Desempenho de Contêineres Metálicos para Instalações Provisórias em Canteiros de Obras

Francisco Ferreira Cardoso
Adriana Gouveia Souza Rodrigo
Paula Venticinque Pompeu de Toledo Soares

1. Introdução

O uso de contêineres metálicos fabricados em aço para abrigo de atividades humanas ocorre no Brasil desde os anos 1980, inclusive em canteiros de obras. Nos anos recentes, coincidindo com o crescimento do setor da construção civil, houve uma mudança da qualidade dos produtos oferecidos no mercado. Paralelamente, se expandiu o reaproveitamento de contêineres marítimos não mais adequados ao transporte de cargas. Tal uso tem crescido motivado por fatores com impactos econômicos, como a rápida velocidade de montagem e a possibilidade de reuso, e também porque vão ao encontro dos objetivos de sustentabilidade perseguidos pelas empresas.

Para Birbojm (2001), as vantagens das instalações provisórias nos contêineres metálicos são flexibilidade, possibilidade de reuso, independência da fundação, facilidade de transporte, grande resistência a intempéries, curto tempo de montagem e desmontagem e grande número de arranjos internos, além da possibilidade de empilhamento, que reduz as necessidades de áreas no canteiro. A grande desvantagem,

porém, é o pouco conforto, seguido dos custos iniciais mais elevados e limitações de marketing (as construções em madeira são mais facilmente adaptadas para visibilidade e divulgações, que são comuns, por exemplo, nos estandes de vendas).

Para os módulos sanitários, os contêineres mostram-se práticos, já que vêm completamente prontos, necessitando apenas de ligação com as redes. Por outro lado, a desvantagem é que, para contêineres que chegam montados na obra, deve-se prever o acesso de sua chegada e retirada, limitando as possibilidades de posicionamento. Outra limitação refere-se ao custo de locação, que pode inviabilizar o aluguel de contêineres para períodos muito longos. Já no caso da compra do contêiner, surge a necessidade da retirada dessa estrutura ao final da obra, podendo ser levada para outra edificação ou para um depósito.

Os contêineres marítimos trazem o risco de contaminação, conforme discutido em reportagem sobre o assunto (BARBOZA, 2015). Outro fator a ser considerado no reaproveitamento de contêineres marítimos é o peso elevado, maior que o dobro do peso de um contêiner construído para módulo habitável, fato que dificulta a logística de instalação, movimentação e desinstalação do canteiro de obras.

De todas as desvantagens de um contêiner, a mais marcante e que o estigmatiza é o desconforto, sobretudo térmico, mas também acústico, característica que associa o seu uso ao condicionamento artificial de ar e consequente gastos energéticos. Ideia que permanece mesmo se sabendo que o desempenho térmico pode ser melhorado pelo uso de revestimentos especiais das envoltórias, como mostra o trabalho de Costa (2015).

Como nas construções de caráter permanente, também nas provisórias a questão da sustentabilidade ambiental e social vem ganhando importância. Instalações com condições inadequadas de trabalho, normalmente, também estão associados a desperdícios de água e energia. Ainda sob o ponto de vista ambiental, é condenável o descarte e a não reutilização das instalações provisórias.

Além da questão do desempenho térmico e acústico, as instalações provisórias devem apresentar desempenho estrutural adequado, assim como oferecer estanqueidade à água. Na verdade, deve-se tratar o desempenho de tais instalações de forma sistêmica, semelhante à maneira como se tratam hoje as construções de caráter permanente, com a introdução da norma NBR 15575, conhecida como Norma de Desempenho.

Nesse contexto, o objetivo deste capítulo é discutir o desempenho de contêineres metálicos para instalações provisórias em canteiros de obras e apresentar a proposição de requisitos e critérios que contribuam para o seu correto projeto, fabricação, transporte e uso. O estudo aqui desenvolvido baseia-se no trabalho de Cardoso et al. (2013).

2. Tipologia dos Contêineres Metálicos

Antes de se avançar no assunto, é preciso estabelecer uma tipologia de contêineres metálicos, no intuito de definir o tipo de contêiner que vai se abordado.

Os contêineres metálicos para instalações provisórias em canteiros de obras podem ser classificados:

- Quanto à origem: marítimos reaproveitados ou fabricados com finalidade específica;
- Quanto ao sistema estrutural: em estrutura reticulada, dotada de pilares, com fechamentos verticais sem função estrutural ou módulos cujos fechamentos verticais, em chapa de aço galvanizada dobrada formada a frio de seção trapezoidal, atuam também como estrutura. Ambos são dotados de plataforma formada por longarinas e transversinas que, no caso do segundo tipo, é responsável por, praticamente, toda a resistência do conjunto;
- Quanto ao uso e flexibilidade dos espaços internos: modelo vão livre, sem nenhuma divisória interna, utilizável, por exemplo, como escritório, depósito de materiais e vestiário ou modelo suíte, com banheiro e divisórias internas, podendo ser utilizado como escritório ou, ainda, modelo sanitário, com divisórias internas, bacias sanitárias, chuveiros, mictórios e pias; etc.;
- Quanto ao isolamento térmico oferecido: sem ou com isolamento, dotados de diferentes graus de desempenho.

O mercado oferece atualmente diferentes gamas de produtos, que se diferenciam tanto pelo sistema estrutural como pelo desempenho oferecido, com impactos significativos nos custos de locação e comercialização. Em termos de características dos produtos, além da questão estrutural e do uso dos espaços internos, é preciso considerar elementos como: os revestimentos nas paredes e isolamentos térmico e acústico, esquadrias de portas e janela, etc.

Outras variações podem ser observadas, como a forma de acesso ao produto – comprados ou alugados ou obtidos sob a forma de comodatos. Finalmente, embora se fale em contêineres “metálicos”, o metal utilizado é o aço.

