

ANÁLISE DO CUMPRIMENTO DE REQUISITOS PARA DESCONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES MODULARES: ESTUDO DE CASO

Data de submissão: 10/03/2023

Data de aceite: 02/05/2023

Amanda Cardoso da Silva

Instituto Federal de Santa Catarina
Florianópolis – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/0466782111977953>

Luciana da Rosa Espíndola

Instituto Federal de Santa Catarina
Florianópolis – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/5820252333471922>

Lucas Bastianello Scremin

Instituto Federal de Santa Catarina
Florianópolis – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/7824033232373353>

Andrea Murillo Betioli

Instituto Federal de Santa Catarina
Florianópolis – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/9381337334319825>

RESUMO: A indústria da construção civil é uma das que mais gera impactos ambientais com altos índices de geração de resíduos na construção e na demolição de edificações. Contra isso, há uma forte procura por sistemas mais industrializados, como as construções modulares. Esses sistemas apresentam maior potencial para desconstrução através do desmonte cuidadoso dos seus componentes para

reutilizá-los ou reciclá-los. Entretanto, acredita-se que a maioria destes projetos não prevêem a desconstrução do módulo. Assim, este trabalho teve como objetivo elencar as diretrizes de projeto para desconstrução e verificar quais são atendidas ou não em um projeto modular específico e, caso fosse necessário, identificar as melhorias no processo para atender a 100%. Para este estudo foi escolhido um projeto modular específico o qual teve que ser montado, desmontado, transportado e montado no local, processo que mais se assemelha a um projeto de desconstrução. A partir dos dados obtidos, verificou-se que a ordem crescente de atendimento às diretrizes de projeto para desconstrução foi: acabamentos (53%), vedação vertical (82%), instalações elétricas e hidrossanitárias (82%), estrutura (93%), e cobertura (93%). Para aumentar o potencial de desconstrução deste módulo observa-se que a etapa de acabamentos deve ter prioridade nas revisões do projeto. Mesmo sendo um projeto pensado para desconstrução, pela sua particularidade, o potencial de desconstrução do projeto foi de 76%. Caso as diretrizes tivessem sido aplicadas durante a concepção do projeto, através da identificação dos componentes;

identificação dos pontos de desmontagem; plano de rota para manutenção; mudança de materiais utilizados para revestimento, principalmente do porcelanato utilizado para o revestimento do piso; e priorização da conexão mecânica, principalmente para o sistema de vedação vertical revestido com ACM, o projeto poderia chegar a atender a 100% das diretrizes.

PALAVRAS-CHAVE: Desconstrução. Resíduos. Sistemas construtivos industrializados. Construção modular.

DESIGN GUIDELINES VERIFICATION FOR THE DECONSTRUCTION OF MODULAR SYSTEMS: CASE STUDY

ABSTRACT: The construction industry is one of the industries that most generates environmental impacts with high rates of waste generation in the construction and demolition of buildings. Against this, there is a strong demand for more industrialized systems, such as modular constructions. These systems have a greatest potential for deconstruction by carefully dismantling their components for reuse or recycling. However, it is believed that most of these projects do not foresee the deconstruction of the module itself. Thus, this work aimed to list the project guidelines for deconstruction and to verify which ones are met or not in a specific modular project and, if necessary, identify the improvements in the process to meet 100%. For this study, a specific modular project was chosen, which had to be assembled, dismantled, transported and assembled on site, a process that resembles a deconstruction project. From the data obtained, it was found that the increasing order of compliance with the project guidelines for deconstruction was: finishing (53%), vertical sealing (82%), electrical and hydro-sanitary installations (82%), structure (93%), and coverage (93%). To increase the deconstruction potential of this module, it is observed that the finishing stage must have priority in the project reviews. Despite being a project designed for deconstruction, due to its particularity, the deconstruction potential of the project was 76%. If the guidelines had been applied during the design of the project, through the identification of the components; identification of disassembly points; route plan for maintenance; change of materials used for covering, mainly the porcelain used for covering the floor; and prioritization of the mechanical connection, mainly for the vertical sealing system coated with ACM, the project could reach 100% of the guidelines.

KEYWORDS: Deconstruction. Waste. Industrialized building systems. Modular construction.

1 | INTRODUÇÃO

Historicamente, o Brasil apresenta altos índices de geração de resíduos na construção e na demolição de edificações. Preocupações com a durabilidade das edificações e de seus materiais e sua relação com o meio ambiente tem fortalecido a procura por sistemas e processos mais industrializados e racionalizados (ABDI, 2015).

