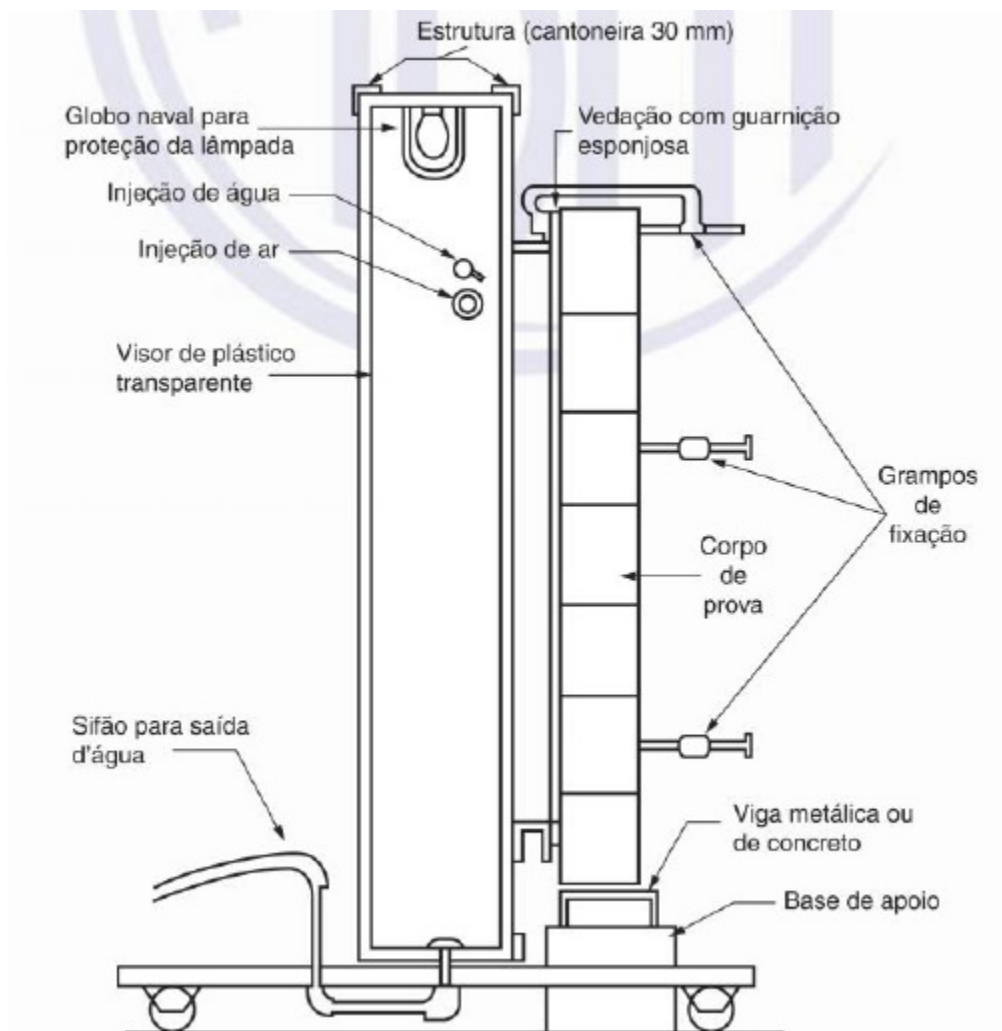
Figura 35 - Percentuais máximos aceitáveis de áreas manchadas e níveis de desempenho referentes à ensaio de estanqueidade

Edificação	Tempo de ensaio h	Percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta à incidência da água, em relação à área total do corpo de prova submetido à aspersão de água, ao final do ensaio	Nível de desempenho
Térrea (somente a parede de vedação)	7	10	M
		Sem manchas	I; S
Com mais de um pavimento (somente a parede de vedação)	7	5	M
		Sem manchas	I; S
Esquadrias		Devem atender à ABNT NBR 10821-3	M

Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

A NBR 15-575-4 traz, em seu anexo C, um esquema de montagem do corpo de prova para o ensaio, como pode ser visto na figura 36.

Figura 36 - Esquema de corpo de prova para ensaio



Fonte: NBR 15575-4 – Edificações habitacionais desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - ABNT. (2013)

Ensaio referente a este requisito não foram encontrados junto às empresas ou universidades consultadas.

Entretanto, na prática, verifica-se que, na região, vem se utilizando outra metodologia para este ensaio, tendo esta sido desenvolvida na UFRGS e apresentando algumas variações do método de ensaio descrito na NBR 15575-4.

No ensaio, realizado de acordo com a metodologia da UFRGS, o período de ensaio de 4,5 horas é dividido em duas partes, sendo que na primeira parte o corpo de prova é exposto por 2,5 horas a uma vazão suficiente para criar um filme d'água

sobre a sua superfície, sem aplicação de pressão estática. Na segunda parte do ensaio, com duração de 2 horas, a vazão d'água é a mesma descrita na metodologia do anexo C da NBR 15575-4, ou seja, 3 litros/minuto/m², porém com pressão estática aplicada de 260Pa.

Obteve-se acesso a um relatório de ensaio seguindo a metodologia da UFRGS, realizado no CIENTEC, de nº 142166, de 1994, onde são apresentados os resultados para o ensaio de 3 paredes de alvenaria com dimensões médias aproximadas de 195cmx119cmx16,5cm (altura x comprimento x espessura). Estas eram compostas por blocos cerâmicos da empresa Pauluzzi, de dimensões 28x18x14cm (comprimento x altura x espessura), sendo estes assentados com argamassa no traço 1:3:12 (cimento, cal e areia). O revestimento da face de exposição foi realizado com salpique de cimento e areia, sobre o qual foi aplicado um reboco com traço em volume 1:2:8 (cimento, cal e areia), totalizando em aproximadamente 2,5cm de espessura. Não foi aplicada pintura sobre esta face. A face oposta recebeu pintura de cal, visando, exclusivamente, a melhor visualização da ocorrência de manchas de umidade.

Os resultados obtidos foram expressos em uma tabela que pode ser observada na figura 37.