Esse capítulo discute o desempenho de contêineres metálicos do tipo estrutura reticulada em aço, usados para instalações provisórias em canteiros de obras e fabricados com a finalidade específica de servirem a esse propósito. No que se refere ao uso e à flexibilidade dos espaços internos, as exigências de desempenho pouco variam. Quanto à presença do isolamento térmico, observa-se cada vez mais que as exigências de desempenho levam ao seu uso em um número crescente de produtos oferecidos ao mercado.

O contêiner em estrutura reticulada apresenta a vantagem de poder se combinar tanto horizontalmente quanto verticalmente, podendo, ainda, ser empilhável de modo semelhante ao dos contêineres marítimos.

Em relação ao tempo de uso, tal tipo de instalação é considerado de uso prolongado, uma vez que é ocupado como espaço de trabalho durante o dia todo e por períodos que variam de dias a semanas, meses ou mesmo a poucos anos. Por outro lado, tem caráter transitório, visto ser utilizado e depois transferido para uso em outro local.

3. Requisitos e Critérios de Desempenho para a Avaliação Técnica de Contêineres de Aço

Discute-se a seguir diretrizes para a avaliação técnica de módulo tridimensional de aço do tipo contêiner empilhável usado em instalações provisórias para canteiros de obras, trazendo elementos que colaborem para o projeto de módulos capazes de atender às novas necessidades do mercado.

Tomou-se como base a norma ABNT NBR 15.575 – Edificações Habitacionais – Desempenho (2013) e o documento europeu ETAG 023:2006 – *Guideline for European Technical Approval of Prefabricated Building Units*, semelhante a uma Diretriz para Avaliação Técnica de Produtos do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT) do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Definiu-se o tipo de módulo tridimensional estudado como o tradicionalmente utilizado em canteiros de obras nos países desenvolvidos e que, em visitas a obras e fabricantes brasileiros, mostrou-se um produto de oferta e uso crescentes no país (RODRIGO et al., 2015).

3.1 Caracterização do Módulo Tridimensional

O objeto a ser avaliado é o módulo tridimensional empilhável do tipo estrutura reticulada em aço, para uso em canteiros de obras, predominantemente em áreas administrativas e de vivência, do tipo contêiner de aço.

Do ponto de vista estrutural, são possíveis quatro tipos de módulo, que dão origem a diferentes combinações de montagem, conforme a Figura 1:

- Módulo tipo A – Unidade isolada, que funciona apoiada sobre o terreno e é capaz de se combinar com outros módulos apenas horizontalmente;
- Módulo tipo B – Unidade de baixo, que funciona apoiada sobre o terreno e é capaz de se combinar com outros módulos tanto horizontalmente quanto verticalmente para cima. A capacidade de suporte vertical Módulo tipo B deve ser declarada (no caso da Figura 1, até três módulos).

- Módulo tipo C – Unidade intermediária, que funciona apoiada em um Módulo tipo B e é capaz de se combinar com outros módulos tanto horizontalmente quanto verticalmente para cima e para baixo. A capacidade de suporte vertical Módulo tipo C deve ser declarada (no caso da Figura 1, até dois módulos).
- Módulo tipo D – Unidade de cobertura, que funciona apoiada em um Módulo tipo B ou em um Módulo tipo C e é capaz de se combinar com outros módulos tanto horizontalmente quanto verticalmente para baixo.

Figura 1 – Tipos de combinação vertical de módulos.

O empilhamento vertical e a conexão horizontal de módulos possibilitam a realização de diferentes arranjos espaciais, bem como a adaptabilidade do conjunto ao longo da duração da obra, por meio de ampliação, redução e rearranjo da combinação dos módulos.

O módulo é composto pelos seguintes materiais, componentes e elementos, nem todos necessariamente empregados:

- estrutura em aço com proteção anticorrosiva, é constituída por perfis dobrados formados a frio em diferentes configurações, com espessuras abaixo de 1 mm (0,47 mm, 0,65 mm e 0,80 mm) e aço com resistência mínima de escoamento de 230 MPa, constituída por estrutura vertical (Estrutura), chassi inferior (Piso), chassi superior (Cobertura). Em alguns casos, o conjunto inclui apoios, de altura variável, usualmente em aço, para elevar o módulo e para vencer desníveis do terreno;

- sistemas de fixação constituídos de parafusos, rebites e chumbadores: fixação entre módulos, fixação do módulo ao apoio, fixação entre perfis de aço com parafusos ou rebites, fixação das chapas das vedações aos perfis de aço com parafusos ou rebites, fixação das telhas à estrutura da Cobertura, etc.;
- Vedações Verticais Externas e Internas (VVEI), sem função estrutural, usualmente feitas em chapa de aço dobrada formados a frio de seção trapezoidal, com espessuras abaixo de 1 mm (0,47 mm, 0,65 mm e 0,80 mm) e com proteção anticorrosiva e eventual pintura, habitualmente complementadas com isolante térmico e absorvente acústico em suas faces internas. Outras soluções para as vedações verticais, com ou sem isolante térmico e absorvente acústico, podem ser consideradas, desde que atinjam os níveis mínimos de desempenho previstos, garantindo a habitabilidade do módulo;
- vedação horizontal superior montada no chassi superior (Cobertura), usualmente em chapa de aço dobrada formados a frio de seção trapezoidal (telha), com espessuras abaixo de 1 mm (0,47 mm, 0,65 mm e 0,80 mm), proteção anticorrosiva e eventual pintura, habitualmente complementadas com isolante térmico em sua face interna. Deve prever sistema para captação e escoamento de águas pluviais no caso dos Módulos dos tipos A e D;
- vedação horizontal inferior montada no chassi inferior (Piso), composta por revestimentos de piso em materiais diversos, como compensado naval ou outros derivados da madeira, revestimento de mantas vinílicas ou borracha. No caso de vedação horizontal inferior em contato com o solo, devem ser consideradas as ações externas específicas (Módulos dos tipos A e B), já no caso de pisos em áreas molhada, deve-se prever tratamento antifungos e impermeabilização (os revestimentos não fazem parte do objeto de avaliação da presente diretriz);
- isolantes térmicos, como poliuretano, poliestireno, placas de lã de rocha ou de lã de vidro, ou outros materiais. Tais componentes não fazem parte do objeto de avaliação da presente diretriz;
- materiais absorventes acústicos, como placas de lã de rocha ou lã de vidro e fibras cerâmicas. Esses elementos, no entanto, não fazem parte do objeto de avaliação da presente diretriz;
- componentes de acabamento interno de diferentes procedências, como placa cimentícia, régua de PVC (*siding*), chapa de OSB (*Oriented Strand Board*) e chapa de gesso acartonado (*drywall*). No caso de uso de placas de