Nesse contexto, observa-se um crescimento na demanda por soluções arquitetônicas com construções modulares. Neste método construtivo os módulos são produzidos em fábrica seguindo critérios rigorosos de gestão de todo o processo de execução até o transporte e a montagem final da edificação no canteiro. Na fábrica é possível um maior

controle de qualidade, de racionalização de consumo e de gestão de resíduos (VARELA, 2015). Além dessas características, as construções modulares apresentam maior potencial para a desconstrução, também conhecida como demolição seletiva (SPADETO, 2011).

A desconstrução é o processo de desmontar os componentes de uma construção sem lhes causar grandes danos, tendo como intenção reutilizá-los ou reciclá-los (ADDIS, 2010). A desconstrução pode ser realizada em uma reforma da edificação ou no fim da sua vida útil, possibilitando a valorização dos materiais através da reutilização de componentes ou da reciclagem dos resíduos. Com isso, diminui-se a extração e os processos de transformação de matérias-primas, bem como o transporte e a fabricação de novos produtos, o que resulta em vantagens econômicas e ambientais (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006).

Para viabilizar a desconstrução é necessário desenvolver projetos específicos para esse propósito. Deve-se modificar a maneira de pensar e de projetar uma construção com intuito de maximizar sua flexibilidade e assegurar que suas partes possam ser desmontadas facilmente para o reuso (KHALILI; CHUA, 2011), reciclagem ou descarte adequado. Dessa forma, é fundamental realizar escolhas na fase inicial do projeto relacionadas aos processos construtivos e à escolha de materiais.

Sobre este tema destaca-se o estudo de Saraiva (2013) no qual foi realizado um levantamento dos princípios de projeto para desconstrução e análise de quais destes estavam sendo utilizados na arquitetura brasileira com base em revistas nacionais publicadas no ano de 2012. A autora concluiu que a arquitetura brasileira tem pouca preocupação com os princípios de desconstrução e justificou a necessidade da conscientização dos profissionais para a escolha de materiais e processos de construção capazes de reduzir o impacto ambiental gerado pelas edificações.

Apesar do levantamento de Saraiva (2013) ter sido realizado há uma década, é muito pertinente, uma vez que as técnicas aplicadas na construção, na maior parte das obras ainda são as mesmas. Atualmente, até se observa uma certa industrialização na construção civil através de processos aplicados no canteiro de obras, mas ainda está muito distante da construção industrializada a qual transforma o canteiro de obras em uma linha de montagem ou produz a obra em um ambiente fabril.

Segundo Spadeto (2011), é possível observar nos processos industrializados do setor da construção civil a maior racionalização dos recursos e elevado potencial de desconstrução. Como no caso das construções modulares, as quais são constituídas por módulos fabricados em um ambiente fabril, onde são definidos parâmetros dimensionais para possibilitar o transporte adequado ao local onde serão montados (VARELA, 2015). No entanto, não há trabalhos que definam as diretrizes de projetos para desconstrução e que quantifiquem o potencial de desconstrução para as construções modulares, especialmente no Brasil.

Perante o exposto, este trabalho tem como objetivo levantar as principais diretrizes para elaboração de projeto para desconstrução de sistemas modulares e avaliar o potencial

de desconstrução de um projeto modular através de um estudo de caso.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Construções Modulares

Os sistemas construtivos podem ser categorizados conforme seu grau de industrialização. Nesta classificação, os sistemas modulares se destacam no nível máximo, sendo as unidades volumétricas tridimensionais as que apresentam maior volume de trabalho realizado na fábrica e, conseqüentemente, menor trabalho no canteiro (CARVALHO, 2020).

Conforme o *Modular Building Institute* (MBI, 2021), construção modular é o processo no qual a edificação é construída *off-site* – fora do canteiro de obras – sob condições controladas em fábrica. Os módulos são produzidos na fábrica e unidos no canteiro conforme as definições do projeto. Esse processo industrializado traz vantagens como: maior controle da aplicação das normas e dos regulamentos de desempenho para as edificações; maior controle de qualidade dos insumos recebidos e dos componentes produzidos; redução do desperdício de materiais; otimização do processo; menor tempo de produção; menor riscos com acidentes de trabalho e produção independente das condições climáticas.

Assim, uma construção volumétrica modular apresenta o potencial de maximizar a eficiência da construção e a economia de tempo. Seus módulos também podem apresentar customizações diversas. No entanto, eles podem apresentar limitações referentes aos altos custos de logística e transporte, às restrições dimensionais conforme o transporte e o içamento, à necessidade de mão de obra qualificada e ao alinhamento entre o projeto arquitetônico e o projeto para produção (BERTRAM et al., 2019, SMITH, 2016).