Figura 37 - Resultados de ensaio de estanqueidade, segundo método da UFRGS

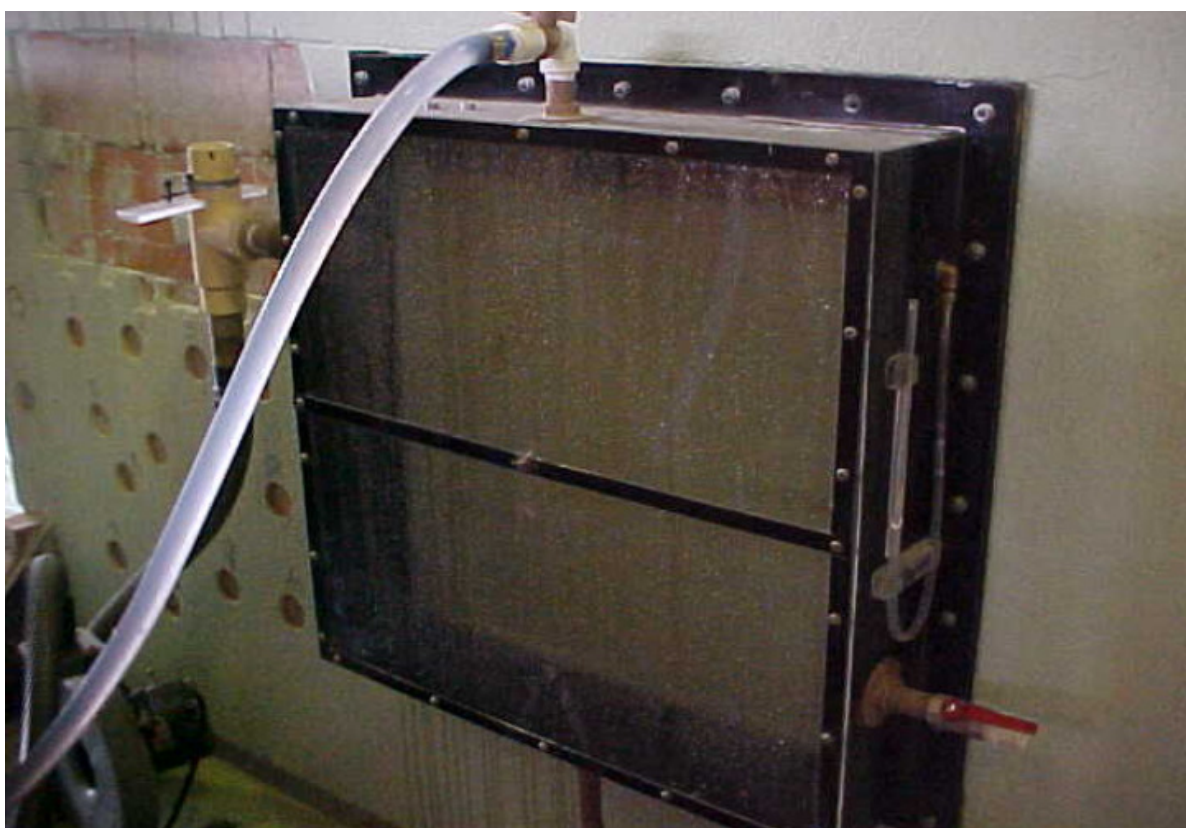
Fases	Tempo (minuto)	Observação		
		Parede 1	Parede 2	Parede 3
I	5	Não surgiram manchas de umidade	Não surgiram manchas de umidade	Não surgiram manchas de umidade
	15			
	30			
	60			
	90			
	120			
II	5	Não surgiram manchas de umidade	Não surgiram manchas de umidade	Não surgiram manchas de umidade
	15			
	30			
	60			
	90			
	120			

Ainda foi analisado o Relatório de Ensaio nº 1999/1533/001, também realizado no CIENTEC, de acordo com a metodologia UFRGS, solicitado pela empresa Saibrita Mineração e Construção Ltda. Neste ensaio foram executadas 3 paredes em alvenaria confeccionadas com blocos estruturais de concreto 14x39x19cm, assentados com argamassa com traço 1:4 (cimento: argamassa de areia e cal pré-misturada). Para os revestimentos das faces externa e interna foi utilizado reboco no traço 1:5 (cimento:areia e cal pré-misturada), não sendo especificadas as espessuras no relatório.

Para estas paredes confeccionadas com blocos de concreto não foi observada a ocorrência, em nenhum dos intervalos de tempo, de manchas de umidade na face oposta à face onde foi aplicada água.

Na figura 38 pode ser observada a câmara de ensaio acoplada a um dos corpos de prova.

Figura 38 - Câmara de ensaio acoplada à corpo de prova



Fonte: http://www.gerenciamento.ufba.br/Disciplinas/Inova%C3%A7%C3%A3o_Tecnologica/AULA%201%202010%20-%20Industralizacao,%20Racionalizacao%20e%20Desempenho%20e.pdf

Pode-se observar ao analisar os resultados destes ensaios, que não houve a ocorrência de manchas na face oposta à face exposta à água. Entretanto, não é possível afirmar que o enquadramento no nível de desempenho Intermediário ou Superior, conforme a figura 35, seria possível, pois mesmo que a severidade da aplicação de pressão do método UFRGS seja de maior que 5 vezes a até 26 vezes o indicado no anexo C da NBR 15575-4, o tempo de aplicação da mesma, é 3,5 vezes menor, bem como o tempo total do ensaio é inferior. Para realização deste enquadramento seria necessário um estudo comparativo entre os dois métodos, para sua posterior validação como método de avaliação do requisito em questão.

4.4.2 Umidade nas vedações verticais externas e internas decorrente da ocupação do imóvel

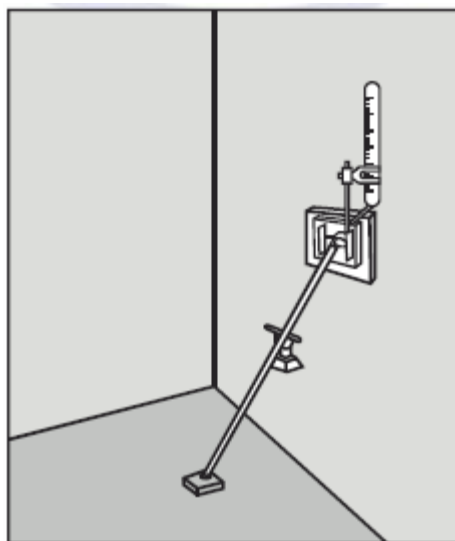
Este item tem como objetivo garantir que não haja infiltração d'água através das faces de paredes de áreas molháveis e molhadas.