lã de rocha ou de lã de vidro, elas devem ser combinadas com material de acabamento interno adequado. Esses componentes, porém, não fazem parte do objeto de avaliação da presente diretriz;

- pinturas externas, compatíveis com os componentes estruturais e de vedação, que não serão objetos de avaliação da presente diretriz;
- pinturas e texturas internas, compatíveis com os componentes estruturais e de vedação, que não serão objetos de avaliação da presente diretriz;
- portas e janelas em aço, alumínio, PVC ou outro material, com ou sem vidros embutidos. Tais componentes não fazem parte do objeto de avaliação da presente diretriz;
- instalações elétricas, normalmente passadas pela estrutura e fixadas externamente nas vedações pelas suas faces internas, sendo adequadamente aterradas. Deve-se prever conexão externa para entrada da energia, quadro interno, disjuntores, uma ou duas tomadas internas, interruptores e luminárias; além da instalação de aparelho de ar condicionado, se for o caso. Tais instalações não fazem parte do objeto de avaliação da presente diretriz;
- instalações hidrossanitárias, no caso de módulo sanitário ou de apoio que exija a presença de água (copas e cozinhas), deve haver ponto de entrada de água e ponto de saída de esgoto, para conexões com redes. O módulo pode prever caixa inferior de dejetos, eventualmente com o uso de químicos; nesse caso, a conexão com o esgoto não é necessária. Essas instalações não fazem parte do objeto de avaliação da presente diretriz.

Os tipos de perfis de aço formados a frio que estruturam o módulo podem assumir diversas seções transversais, mas devem atender às dimensões mínimas e tolerâncias dimensionais estabelecidas na NBR 6355. A resistência de escoamento do aço deve estar de acordo com as exigências constantes na NBR 6673. No caso dos painéis de vedação, deve ainda observar a NBR 15253.

O aço utilizado nos perfis pode ter dois tipos de revestimento: zincado ou alumínio-zinco, ambos aplicados por processo contínuo de imersão a quente. Como o revestimento garante o desempenho à corrosão, deve-se demonstrar que todos os elementos estruturais em aço possuem tal proteção.

Qualquer outro material ou componente pode ser empregado mediante identificação de suas características, segundo normas técnicas pertinentes ou critérios específicos, e mediante comprovação de adequação com o desempenho esperado do módulo.

3.2 Requisitos e Critérios de Desempenho

Os requisitos de desempenho aqui definidos estão alinhados com os da NBR 15575, em suas diferentes partes, e estão organizados nos seguintes temas, que expressam as exigências dos usuários relativas à segurança, à habitabilidade e à sustentabilidade do módulo e das instalações dos canteiros de obras que o empregam:

1. Desempenho estrutural;
2. Segurança contra incêndio;
3. Segurança no uso e operação;
4. Funcionalidade e acessibilidade;
5. Conforto tátil e antropodinâmico;
6. Desempenho térmico;
7. Desempenho acústico;
8. Desempenho lumínico;
9. Estanqueidade à água;
10. Durabilidade e manutenibilidade;
11. Saúde, higiene e qualidade do ar;
12. Adequação ambiental: gestão de resíduos;
13. Adequação ambiental: gestão da energia;
14. Adequação ambiental: gestão da água;
15. Adequação ambiental: escolha de materiais.

Os requisitos e seus respectivos critérios de desempenho são apresentados nos itens 1 a 15, a seguir, preferencialmente sob a forma de quadros comentados. Cada requisito refere-se a um ou mais dos subsistemas do módulo.

3.2.1 Desempenho Estrutural

Os requisitos de desempenho estrutural visam assegurar o atendimento, durante a vida útil de projeto do módulo e sob as diversas condições de exposição (como ação do peso próprio; sobrecargas de utilização; atuações do vento; ações de transporte, montagem e desmontagem; e outros), às seguintes características do módulo:

- não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;
- prover segurança aos usuários em situações como a ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da sua utilização normal;
- não provocar sensação de insegurança aos usuários devido a deformações de seus elementos;
- não prejudicar as manobras normais de partes móveis, tais como portas e janelas, nem prejudicar o funcionamento normal das instalações como consequência das deformações dos elementos estruturais.

Em vista disso, o Quadro 1 traz o conjunto de exigências relacionadas ao desempenho estrutural.

Quadro 1 – Conjunto de exigências relacionadas ao desempenho estrutural.