No Brasil, o setor da construção tem ampliado a aplicação de sistemas industrializados com aço, concreto e madeira (ABDI, 2015). No entanto, em geral, os estudos sobre as construções modulares brasileiras se concentram nos apontamentos de potenciais e barreiras para sistemas inovadores. Ainda que alguns estudos avaliem questões mais específicas de desempenho destas construções, observa-se uma lacuna na avaliação deste mercado para aprender com as experiências práticas e para contribuir para a melhoria e o avanço desses processos. Como a utilização de materiais recicláveis e com soluções tecnológicas que vão a encontro dos princípios básicos para a sustentabilidade aplicada à construção.

2.2 Desconstrução

Diferente da demolição, a desconstrução possibilita a reutilização de sistemas, componentes e materiais que normalmente seriam tratados como resíduos sem valor (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006). O principal objetivo da desconstrução é aumentar a eficiência econômica e reduzir os impactos ambientais mediante a mudança de função de

uma edificação, o reuso dos seus componentes e/ou a transformação dos seus materiais (CROWTHER, 2001, GUY; SHELL, 2002), conforme apresentado na Figura 01.

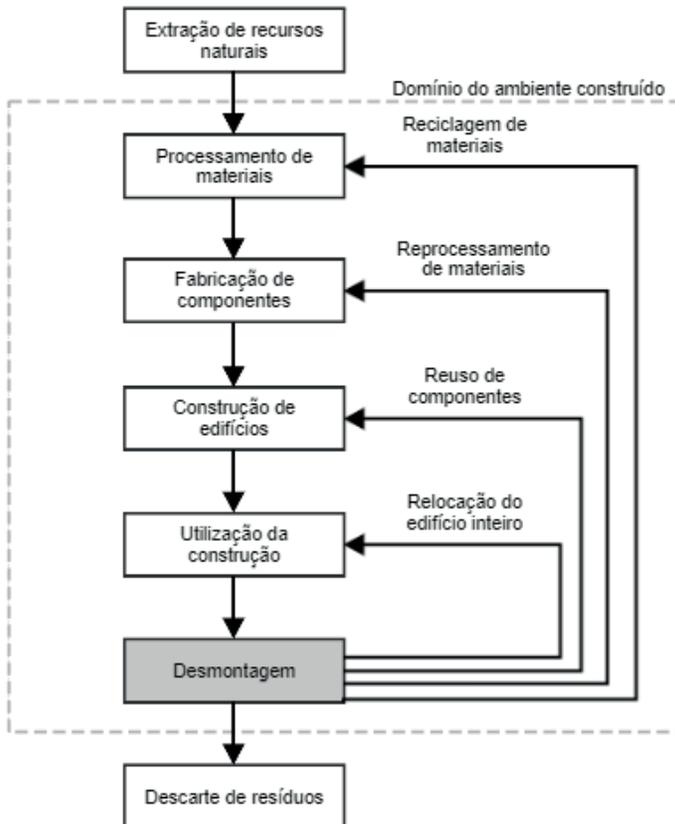


Figura 01 - Possíveis panoramas após a desmontagem da construção

Fonte: Adaptado de Crowther (2001).

Muitos dos benefícios da desconstrução estão associados à esfera ambiental, possibilitando reduções dos impactos das demolições, do uso de recursos primários, da quantidade de resíduos em aterros sanitários (HECHLER; LARSEN; NIELSEN, 2012).

Na esfera social, a desconstrução pode facilitar a criação de novos empregos relacionados a esta atividade, como remoção de materiais, desmontagem dos edifícios, classificação e transporte dos componentes e dos materiais selecionados (COUTO; COUTO, 2007). A capacitação destes trabalhadores pode ser promovida por treinamentos técnicos sobre construção e recuperação de materiais (KIBERT; CHINI; LANGUEL, 2000).

Esta prática pode estar aliada à criação de pequenas empresas especializadas em demolição seletiva, dando ainda mais força ao setor da construção na esfera econômica. Por

sua vez, políticas governamentais que incentivam a adoção de práticas mais sustentáveis na construção, que minimizam os desperdícios e promovem a eficiência energética, são fundamentais para a consolidação da desconstrução no país (HECHLER; LARSEN; NIELSEN, 2012).

Estudos sobre este tema apontam que as principais barreiras para a implementação da desconstrução tem sido: edifícios não projetados para desconstrução; falta de ferramentas específicas para desmontagem; falta de trabalhadores especializados; tempo adicional para a desmontagem; custo baixo de terrenos para disposição de resíduos de demolição; falta de conhecimento sobre os benefícios ambientais e econômicos da desconstrução; necessidade de instalações para classificação dos resíduos; manutenção e transformação dos materiais e falta de conhecimento sobre técnicas para execução da desconstrução (KIBERT, 2003, FREIRE; BRITO, 2001, HECHLER; LARSEN; NIELSEN, 2012). Além destes, este artigo destaca a necessidade da elaboração de projetos para desconstrução.