Para que este item seja atendido é necessário que, em uma área de 34x16cm não penetre quantidade de água superior à 3cm³ em um período de 24h. Além disso, para ambientes contíguos a áreas molháveis e molhadas, não pode haver presença de umidade perceptível à distância de 1 metro da face oposta da parede de área molhável ou molhada.

Para verificação deste item, deve-se realizar ensaio de permeabilidade, de acordo com o anexo D da NBR 15575-4. Neste ensaio, uma área da parede é submetida à presença d'água com pressão constante. Deste modo, utiliza-se uma câmara com formato de caixa, com dimensões internas de 34x16cm, acoplada à parede, como pode-se observar na figura 39. Esta deve estar conectada a uma bureta graduada, devendo ser realizados registros do nível da mesma aos 30 min, 1h, 2h, 4h, 6h e 24h.

De modo a avaliar este item, obteve-se os Relatórios de Ensaio nº 84305 e 84306 do Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC – da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, onde foram expostos os resultados obtidos através de ensaios laboratoriais em paredes de blocos cerâmicos da empresa Pauluzzi, composta por blocos de 7 e 10 MPa, sendo as mesmas analisadas nos itens 4.1.3 e 4.1.4.

Figura 39 - Câmara para ensaio de permeabilidade com bureta graduada acoplada à parede



Fonte: NBR 15575-4 – Edificações habitacionais desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - ABNT. (2013)

Os ensaios foram realizados de acordo com o anexo D, tendo seus resultados expostos nas tabelas das figuras 40 e 41, para as paredes compostas por blocos de 7 e 10MPa, respectivamente. O ensaio realizado no LMCC pode ser observado na figura 42.

Figura 40 - Resultados para ensaio de permeabilidade - Parede composta por blocos de 7MPa

Tempo	Volume infiltrado (cm³)	Volume infiltrado acumulado (cm³)	Observações
30 min	1,2	1,2	Sem mancha na face oposta
1 hora	0,5	1,7	Sem mancha na face oposta
2 horas	0,5	2,2	Sem mancha na face oposta
4 horas	0,5	2,7	Sem mancha na face oposta
6 horas	0,5	3,2	Sem mancha na face oposta
24 horas	0,8	4,0	Sem mancha na face oposta

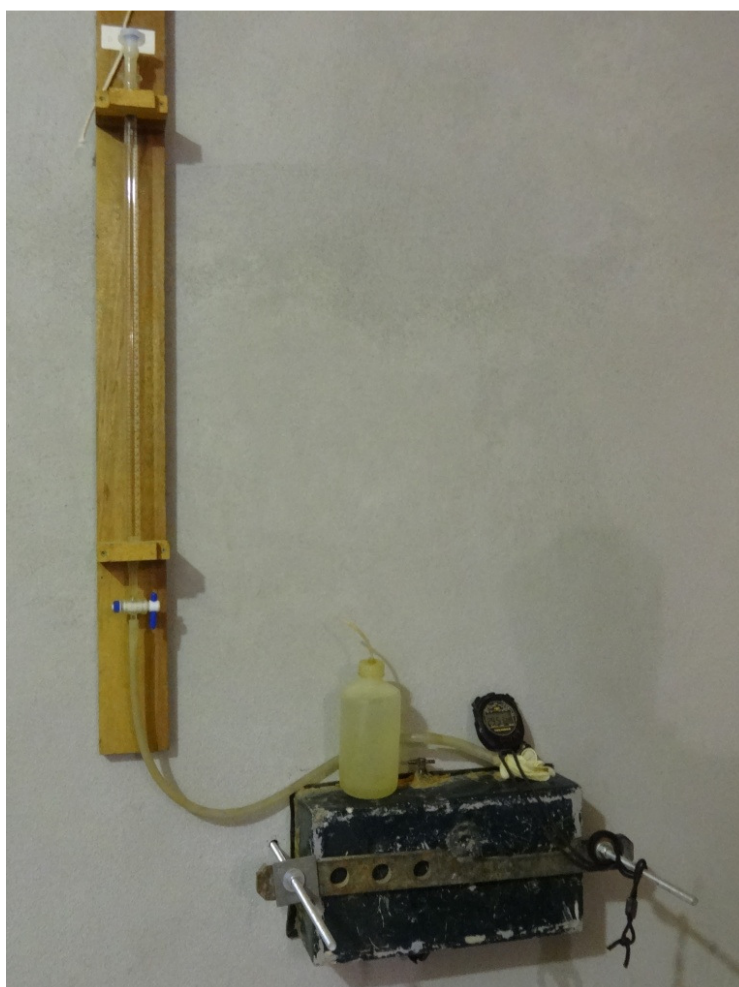
Fonte: Relatório de Ensaio nº 84305/2013 – LMCC – UFSM.

Figura 41- Resultados para ensaio de permeabilidade - Parede composta por blocos de 10MPa

Tempo	Volume infiltrado (cm³)	Volume infiltrado acumulado (cm³)	Observações
30 min	0,3	0,3	Sem mancha na face oposta
1 hora	0,5	0,8	Sem mancha na face oposta
2 horas	1,0	1,8	Sem mancha na face oposta
4 horas	0,6	2,4	Sem mancha na face oposta
6 horas	1,0	3,4	Sem mancha na face oposta
24 horas	1,0	4,4	Sem mancha na face oposta

Fonte: Relatório de Ensaio nº 84305/2013 – LMCC – UFSM.

Figura 42 - Ensaio de permeabilidade realizado no LMCC



Fonte: imagem elaborada pelo autor.

De acordo com o observado nos relatórios, não foi constatado o surgimento de manchas de umidade perceptível na face oposta à exposta à água, quando a 1 metro da face observada, fazendo com que este item apresente desempenho satisfatório quanto ao critério de estanqueidade de vedações verticais em contato com áreas molháveis.

Entretanto, as medições de volume d'água infiltrado na parede, realizadas periodicamente, indicaram, ao final de 24 horas, volumes infiltrados acumulados de 4 e 4,4cm³, respectivamente para as paredes compostas por blocos de 7 e 10MPa. Este volume é considerado inadequado frente à quantidade máxima de 3cm³ absorvidos em um período de 24 horas, indicada pela NBR 15575-4, fazendo com que estes sistemas não atinjam o nível de desempenho mínimo exigido para o requisito de umidade nas vedações verticais decorrente da ocupação do imóvel.