Requisito		Critério	Aplicação	Indicador	Origem
1.1	Resistência estrutural e estabilidade global	Estado limite último	Estrutura Piso Cobertura VVEI	Resistência e estabilidade estrutural	NBR 15575-2 ETAG 023 (4.1, 5.1 e 6.1)
1.2	Deformação	Estado limite de serviço	Estrutura Piso Cobertura VVEI	Não deformar excessivamente	NBR 15575-2 NBR 15575-4 ETAG 023 (4.1, 5.1 e 6.1)
1.3	Impactos de corpo mole	Energia de impacto mínima (J)	Estrutura Piso Cobertura VVEI	Resistência e deslocamentos instantâneo e residual	NBR 15575-2 NBR 15575-4
1.4	Solicitação de cargas verticais concentradas	Resistência a cargas verticais concentradas	Piso Cobertura	Resistência e deslocamento	NBR 15575-3
1.5	Solicitação de cargas provenientes de peças suspensas	Capacidade de suporte para peças suspensas	VVEI	Inexistência de danos quando submetido à carga de peça suspensa	NBR 15575-4
1.6	Solicitações transmitidas por portas para as vedações verticais	Ações transmitidas por fechamentos bruscoss de portas	VVEI	Resistência do acoplamento e da folha da porta	NBR 15575-4
1.7	Cargas de ocupação em guarda-corpos	Resistência a ações estáticas horizontais, verticais e de impactos	Guarda-corpos	Resistência do guarda-corpo	NBR 15575-4
1.8	Possibilidade de caminhamento na Cobertura	Resistência a cargas concentradas	Cobertura acessível ao usuário para efeito de montagem e manutenção	Carga vertical concentrada mínima e forma de deslocamento das pessoas	NBR 15575-5

Deve ser elaborado o cálculo estrutural específico para o módulo, por profissional habilitado, com a respectiva memória de cálculo. No caso de Vedações Verticais Internas e Externas (VVEI) estruturais, o espaçamento entre montantes, a quantidade de travessas, bloqueadores e de barras de contraventamento dependerão de cada projeto específico.

As VVEI, a vedação horizontal superior (Cobertura) e a vedação horizontal inferior (Piso) podem ser consideradas como componentes de contraventamento.

As cargas laterais (cargas de vento) devem ser consideradas conforme a NBR 6123, já o deslocamento horizontal no topo do módulo deve atender ao critério estabelecido na NBR 14762.

A memória de cálculo deve apresentar hipóteses de cálculo, cargas consideradas, verificação da estabilidade dos perfis, conforme a NBR 14762, dimensionamento de chumbadores de fixação do Piso ao apoio de fundação e dimensionamento das fixações entre módulos, no caso do empilhamento vertical.

Em relação à Cobertura, é preciso considerar o peso próprio dos materiais e cargas de vento característica da região mais crítica prevista para uso do módulo, atentando para a resistência das fixações entre perfis e para o espaçamento e espessura dos mesmos.

Na avaliação do requisito Deformação, sob a ação de cargas gravitacionais, de temperatura, de vento ou quaisquer outras solicitações passíveis de atuarem sobre o módulo, os componentes estruturais (perfis de aço) não devem apresentar deslocamentos maiores que os estabelecidos nas normas de projeto estrutural, estipuladas pela NBR 14762 e pela NBR 15575-2. Também não devem impedir o livre funcionamento de componentes como portas e janelas, nem prejudicar o funcionamento das instalações.

3.2.2 Segurança Contra Incêndio

Os requisitos de segurança contra incêndio são pautados em proteger a vida dos ocupantes, evitar a propagação de inflamação generalizada, proporcionar meios de controle e extinção do incêndio e dar condições de acesso ao corpo de bombeiros, incluindo a minimização de risco de colapso estrutural.

O Quadro 2 traz o conjunto de exigências relacionadas à segurança contra incêndio.

Quadro 2 – Conjunto de exigências relacionadas à segurança contra incêndio.

Requisito		Critério	Aplicação	Indicador	Origem
2.1	Dificuldade de inflamação generalizada	Propagação superficial da chama	VVEI Piso Cobertura	Índice máximo de propagação superficial (Ip)	NBR 15575-3 NBR 15575-5
2.2	Facilidade de fuga	Densidade específica ótica de fumaça	VVEI Piso Cobertura	Densidade máxima específica ótica de fumaça (Dm)	NBR 15575-3 NBR 15575-5
2.3	Minimização de risco de colapso estrutural	Resistência ao fogo	Estrutura Piso Cobertura	Resistência ao fogo	NBR 15575-1

3.2.3 Segurança no Uso e Operação

O módulo deve ser fabricado e as combinações de módulos devem ser projetadas de forma a prover segurança no uso e operação.

É necessário dar atenção especial às instalações elétricas, em conformidade com as normas pertinentes, no intuito de evitar choques e incêndios. O projeto deve impedir que o usuário se machuque, seja por esbarrar em quinas ou superfícies cortantes, seja por escorregar ou tropeçar (em frestas e desníveis).

O Quadro 3 traz o conjunto de exigências relacionadas à segurança no uso e operação.

Quadro 3 – Conjunto de exigências relacionadas à segurança no uso e operação.

Requisito		Critério	Aplicação	Indicador	Origem
3.1	Segurança na utilização	Partes expostas cortantes ou perfurantes	Módulo	Inexistência de partes expostas cortantes ou perfurantes	NBR 15575-1
3.2	Resistência ao escorregamento	Coefficiente de atrito dinâmico de revestimentos cerâmicos	Piso	Coefficiente de atrito dinâmico mínimo	NBR 15575-3
3.3	Segurança na circulação	Inexistência de desníveis e frestas abruptos	Piso	Medidas máximas de desnível e de fresta	NBR 15575-3
3.4	Segurança nas instalações	Prevenção de choques elétricos e de descargas atmosféricas	Módulo	Condições de aterramento e isolamento	NBR 15575-6

3.2.4 Funcionalidade e Acessibilidade

O desempenho do módulo, no que se refere à funcionalidade e acessibilidade, depende do atendimento às exigências cabíveis da NR 18 – Condições e meio ambiente do trabalho na indústria da construção e da NBR 12.284 – Área de vivência em canteiros de obra, relativas às condições e ao meio ambiente de trabalho.

Outros requisitos de caráter não obrigatório podem ser estabelecidos.