4.5 Desempenho térmico

4.5.1 Adequação de parede externas

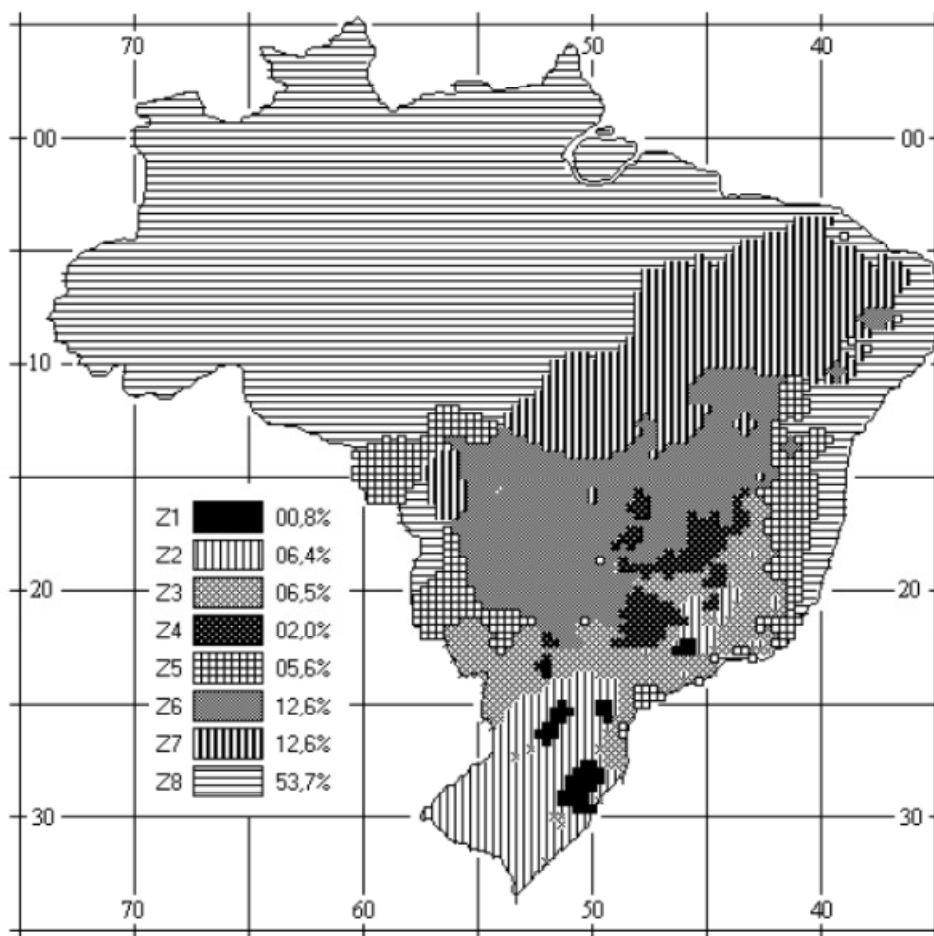
Este item tem como objetivo garantir que as paredes externas apresentem transmitância térmica que proporcione o desempenho estabelecido, conforme a tabela da figura 43, de acordo com a zona bioclimática correspondente (ver figura 44).

Figura 43 - Transmitância térmica admitida de acordo com as zonas bioclimáticas

Transmitância térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5
^a α é absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: NBR 15575-4 – Edificações habitacionais desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - ABNT. (2013)

Figura 44 - Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: http://www.labeee.ufsc.br/antigo/conforto/textos/termica/parte3_SET2004.htm

A transmitância térmica deve ser calculada de acordo com os métodos apresentados na NBR 15220-2.

Para verificação do desempenho quanto a este item, foi analisado o relatório nº 53950, do Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC – da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, solicitado pela empresa TECMOLD Ind. e Com. Ltda., para blocos de concreto vazados, com dimensões de 39 cm de comprimento, 19 cm de altura e 14 cm de espessura. Estes foram assentados com argamassa com a espessura de 1 cm nas faces laterais, superior e inferior. O revestimento da parede foi executado com argamassa de cimento e areia com espessura de 2 cm, resultando numa espessura total de 16 cm.

Para esta parede foram calculados os valores, apresentados pela tabela da figura 45. Foi considerada absorvância (α) como 0,30 (cor clara).

Figura 45 - Parâmetros térmicos para a parede analisada

Seção	R_T (amb.a amb) ($m^2.K/W$)	U ($W/m^2.K$)	C_t (KJ/m^2K)	ϕ (hs)	FS (%)
Parede de Bloco de Concreto	0,3407	2,94	231	3,83	3,5

Fonte: Relatório nº 53950/2010 – LMCC – UFSM

Onde:

R_t = resistência térmica ambiente a ambiente;

U = transmitância térmica;

C_t = capacidade térmica;

ϕ = atraso térmico;

FS = fator solar.

Portanto, para os requisitos quanto à transmitância térmica, o valor obtido de $2,94W/m^2.K$, com absorvância de 0,30, é inferior a $3,7W/m^2.K$, sendo este o nível mínimo para aceitação nas zonas bioclimáticas de 3 a 8, enquadrando-se na norma. Entretanto, para as zonas bioclimáticas 1 e 2, às quais a grande parte do estado do Rio Grande do Sul se enquadra, a exigência é de $U \leq 2,5 W/m^2.K$, fazendo com que este elemento não esteja de acordo com a norma.

Também, neste item da norma, são referenciados os níveis mínimos admissíveis para a capacidade térmica, sendo esta uma relação entre a quantidade de calor fornecida e a variação de temperatura sofrida por um corpo.

Para isto deve-se obedecer aos valores apresentados na tabela da figura 46, levando em consideração o zoneamento bioclimático brasileiro (figura 44).

Figura 46 - Valores mínimos para capacidade térmica de acordo com zoneamento bioclimático brasileiro

Capacidade térmica (CT) $kJ/m^2.K$	
Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem requisito	≥ 130

Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

Para verificação deste item quanto ao desempenho, fez-se o uso do mesmo relatório utilizado para verificação da transmitância térmica, tendo seus resultados sido expressos através da figura 45.

Logo, temos que o valor obtido de 231KJ/m².K é superior ao valor de 130KJ/m².K, exigido para aceitação em todas zonas bioclimáticas, à exceção da zona 8, que não possui requisitos. Portanto, é verificada a adequação à norma, quanto a este item para o material ensaiado.

4.5.2 Aberturas para ventilação

Este item da norma tem por objetivo garantir a existência de aberturas com dimensões adequadas para proporcionar ventilação adequada, sendo aplicado somente aos ambientes de longa permanência, como salas e dormitórios.

Para que isto ocorra, deve-se atender a legislação específica do local onde a obra está sendo executada ou, na falta desta, deve-se seguir o que é prescrito na tabela apresentada na figura 47.

Figura 47 - Áreas mínimas de aberturas para ambientes de permanência prolongada

Nível de desempenho	Aberturas para ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7 - Aberturas médias	Zona 8 - Aberturas grandes
Mínimo	$A \geq 7\%$ da área de piso	$A \geq 12\%$ da área de piso - Região Norte do Brasil $A \geq 8\%$ da área de piso - Região Nordeste e Sudeste do Brasil
Nota: Nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.		

Fonte: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 - CBIC. (2013)

Este item deve ser verificado em projeto, independentemente do sistema construtivo adotado, logo não cabe a ele avaliação laboratorial.

4.6 Desempenho acústico

Para verificação do isolamento acústico entre unidades autônomas e dependências de uma unidade, a NBR 15575-4 estabelece parâmetros acústicos e métodos para verificação dos mesmos.

Os métodos podem ser de precisão, realizados em laboratório, de engenharia, realizados em campo, ou mesmo simplificados realizados em campo.

Os parâmetros acústicos, bem como às normas as quais são referenciados e sua aplicação, podem ser observados na tabela da figura 48.

Figura 48 - Parâmetros acústicos

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
R_w	Índice de redução sonora ponderado	ISO 10140-2 ISO 717-1	Componentes, em laboratório
$D_{nT,w}$	Diferença padronizada de nível ponderada	ISO 140-4 ISO 717-1	Vedações verticais e horizontais internas, em edificações (paredes etc.)
$D_{2m,nT,w}$	Diferença padronizada de nível ponderada a 2 m de distância da fachada	ISO 140-5 ISO 717-1	Fachadas, em edificações Fachadas e coberturas em casas térreas e sobrados
<p>NOTA Como as normas ISO referenciadas não possuem versão em português, foram mantidos os símbolos nelas consignados com os seguintes significados: R_w – índice de redução sonora ponderado (<i>weighted sound reduction index</i>). $D_{nT,w}$ – diferença padronizada de nível ponderada (<i>weighted standardized level difference</i>). $D_{2m,nT,w}$ – diferença padronizada de nível ponderada a 2 m (<i>weighted standardized level difference at 2 m</i>).</p>			

Fonte: NBR 15575-4 – Edificações habitacionais desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - ABNT. (2013)

4.6.1 Níveis de ruído permitidos na habitação

Este item tem por objetivo garantir a adequação das vedações externas quanto à diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada.

Para esta verificação deve-se realizar um ensaio através de um dos métodos de campo, devendo as medições ser realizadas com portas e janelas fechadas.

Para adequação deste item, os resultados obtidos devem estar de acordo com o indicado na tabela da figura 49, conforme a classe de ruído em que a edificação se enquadra. Estes valores são válidos apenas para vedações externas de dormitórios.

Figura 49 - Valores de referência para diferença de nível ponderada a 2m de distância, para ensaios de campo

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ dB
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 20
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 30
NOTA 1 Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há requisitos específicos. NOTA 2 Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias, há necessidade de estudos específicos.		

Fonte: NBR 15575-4 – Edificações habitacionais desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - ABNT. (2013)

Conforme apresentado, para situação crítica deste requisito, em regiões sujeitas a ruído intenso, o valor de diferença de nível ponderada a 2 metros de distância é de no mínimo 30dB. A Norma ainda prevê a necessidade de estudos específicos em casos de proximidade de aeroportos, estádios, ferrovias e rodovias, sendo estes grandes geradores de ruídos e exigindo melhor desempenho da construção.

Ensaio referentes a este requisito não foram encontrados junto às empresas ou universidades consultadas.

4.6.2 Diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação entre ambientes, verificada em ensaio de campo

Este item tem por objetivo garantir a adequação das vedações quanto à diferença padronizada de nível ponderada.

Para esta verificação deve-se realizar um ensaio através de um dos métodos de campo, devendo as medições ser realizadas com portas e janelas fechadas.

Para adequação deste item, os resultados obtidos devem estar de acordo com o indicado na tabela da figura 50, conforme a localização da parede na edificação.

Figura 50 - Valores de referência para diferença de nível ponderada entre ambientes, para ensaios de campo

Elemento	$D_{nT,w}$ dB
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	≥ 40
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	≥ 45
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	≥ 40
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	≥ 30
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥ 45
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i> ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	≥ 40

Fonte: NBR 15575-4 – Edificações habitacionais desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - ABNT. (2013)

Como pode ser observado, este item tem como ponto crítico as paredes entre unidades autônomas, quando pelo menos um dos ambientes for dormitório, e paredes cegas entre uma unidade habitacional e área comum de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, devendo apresentar o valor de, no mínimo, 45dB para diferença de nível ponderada entre ambientes, quando ensaiado em campo.

Ensaio referentes a este requisito não foram encontrados junto às empresas ou universidades consultadas.

Entretanto, a NBR 15575-4 apresenta em seu anexo F, valores de referência para índice de redução sonora ponderado (R_w), sendo estes obtidos em ensaios de laboratório. Deste modo, os itens 4.6.1 e 4.6.2 podem ser analisados com valores de ensaios laboratoriais (R_w).

Assim, fez-se o uso dos Relatórios de Ensaio nº 83658, 83659, 83660, 83661, 83869, 83870, 83871 e 83872/2013, onde foram analisados ensaios realizados em paredes de alvenaria com blocos cerâmicos estruturais 14x19x29cm de 7 e 10MPa, sendo estas ensaiadas em osso (sem revestimento em ambos os

lados), com revestimento externo de 2,5cm, com revestimento externo e interno de 2,5 e 1cm, respectivamente, e com revestimento externo e interno de 2,5 e 1cm, respectivamente, preenchida com areia no interior dos blocos.

As medições foram realizadas na câmara reverberante do Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, que possui volumes de 67m³ (emissão) e 60m³ (recepção), sendo construídas em concreto armado com 30cm de espessura, estando apoiadas sobre borrachas especiais antivibração (figura 51), possuindo ainda portas duplas com chapas de aço de 12,7mm de espessura, com borracha de vedação em seu entorno, representada esquematicamente na figura 52.