No que tange à funcionalidade, seu desempenho depende da flexibilidade que oferece para diferentes configurações de arranjo, capaz de acomodar os diversos ambientes de trabalho de uma instalação provisória de canteiro de obras: escritórios de dimensões variadas, sala de reuniões, copa, almoxarifados, vestiários, banheiros, etc. Além disso, deve ser capaz de se combinar com outros módulos horizontalmente e, em casos específicos, verticalmente (ver Figura 1 e diferentes tipos de módulos quanto à combinação do ponto de vista estrutural).

Conforme a destinação do módulo, ele deve ser capaz de atender a necessidades como a coleta e condução de água de chuva (Módulos tipo A e D da Figura 1), o abastecimento de água fria e quente e o esgotamento de água servida e esgoto. Além disso, deve prever sistemas de acoplamento adequado a redes de energia, água potável, drenagem e esgoto, conforme o caso.

Quanto ao mobiliário, deve-se dar preferência para porta de correr, no caso de armários acoplados ao módulo.

O projeto tem a necessidade de prever meios para manutenção segura da cobertura, quando se tratar de Unidade de cobertura (Módulo tipo D).

No que se refere à acessibilidade, o módulo deve possibilitar sua adaptação para portadores de deficiência física ou pessoas com mobilidade reduzida, incluindo a instalação provisória do canteiro de obras como um todo.

O Quadro 4 traz a exigência relacionada à funcionalidade e acessibilidade de caráter não obrigatório.

Quadro 4 – Exigência relacionada à funcionalidade e acessibilidade.

Requisito		Critério	Aplicação	Indicador	Origem
4	Condições e meio ambiente de trabalho	Condições e meio ambiente de trabalho	Módulo	Atendimento à legislação	NR 18 (seção 18.4) NBR 15575-1

3.2.5 Conforto Tátil e Antropodinâmico

O desempenho do módulo, no que se refere ao conforto tátil e antropodinâmico, depende da adequação ergonômica de dispositivos de manobra (trincos, puxadores,

cremonas, guilhotinas, portas, janelas, torneiras, registros e descargas), bem como de medidas para evitar riscos de quedas.

O Quadro 5 traz o conjunto de exigências relacionadas ao conforto tátil e antropodinâmico.

Quadro 5 – Conjunto de exigências relacionadas ao conforto tátil e antropodinâmico.

Requisito		Critério	Aplicação	Indicador	Origem
5.1	Conforto tátil e adaptação ergonômica	Adequação ergonômica de dispositivos de manobra e força para acionamento	Módulo	Conforto tátil e adaptação ergonômica Força e torque máximos para acionamento de dispositivos de manobra	NBR 15575-1
5.2	Homogeneidade e planicidade	Regularidade superficial	Piso	Ausência de irregularidades na superfície	NBR 15575-3

3.2.6 Desempenho Térmico

A NBR 15575 permite que o desempenho térmico do módulo seja avaliado de forma isolada ou segundo uma combinação dessas estruturas, a depender do canteiro de obras. As exigências aqui mencionadas referem-se ao módulo de forma isolada. É indispensável ressaltar, ademais, que as exigências de desempenho térmico estabelecidas na NBR 15575 reportam-se às características bioclimáticas das diferentes regiões brasileiras definidas na NBR 15220-3. Desse modo, os requisitos de desempenho às quais o módulo deve responder dependem da região ou das regiões onde é empregado.

As vedações externas (VVE e Cobertura) devem se adequar para propiciar bom desempenho térmico. Para tanto, é preciso considerar sua transmitância e capacidade térmica, de acordo com a NBR 15520-2.

Para atender aos requisitos 6.1 e 6.2 (Quadro 6), são aceitos cálculos simplificados (Procedimento Simplificado). Caso o módulo não atenda às exigências do Procedimento Simplificado, deve-se proceder à sua análise de acordo com simulação computacional, que comprove a melhoria das condições de temperatura de verão e inverno em seu interior (6.3) (Procedimento de Simulação), ou à realização de medições em protótipo, que comprovem o desempenho térmico do módulo (Procedimento de Medição).

Outro critério a ser avaliado refere-se às aberturas mínimas de ventilação a serem consideradas nas VVE (6.4).

Quadro 6 – Conjunto de exigências relacionadas ao desempenho térmico.

Requisito		Critério	Aplicação	Indicador	Origem
6.1	Resistência térmica	Transmitância térmica – U (W/m ² K)	VVE Cobertura	Valor máximo admissível de transmitância térmica U	NBR 15575-4 NBR 15575-5
6.2	Inércia Térmica	Capacidade Térmica – CT (kJ/m ² K)	VVE Cobertura	Valor mínimo da capacidade térmica CT	NBR 15575-4
6.3	Desempenho no verão e inverno (Procedimento de Simulação)	Temperatura no verão e no inverno	Módulo	Temperatura máxima de verão e mínima de inverno	NBR 15575-1
6.4	Permeabilidade do ar	Área de abertura para ventilação	VVE	Área mínima de abertura para ventilação	NBR 15575-4 NR 18 (18.4.1.3)

3.2.7 Desempenho Acústico

O projeto do módulo deve considerar, para o nível de ruído externo, um valor que seja compatível com o esperado para uma obra de grande porte. Em função desse nível, e de modo a alcançar o desempenho acústico exigido, o módulo deve oferecer um isolamento sonoro proporcionado por produtos dispostos em suas Vedações Verticais Externas (VVE) e Cobertura. Considerando os ruídos aéreos internos, da mesma forma, produtos são dispostos em suas Vedações Verticais Internas (VVI).

Para verificação do atendimento ao requisito de isolamento sonora, pode-se optar por realizar medições do isolamento em campo ou em laboratório, cujos critérios de desempenho são diferentes.

Em ambientes onde a inteligibilidade da fala é necessária, ou onde estejam previstas atividades com grande fluxo de pessoas falando, como o caso dos refeitórios e salas de reunião, pode-se planejar um sistema de absorção acústica para melhoria da qualidade do som.