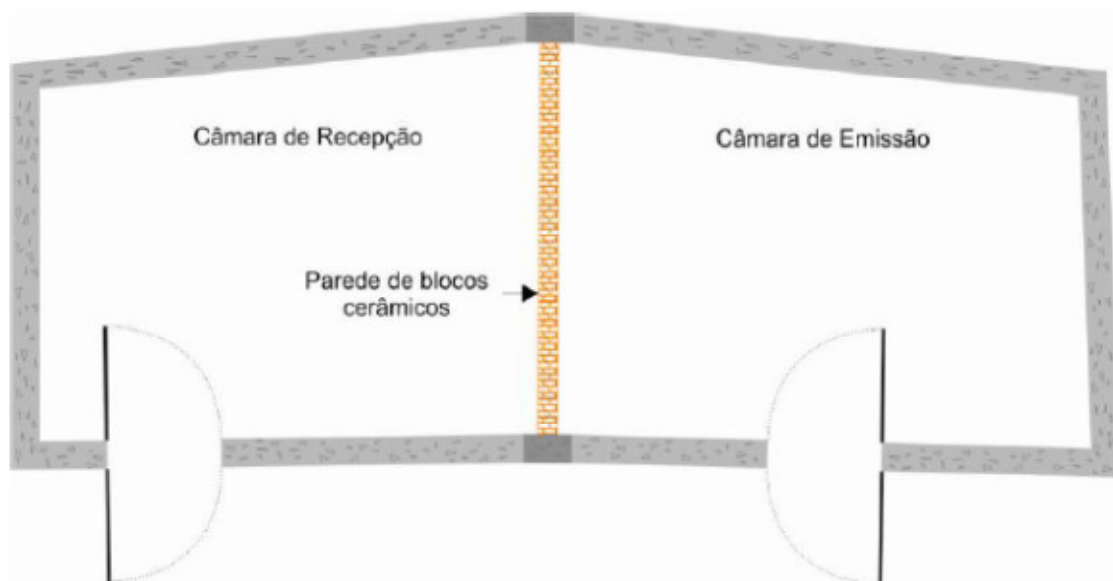
As paredes foram construídas na abertura interna da câmara reverberante, servindo de separação entre as câmaras de emissão e recepção, apresentando as dimensões de 4,12x3,20 metros, sendo assentadas com argamassa de assentamento estrutural de 4MPa.

Figura 51 - Borracha antivibração utilizada para apoio da câmara reverberante



Fonte: imagem elaborada pelo autor.

Figura 52 - Representação esquemática da câmara reverberante do LMCC



Fonte: Relatórios de Ensaio nº 83658, 83659, 83660, 83661, 83869, 83870, 83871 e 83872/2013 do LMCC da UFSM.

Os resultados obtidos para todas as paredes são expressos através da tabela da figura 53.

Figura 53 - Resultados expressos pelos relatórios analisados para Índice de redução ponderado - R_w

Resistência dos blocos (MPa)	Descrição da parede	Índice de redução ponderado - R_w (dB)
7	Parede em osso	37
	Parede com revestimento externo	40
	Parede com revestimento externo e interno	41
	Parede com revestimento interno e externo preenchida com areia	49
10	Parede em osso	37
	Parede com revestimento externo	40
	Parede com revestimento externo e interno	41
	Parede com revestimento interno e externo preenchida com areia	53

Fonte: Figura elaborada pelo autor, com base nos dados dos Relatórios de Ensaio nº 83658, 83659, 83660, 83661, 83869, 83870, 83871 e 83872/2013 do LMCC da UFSM.

Deste modo, pode-se verificar o atendimento dos elementos em questão à NBR 15575-4, através das tabelas apresentadas nas figuras 54 e 55, para os

quesitos de ruídos permitidos na edificação (fachadas) e diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, respectivamente.

Figura 54 - Valores para índice de redução sonora ponderado (R_w) e níveis de desempenho correspondentes, obtidos em ensaios de laboratório, para fachadas

Classe de ruído	Localização da habitação	R_w^* dB	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 35	M
		≥ 40	I
		≥ 45	S

(*) valores aproximados / ordem de grandeza para potencial atendimento na situação real de campo

Fonte: NBR 15575-4 – Edificações habitacionais desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - ABNT. (2013)

Portanto, tem-se, que para fachadas, todos os sistemas ensaiados atendem ao nível mínimo de desempenho exigido, que, no pior enquadramento, é de 35dB, ou mais, sendo o mínimo obtido de 37dB para índice de redução sonora ponderado.

Para vedações entre ambientes, o requerimento mínimo crítico é o relativo a paredes entre unidades autônomas, quando pelo menos um dos ambientes for dormitório, e paredes cegas entre uma unidade habitacional e área comum de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, sendo este de 50dB. Portanto, nenhum dos sistemas, com exceção do composto por blocos de 10MPa, preenchidos com areia, atingiu este parâmetro.

Figura 55 - Valores para índice de redução sonora ponderado (R_w) e níveis de desempenho correspondentes, obtidos em ensaios de laboratório, para vedações entre ambientes

Elemento	R_w dB ^a	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥ 45	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i>	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
NOTA Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ($D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório (R_w). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ver ISO 15712 e EN 12354). ^a R_w com valores aproximados.		

Fonte: NBR 15575-4 – Edificações habitacionais desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - ABNT. (2013)

Também obteve-se acesso ao Relatório de Ensaio nº 43211/2009 do Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, solicitado pela empresa TBS Sul Sistemas Construtivos e Arquitetônicos Ltda., para blocos estruturais de concreto de dimensões 14x19x39cm, de 4MPa. Com estes foi executada parede revestida com reboco de

argamassa industrializada de 2cm de espessura no lado externo e 1cm de espessura no lado interno.

Sendo aplicada a mesma metodologia dos ensaios realizados em blocos cerâmicos, obteve-se como resultado o Índice de redução sonora (R_w) de 42dB. Este valor é considerado adequado quanto aos parâmetros apresentados anteriormente para fachadas, porém inadequado quanto aos requisitos mínimos críticos para vedações entre ambientes.

Ainda foi analisado o relatório nº 53709/2010 fornecido pelo Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, solicitado pela empresa Tecmold Ind. e Com. Ltda., para blocos estruturais de concreto 14x19x39cm, não sendo informada sua resistência. Com estes foi confeccionada parede revestida em apenas um dos lados por reboco de 2cm de espessura, resultando em uma espessura final de 16cm.

Figura 56 - Resultados expressos pelo relatório analisado

Frequência (Hz)	Índice de Redução Acústica (R), expresso em dB
100	34,1
125	36,2
160	34,4
200	36,8
250	33,9
315	37,4
400	37,9
500	41,1
630	44,5
800	47,3
1000	48,7
1250	50,4
1600	55,0
2000	53,4
2500	55,0
3150	57,3
R_w (dB)	46,0

A metodologia utilizada neste ensaio, bem como o local onde o ensaio foi realizado, são os mesmos descritos nos relatórios analisados anteriormente para este requisito.

Os resultados obtidos são expressos na tabela da figura 56.

O valor de 46dB, apresentado na figura 56, é considerado adequado quanto aos parâmetros apresentados anteriormente para fachadas, porém inadequado quanto aos requisitos mínimos críticos para vedações entre ambientes.

É válido lembrar que, como para este ensaio foi utilizado revestimento em apenas em uma face da parede, ainda é possível obter um parâmetro mais elevado, fazendo uso de revestimento nas duas faces, com os mesmos materiais utilizados.

4.7 Durabilidade e manutenibilidade

4.7.1 Paredes externas

Este item tem por objetivo garantir que as vedações verticais externas, bem como seus revestimentos, não apresentem deslocamentos, fissuras ou falhas, que venham a comprometer seu funcionamento, devido a ciclos de exposição ao calor e resfriamento que possam vir a sofrer durante a vida útil do sistema.

Para verificação deste item, deve-se realizar ensaio laboratorial de acordo com o anexo E, da NBR 15575-4.

Este ensaio consiste em expor um corpo de prova (painel de alvenaria) à temperatura de 80°C, devendo esta temperatura ser mantida por 1 hora. Após este período o painel deve ser resfriado até 20°C. Este ciclo deve ser realizado 10 vezes, devendo ser registradas a ocorrência de fissuras, trincas, entre outras deteriorações no corpo de prova, bem como o deslocamento horizontal ocorrido no corpo de prova quando a temperatura estiver estabilizada em 80°C a 45 minutos e imediatamente após o resfriamento.

Para estarem de acordo com a NBR 15575-4, os corpos de prova ensaiados não podem apresentar deslocamento horizontal superior a $h/300$, sendo h a altura

do elemento ensaiado, além de falhas, fissuras, destacamentos e outros danos que comprometam a utilização.

Ensaio referentes a este requisito não foram encontrados junto às empresas ou universidades consultadas.

4.7.2 Vida útil de projeto dos sistemas de vedações verticais internas e externas

Os sistemas de vedações verticais internas e externas devem apresentar características funcionais e estéticas durante a vida útil de projeto, de acordo com o anexo C da NBR 15575-1.

Para assegurar o atendimento à NBR 15575-4, a vida útil de projeto dos sistemas de vedações verticais deve ser igual ou superior ao apresentado na tabela da figura 57, além de serem submetidos a manutenções preventivas e/ou corretivas.

Figura 57 - Vida útil de projeto para os sistemas e níveis de desempenho correspondentes

Sistema	VUP anos		
	Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 17	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 25	≥ 30

* Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

Fonte: NBR 15575-4 – Edificações habitacionais desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - ABNT. (2013)

Há de se manter atenção à dualidade apresentada por sistemas de vedações verticais com função estrutural, devendo estes apresentar vida útil de projeto correspondente à função que possuem.

Este item deve ser verificado em projeto, independentemente do sistema construtivo adotado, logo não cabe a ele avaliação laboratorial.

4.7.3 Manutenibilidade dos sistemas de vedações verticais internas e externas

Este item tem como objetivo garantir a realização das manutenções necessárias aos sistemas de vedações verticais, afim de manter seu desempenho ao longo da vida útil de projeto.

Para isto, a realização das manutenções preventivas e corretivas devem ser realizadas de acordo com o estabelecido pelo manual de uso, operação e manutenção, ou quando houver necessidade, evitando que falhas que não comprometem o sistema, venham a comprometê-lo no futuro.

O manual de uso, operação e manutenção deve ser elaborado pelo projetista de acordo com a NBR 14037, enquanto as manutenções devem ser geridas de acordo com a NBR 5674.

4.8 Outras requisitos apresentados pela NBR 15575-4

Outros requisitos quanto à desempenho lumínico, saúde, conforto antropodinâmico e adequação ambiental, são citados pela NBR 15575-4 fazendo referência à NBR 15575-1, não sendo parte do objeto de estudo do presente trabalho.

5 CONCLUSÃO

Não há dúvidas que a NBR 15575 – Norma de Desempenho – é uma grande incentivadora do aumento da qualidade na construção civil brasileira e será responsável por muitas evoluções em produtos e sistemas construtivos, culminando em habitações mais sustentáveis, seguras e duráveis. Entretanto, conforme o observado, muitas exigências ainda não são inteiramente cumpridas pelos fornecedores, ocorrendo ainda, em alguns casos, a inexistência desta preocupação por parte de alguns fornecedores, apesar da Norma já acumular grande histórico e, atualmente, não podendo ser considerada mais uma novidade por parte dos envolvidos no setor.

Para alguns dos ensaios analisados, como os de estanqueidade há de se fazer adendos quanto às metodologias utilizadas e/ou resultados obtidos.

No caso dos requisitos quanto ao desempenho estrutural, este não apresenta muitas variáveis desconhecidas do sistema já consagrado que é a alvenaria estrutural, com vasta bibliografia e normas de projeto e execução amplamente difundidas, sendo estas o grande referencial para obras baseadas neste sistema. Quanto aos ensaios analisados, referentes a este item, verifica-se que impactos e suporte a cargas não apresentam problemas ao sistema, sendo estes mais preocupantes em casos de sistemas leves e sistemas não consagrados.

A segurança contra incêndio vem sendo, principalmente depois dos recentes fatos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul, uma preocupação crescente na região. Apesar da falta do ensaio que determina o Índice de propagação superficial de chama, o item analisado de tempo de resistência ao fogo foi enquadrado no nível de desempenho máximo, sugerindo um bom desempenho em situações de incêndio, tanto para blocos cerâmicos, quanto para blocos de concreto. Apesar de, em alguns casos, não ter sido apresentado revestimento, em caso de utilização, este deve ser considerado, bem como tintas utilizadas, podendo estes serem responsáveis por propagação da chama ou emissão de gases.