O Quadro 7 traz o conjunto de exigências relacionadas ao desempenho acústico.

Quadro 7 – Conjunto de exigências relacionadas ao desempenho acústico.

Requisito		Critério	Aplicação	Indicador	Origem
7.1	Isolação ao som aéreo da envoltória (ensaio de campo)	Diferença padronizada de nível ponderada a 2 m – D2m, nT, W	VVE Cobertura	Diferença padronizada de nível ponderada a 2 m da envoltória mínima – D2m, nT, W	NBR 15575-4 NBR 15575-5
7.2	Isolação ao som aéreo da envoltória (método laboratorial)	Redução sonora ponderada – Rw	VVE	Redução sonora ponderada da envoltória mínima – Rw	NBR 15575-4
7.3	Isolação ao som aéreo da Vedação Vertical Interna (ensaio de campo)	Diferença padronizada de nível ponderada – DnT, W	VVI	Diferença padronizada de nível ponderada da Vedação Vertical Interna mínima – DnT, W	NBR 15575-4
7.4	Isolação ao som aéreo da Vedação Vertical Interna (método laboratorial)	Redução sonora ponderada – Rw	VVI	Redução sonora ponderada da Vedação Vertical Interna mínima – Rw	NBR 15575 – 4

3.2.8 Desempenho Lumínico

O desempenho luminoso envolve iluminação natural e artificial, bem como o conforto visual. No entanto, a exigência que se trata aqui se relaciona apenas com a iluminação artificial, conforme a NBR 15575-1, expressa no Quadro 8.

Quadro 8 – Exigência relacionada ao conforto lumínico.

Requisito		Critério	Aplicação	Indicador	Origem
8	Iluminação artificial	Nível de iluminação média artificial	Ambientes internos	Níveis mínimos de iluminação média artificial	NBR 15575-1 NBR ISO/CIE 8995-1

Não obstante, o projeto do módulo deve oferecer condições para que haja equilíbrio entre iluminação natural e artificial. Os ofuscamentos precisam ser evitados por meio de artifícios de transmissão indireta da luz, tais como bandejas de luz e aletas refletoras nas luminárias.

O módulo necessita garantir ainda acesso à luz do dia. Na combinação de módulos da instalação provisória no canteiro de obras, o acesso à luz do dia deve ser garantido para cada um dos ambientes que a forma. Recomenda-se que haja uma janela (ou uma abertura com vidro, sem ventilação) no escritório de engenharia direcionada à obra.

Em locais de baixo fluxo de pessoas, deve haver circuitos elétricos de iluminação independentes; pode-se optar pelo uso de sensores de presença ou fotoelétrico (em escadas externas, por exemplo). Nas áreas de circulação externa, recomenda-se usar luminárias voltadas para o solo.

3.2.9 Estanqueidade à Água

A água é o principal agente de degradação de um amplo grupo de materiais e componentes de construção. Ela está presente no solo, na atmosfera, nos sistemas prediais e como decorrência de atividades de higiene e limpeza e de cocção. Por todos esses meios, ela pode atingir o módulo.

O módulo não deve permitir a entrada de água por meio da ascensão de umidade do solo pelos apoios (Pisos Módulos tipos A e B) e da infiltração de água de chuva pelas Vedações Verticais Externas (VVE) ou pela Cobertura. Adicionalmente, deve ser projetado para conviver sem o prejuízo demasiado causado pelas águas internas, por exemplo, decorrentes dos procedimentos de uso e limpeza dos ambientes, vapor de água gerado nas atividades normais de uso, condensação de vapor de água e eventuais vazamentos.

O Quadro 9 traz o conjunto de exigências relacionadas à estanqueidade à água.

Quadro 9 – Conjunto de exigências relacionadas à estanqueidade à água.

Requisito		Critério	Aplicação	Indicador	Origem
9.1	Estanqueidade à água de chuva das Vedações Verticais Externas	Estanqueidade, considerando a ação dos ventos	VVE	Sinais de infiltração de água ou umidade	NBR 15575-4
9.2	Estanqueidade à água de chuva da Cobertura	Estanqueidade, considerando a ação dos ventos	Cobertura	Sinais de infiltração de água ou umidade	NBR 15575-5
9.3	Estanqueidade à umidade ascendente do Piso	Estanqueidade do Piso em contato com o solo	Piso	Sinais de infiltração de água ou umidade	NBR 15575-3

Quadro 9 – Continuação.

Requisito		Critério	Aplicação	Indicador	Origem
9.4	Estanqueidade à água de uso e lavagem dos ambientes de Vedações Verticais e Piso	Estanqueidade, considerando as ações decorrentes dos procedimentos de uso e limpeza dos ambientes	VVEI Piso	Sinais de infiltração de água ou umidade	NBR 15575-4
9.5	Estanqueidade das instalações hidrossanitárias	Estanqueidade sob condições normais de uso	Instalações hidrossanitárias	Sinais de vazamentos	-

3.2.10 Durabilidade e Manutenibilidade

O desempenho do módulo, no que se refere à durabilidade, volta-se para os componentes e elementos que merecem atenção especial quanto à resistência à corrosão, à umidade e ao ataque químico.

O mercado de contêineres de aço trabalha com duas alternativas para acesso ao produto: compra e locação. Embora em ambas haja interesse pelo estabelecimento de prazos de vida útil de projeto (VUP) – respectivamente, para as construtoras e para os locadores –, esta pesquisa optou pelo não estabelecimento de exigência compulsória em relação a esse tema. São apenas indicados prazos de vida útil de projeto dos elementos do módulo e sugeridas medidas preventivas a serem incorporadas ao projeto.

Não obstante, é importante assegurar a continuidade da capacidade funcional do módulo, a qual é potencializada pelo correto uso da instalação e pela realização de intervenções de manutenção pré-estabelecidas. Assim, um aspecto essencial para garantia de desempenho no que tange à durabilidade e manutenibilidade é a elaboração de um manual de uso, operação e manutenção. Dentre outros pontos, ele deve indicar a vida útil dos elementos e componentes do módulo, passar orientações sobre o uso e os períodos de manutenção e trocas desses constituintes da instalação, bem como trazer instruções para sua realização. Deve-se considerar, também, a facilidade ou meios de acesso para manutenção. Todos os componentes devem ser identificados segundo sua dimensão, geometria, propriedades significativas e tolerâncias. Deve-se ainda esclarecer os meios para a reutilização dos componentes descartados ao final de sua vida útil.

O Quadro 10 traz o conjunto de exigências relacionadas à durabilidade e manutenibilidade.

Quadro 10 – Conjunto de exigências relacionadas à durabilidade e manutenibilidade.

Requisito		Critério	Aplicação	Indicador	Origem
10.1	Resistência à corrosão de perfis de aço e dispositivos de fixação	Existência de revestimento de proteção (zincado ou alumínio-zinco)	Estrutura Piso Cobertura VVEI	Massa do revestimento por unidade de área do perfil (g/m²) Proteção à corrosão de dispositivos de fixação Ausência de pontos susceptíveis à corrosão galvânica	-
10.2	Resistência à umidade	Danos pela presença de água	Piso	Ausência de danos	NBR 15575-3
10.3	Resistência ao ataque químico	Danos pela presença de agentes químicos	Piso	Ausência de danos	NBR 15575-3
10.4	Permanência do desempenho do módulo	Manual de uso, operação e manutenção do módulo	Módulo	Existência de manual de uso, operação e manutenção	NBR 15575-1
10.5	Vida útil de projeto de elementos do módulo	Incorporação ao projeto de medidas preventivas	Elementos do módulo	Medidas preventivas incorporadas ao projeto	NBR 15575-1

3.2.11 Saúde, Higiene e Qualidade do Ar

O desempenho do módulo, no que se refere à saúde, higiene e qualidade do ar, volta-se, em primeiro lugar, aos cuidados para se evitar a contaminação da água a partir dos componentes das instalações, condição essencial à boa saúde dos ocupantes. Os componentes empregados devem garantir a salubridade e a qualidade da água, não transmitindo substâncias tóxicas nem a contaminando por meio de metais pesados.

Para evitar a contaminação biológica na instalação de água potável, todo componente da instalação deve evitar a impregnação de sujeira ou desenvolvimento de bactérias ou atividades biológicas. As instalações de esgoto não devem permitir o refluxo ou retrossifonagem, evitando a presença de odores.

Com relação à qualidade do ar interno, o sistema de ventilação deve prever boa distribuição do ar novo e a exaustão do ar viciado, ainda que por meio de ventilação natural. Por se tratar de um módulo para canteiro de obras, recomenda-se que as

janelas e outras tomadas de ar externo prevejam sistema que impeça a entrada de material particulado do ar externo. Outra medida recomendável é procurar empregar tintas e adesivos à base de água, assim como de produtos com baixas emissões de Compostos Orgânicos Voláteis (COV), de formaldeídos e de elementos cancerígenos ou causadores de efeitos genéticos nocivos, principalmente no caso dos revestimentos de Vedações Verticais, Piso e Cobertura (forro) em contato com o ar interior.

O Quadro 11 traz a exigência relacionada à saúde, higiene e qualidade do ar.

Quadro 11 – Exigência relacionada à saúde, higiene e qualidade do ar.

Requisito		Critério	Aplicação	Indicador	Origem
11.1	Contaminação da água a partir dos componentes das instalações	Independência do sistema de água	Instalação de água potável	Separação das tubulações de água potável e não potável ou de fluido de qualidade insatisfatória e uso de componentes que não transmitam à água substâncias tóxicas ou contaminantes	NBR 15575-6
11.2	Contaminação biológica da água na instalação de água potável	Risco de contaminação biológica das tubulações e de estagnação da água	Instalação de água potável	Material de fabricação do componente da instalação e não empoçamento de água (módulo testado)	NBR 15575-6
11.3	Ausência de odores provenientes da instalação de esgoto	Estanqueidade aos gases	Instalação de esgoto	Ausência de retrossifonagem ou quebra do selo hídrico	NBR 15575-6
11.4	Qualidade do ar interno	Renovação do ar e baixa presença de componentes nocivos	Módulos	Sistema de ventilação adequado e uso de materiais de baixa emissividade	-

3.2.12 Adequação Ambiental: Gestão de Resíduos

Os requisitos de desempenho, no que se refere à adequação ambiental quanto à gestão de resíduos, dizem respeito às condições de armazenamento e triagem dos resíduos, considerando os fluxos de entrada e saída.

3.2.13 Adequação Ambiental: Gestão da Energia

Os requisitos de desempenho, no que se refere à adequação ambiental quanto à gestão da energia, dizem respeito às medidas voltadas ao uso racional da energia, seja do módulo, seja da fábrica responsável pela sua produção.

3.2.14 Adequação Ambiental: Gestão da Água

Os requisitos de desempenho, no que se refere à adequação ambiental quanto à gestão da água, dizem respeito à presença de equipamentos economizadores nas instalações hidrossanitárias do módulo.

3.2.15 Adequação Ambiental: Escolha de Materiais

Os requisitos de desempenho, no que se refere à adequação ambiental quanto à escolha de materiais, dizem respeito à valorização de materiais que causem menor impacto ambiental, desde as fases de exploração dos recursos naturais até a sua utilização final.

3.3 Qualidade na Fabricação, Montagem e Transporte do Módulo

O fabricante do módulo deve implantar procedimentos para assegurar a qualidade da aquisição dos materiais e componentes do módulo e da sua fabricação, montagem, transporte e instalação no canteiro de obras.