Quanto aos requisitos de estanqueidade, como citado na análise do item Infiltração de água nos sistemas de vedações verticais, verificou-se a diferente metodologia aplicada no ensaio obtido da referenciada na NBR 15575-4, sendo necessários estudos comparativos para verificar sua adequação à apresentada na

mesma. Os resultados apresentados para permeabilidade como inadequados, provavelmente não remetem à realidade apresentada nas edificações, pois foram realizados sem a presença de pintura, sendo esta a responsável pela estanqueidade das paredes e que, provavelmente, se de qualidade e aplicada corretamente no sistema, resultaria em uma permeabilidade muito reduzida e de acordo com o estabelecido na NBR 15575-4.

Os requisitos de desempenho térmico são claramente os mais sensíveis quando aplicados ao sistema construtivo de alvenaria estrutural, tanto para blocos cerâmicos quanto para blocos de concreto, tendo sido demonstrado pelo relatório obtido para blocos de concreto, e apesar de não constar, tem-se conhecimento de relatórios em que blocos cerâmicos também não apresentam desempenho satisfatório, para as regiões onde os requisitos são mais exigentes, sendo este o caso da maior parte do estado do Rio Grande do Sul. Deste modo, para atingir os patamares desejados deve-se utilizar materiais ou métodos alternativos que contribuam para estes requisitos, sem influenciar negativamente em outros.

Para análise do desempenho acústico foi utilizado ensaio laboratorial para obtenção de parâmetro capaz de relacionar-se aos estabelecidos em métodos de campo previstos na NBR 15575-4. Assim, verificou-se que as condições críticas são encontradas em paredes entre unidades autônomas, quando pelo menos um dos ambientes for dormitório e paredes cegas entre uma unidade habitacional e área comum de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas. De acordo com os métodos mais praticados para o sistema de alvenaria estrutural, apresentando revestimento interno e externo, observou-se a dificuldade em atender os parâmetros exigidos.

Logo, como tentativa de atingir o desempenho foi necessário lançar mão do emprego de outros tipos de materiais, não utilizados convencionalmente no sistema. Assim, foram preenchidos os vazados dos blocos com areia industrial visando a obtenção de maior índice de redução sonora, como de fato ocorreu, inclusive tendo sido atingido o nível mínimo exigido pela NBR 15575-4 de 50dB.

Esta prática é válida e pode ser utilizada, entretanto, deve-se observar a interferência desta sobre outros requisitos da própria Norma de desempenho, bem

como a influência no projeto estrutural, proveniente da adição de peso próprio à estrutura.

Como foi possível observar, a quantidade de ensaios para avaliação dos requisitos que não foram encontrados foi considerável, sendo este um reflexo não apenas da falta de preparação dos fornecedores, já que é de sua responsabilidade a caracterização de desempenho do seu produto, bem como dos projetistas a incumbência de solicitá-los, mas também de laboratórios que não possuem estruturas necessárias à realização dos ensaios exigidos. Entretanto, fornecedores sérios e idôneos, como os que forneceram material para este trabalho, vem buscando a caracterização de seus produtos e adequação dos mesmos à NBR 15575.

Deste modo, a caracterização de desempenho com finalidade de atendimento à NBR 15575, bem como a busca por materiais e métodos alternativos para obtenção do desempenho exigido é um campo amplo e praticamente inexplorado da construção civil, sendo a Norma um marco de uma esperada transição, onde os insumos fornecidos serão plenamente confiáveis e sua boa utilização dependerá apenas de profissionais qualificados e dispostos a utilizá-los corretamente.

6 BIBLIOGRAFIA

AGNES, C.; HELFER, I. Normas para apresentação de trabalhos acadêmicos. 9. ed. atualizada. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15575:1 Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos Gerais*. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15575:2 Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos para os sistemas estruturais*. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15575:4 Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE*. Rio de Janeiro, 2013.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes. O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Acesso em Maio de 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-25092008-094741/>.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). *Desempenho de edificações habitacionais - Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013*. Brasília: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *Relatório de Ensaio nº 1999/01533/001*, 1999.

FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *Relatório de Ensaio nº 142166*, 1994.

GIBSON, E. J. *Working with the performance approach in building*. Rotterdam, 1982.

Júnior, I. F. (2012). Em nova consulta pública, NBR 15575 busca consenso. (A. Santos, Entrevistador). Acesso em Maio de 2013, disponível em

<http://www.cimentoitambe.com.br/em-nova-consulta-publica-nbr-15575-busca-consenso/>.

http://www.gerenciamento.ufba.br/Disciplinas/Inova%C3%A7%C3%A3o_Tecnologica/AULA%201%202010%20-%20Industralizacao,%20Racionalizacao%20e%20Desempenho%20e.pdf.

KISS, P (2010). *Você sabe o que é SINAT?* Acesso em Maio de 2013, disponível em <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/150/editorial-voce-sabe-o-que-e-sinat-151677-1.asp>.

Sachs, A., & Nakamura, J. Desempenho revisado. *Téchne*, Ed. 192, 72p, 2013.

Spekkink, D. *Performance Based Design: Bringing Vitruvius up to date*. Rotterdam, 2005.

Silva, M. A. (2009). *Norma de desempenho - NBR 15575 - e seu impacto sobre o projeto*. Acesso em Maio de 2013, disponível em http://www.asbea.org.br/download/Apresentacao_MariaAngelica_23_10_2009.pdf.

Silva, M. A. (2010). NBR 15575 impõe novos desafios à construção civil. (A. Santos, Entrevistador). Acesso em Maio de 2013, disponível em <http://www.cimentoitambe.com.br/nbr-15575-impoe-novos-desafios-a-construcao-civil/>.

Silva, M. A. (2012). Norma de desempenho vira protagonista no Concrete Show. (A. Santos, Entrevistador). Acesso em Maio de 2013, disponível em <http://www.cimentoitambe.com.br/norma-de-desempenho-vira-protagonista-no-concrete-show/>.

Tamaki, L. Vale o desempenho. *Téchne*, Ed. 158, 80p, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 43211*, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 53709*, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 53950*, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 83658*, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 83659*, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 83660*, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 83661*, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 83869*, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 83870*, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 83871*, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 83872*, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 84305*, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Materiais de Construção Civil. *Relatório de Ensaio nº 84306*, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Laboratório de Ensaos e Modelos Estruturais. *Relatório Técnico nº04/2008*, 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Laboratório de Ensaos e Modelos Estruturais. *Relatório Técnico nº07/2008*, 2008.