3.3.1 Qualidade dos Materiais e Componentes Empregados no Módulo

O fabricante deve assegurar que a compra de materiais e componentes empregados na fabricação do módulo esteja em conformidade com os requisitos especificados de aquisição. Estes devem descrever claramente o que está sendo comprado, contendo especificações técnicas.

O fabricante deve realizar inspeção ou outras atividades necessárias para assegurar que o produto adquirido atenda aos requisitos de aquisição especificados.

3.3.2 Qualidade da Fabricação do Módulo

O fabricante deve assegurar que as diversas atividades envolvidas na fabricação do módulo estejam conformes com os requisitos especificados de produção, os quais devem descrever claramente como e com que recursos as atividades são executadas.

O fabricante deve realizar inspeção ou outras atividades necessárias para garantir que as atividades realizadas atendam aos requisitos de produção especificados.

3.3.3 Qualidade da Montagem do Módulo em Fábrica ou no Canteiro de Obras

O fabricante deve assegurar que as diversas atividades envolvidas na montagem do módulo estejam conformes com os requisitos especificados. Estes devem descrever claramente como e com que recursos executam-se as atividades, no caso de serem efetuadas em fábrica ou no canteiro de obras.

O fabricante deve realizar inspeção ou outras atividades necessárias para assegurar que as atividades realizadas cumpram os requisitos de montagem especificados.

3.3.4 Qualidade do Transporte e da Instalação do Módulo no Canteiro de Obras

O fabricante deve assegurar que as diversas atividades envolvidas no transporte e na instalação do módulo no canteiro de obras estejam conformes com os requisitos especificados. Estes devem descrever claramente como e com que recursos executam-se as atividades, no caso de serem realizadas pelo fabricante ou pela empresa construtora.

O fabricante deve realizar inspeção ou outras atividades necessárias para assegurar que as atividades realizadas atendam aos requisitos de transporte e instalação especificados.

3.4 Documentos Técnicos Complementares

A seguir listam-se as normas técnicas referenciadas:

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):
 - NBR 6123:1998 – Forças devidas ao vento em edificações;
 - NBR 6355:2012 – Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização;
 - NBR 6673:1981 – Produtos planos de aço – Determinação das propriedades mecânicas à tração;
 - NBR ISO/CIE 8995-1:2013 – Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior;
 - NBR 12284:1991 – Áreas de vivência em canteiros de obras – Procedimento;
 - NBR 14762:2001 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento;

- NBR 15220-2:2005 – Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;
- NBR 15220-3:2005 – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;
- NBR 15253:2005 – Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações – Requisitos gerais;
- NBR 15575-1:2013 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais;
- NBR 15575-2:2013 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- NBR 15575-3:2013 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos;
- NBR 15575-4:2013 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas;
- NBR 15575-5:2013 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas.
- Ministério do Trabalho e Emprego:
 - NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção.
- Norma européia – EN:
 - ETAG 023:2006 – Guideline for European Technical Approval of Prefabricated Building Units.

4. Comentários Finais e Implicações para a Indústria da Construção Civil

O capítulo mostrou que são diversos os contêineres usados em instalações provisórias de canteiros de obras oferecidos no mercado e propôs uma tipologia para essas estruturas. Com base nela, voltou-se ao módulo tridimensional empilhável do tipo estrutura reticulada em aço, usado predominantemente em áreas administrativas e de vivência.

Partiu da ideia de que a busca por soluções de melhor desempenho técnico e econômico tem levado a um maior grau de exigência no que se refere a essas instalações, motivando os agentes do mercado a atender as aspirações em relação aos contêineres de aço.

A fim de contribuir com essa evolução, discutiu-se o desempenho esperado para tais contêineres, propondo-se requisitos e critérios que contribuam para o seu correto projeto, fabricação, transporte e uso.

Para uma consideração mais aprofundada no assunto, incluindo os detalhes dos métodos de verificação e avaliação de cada requisito de desempenho e os ensaios e as inspeções *in loco* que devem ser realizados, os documentos que devem ser apresentados e os cálculos que devem ser realizados, em cada caso, deve-se consultar a diretriz completa proposta por Cardoso et al. (2013).

Complementarmente, poderá ser implementado um mecanismo de avaliação técnica, como se faz no Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), no caso de produtos inovadores, por meio do estabelecimento de uma Diretriz para Avaliação Técnica de Produtos SINAT.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.575** – Edificações Habitacionais – Desempenho. 2013. Rio de Janeiro, Brasil.

BARBOZA, N. Contêineres. **Construção Mercado**, v. 169, ago. 2015, p. 80-81. Pini. São Paulo.

BIRBOJM, A. **Subsídios para as tomadas de decisão relativas à escolha dos elementos do canteiro de obras**. Dissertação (Mestrado) – São Paulo, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 2001.

CARDOSO, F.F.; RODRIGO, A.G.; SOARES, P.V.P.T. **Diretriz para avaliação técnica de desempenho de módulo tridimensional empilhável para instalação provisória em canteiro de obras: contêiner de aço**. Relatório interno do Projeto CantechIS – Tecnologias para Canteiro de Obras Sustentável. São Paulo: Finep, agosto de 2013.

COSTA, D.C.R.F. **Contêineres metálicos para canteiros de obras: análise experimental de desempenho térmico e melhorias na transferência de calor pela envoltória**. Dissertação (Mestrado) – São Paulo, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 2015.

RODRIGO, A.G.S.; GAZARINI, D.; CARDOSO, F.F. **Condicionantes de projeto para as instalações provisórias em canteiros de obras na cidade de São Paulo**. In: Proceedings of the Latin-American and European Conference on Sustainable Building and Communities: Connecting People and Ideas. July 21th – 24th, 2015, Guimarães, Portugal. Universidade do Minho and others. pp. 2495-2504.