2.2.1 Projetos para desconstrução

Não há normatização brasileira para elaboração de projeto para desconstrução, o que existem são diferentes manuais e princípios de projeto de desconstrução em países diversos, como o SEDA – Manual de projeto de desconstrução da Escócia (Morgan & Stevenson, 2005); Crowther (2000) na Austrália; Guy e Shell (2002); Kibert (2003); Abdol e Balachandran (2002) e Webster et al (2005) nos Estados Unidos e Saraiva (2013) no Brasil.

Após uma revisão sistemática, Kanters (2018) aponta os principais princípios de projeto relacionados à desconstrução organizados em quatro categorias: (1) geral, (2) materiais e conexões, (3) construção e desconstrução, (4) comunicação, competência e conhecimento; sendo estes:

1) Princípios gerais:

Usar um projeto modular simples;

Usar um sistema construtivo aberto e flexível, que permita transformações de funções no futuro;

Usar uma grade modular estrutural;

Projetar as camadas da edificação conforme a expectativa de vida dos seus elementos;

Assegurar que a estabilidade da construção seja mantida durante a desconstrução;

Separar os sistemas de elétrica, hidrossanitário, climatização.

2) Materiais e conexões

- Minimizar o número de diferentes materiais, conexões e componentes;
- Projetar ligações acessíveis e duráveis;

- Usar conexões mecânicas, como parafusos e porcas;
- Usar materiais não tóxicos, duráveis que possam ser reutilizados;
- Evitar o uso de adesivos, resinas e acabamentos secundários;
- Usar materiais reciclados e recicláveis;
- Usar materiais leves.

3) Construção e desconstrução

- Desenvolver e projetar um plano de desconstrução durante o processo de projeto arquitetônico;
- Usar componentes e materiais pré-fabricados;
- Assegurar que os tamanhos dos componentes são adequados ao manuseio;
- Ser executada com ferramentas e equipamentos comuns;
- Permitir desmontagens paralelas;
- Assegurar acesso aos componentes da edificação.

4) Comunicação, competência e conhecimento

- Manter informação, documentação sobre os materiais utilizados, *as-built* e método de desconstrução;
- Identificar os tipos de componentes e de materiais;
- Ter uma equipe treinada, com competência e disposta a trabalhar com projeto para desconstrução.

O projeto para desconstrução precisa ser considerado em cada etapa do processo de projeto da edificação (GUY; CIARIMBOLI, 2006). Atualmente, algumas ferramentas para Modelagem da Informação da Construção (BIM) permitem, além da geometria em 3D, informações adicionais sobre a edificação. Por exemplo, no BIM 7D, onde se projeta a gestão da obra, existem possíveis aplicações para o projeto para desconstrução, como: especificação dos materiais, data da próxima manutenção, localização exata de cada elemento constituinte (KANTERS, 2018). O estudo de Akinade et al. (2017) apresenta as principais ferramentas BIM existentes e suas funcionalidades para o projeto para a desconstrução.

3 | MÉTODO

Para o estudo de caso foi selecionada uma empresa que atua no mercado nacional desde 2016 com soluções tecnológicas consideradas inovadoras aplicando preceitos de construções modulares volumétricas *off-site*. A construção dos módulos ocorre no ambiente fabril da empresa e, quando finalizados, são transportados por carretas pranchas até o

canteiro de obras, onde são instalados. Os módulos básicos, em geral, são estruturados com vigas e pilares metálicos. A vedação das paredes e da cobertura é composta por chapas OSB (*Oriente Strand Board*), lâ de vidro, gesso acartonado, placa cimentícia e painel termoacústico com núcleo de poliisocianurato e revestimento externo em aço pré-pintado. As instalações hidráulicas, elétricas e os acabamentos também são executados na fábrica, como mostra a Figura 02.



Figura 02 – Módulo básico pronto para ser transportado e instalado no canteiro de obras

Fonte: Arquivo da empresa do estudo de caso (2020).

Entretanto, o módulo escolhido tinha uma particularidade ocasionada por limites de espaço para sua instalação, uma vez que o mesmo seria instalado entre seis pilares já existentes em um galpão, como mostra a Figura 03, não possuindo espaço suficiente para passagem do módulo pronto. Neste caso, o projeto já teve que ser pensado para desconstrução.

Este projeto possui uma área de 22,26 m², com 4,70 m x 5,15 m em planta (Figura 04), com 3,20 m de altura. O fechamento através de uma parede fechada e três com aberturas de alumínio com vidro temperado incolor (Figura 03). A Figura 04 apresenta a planta baixa do projeto modular em estudo.



Figura 03 – Simulação do módulo do estudo de caso entre os seis pilares do galpão

Fonte: Arquivo da empresa do estudo de caso (2020).

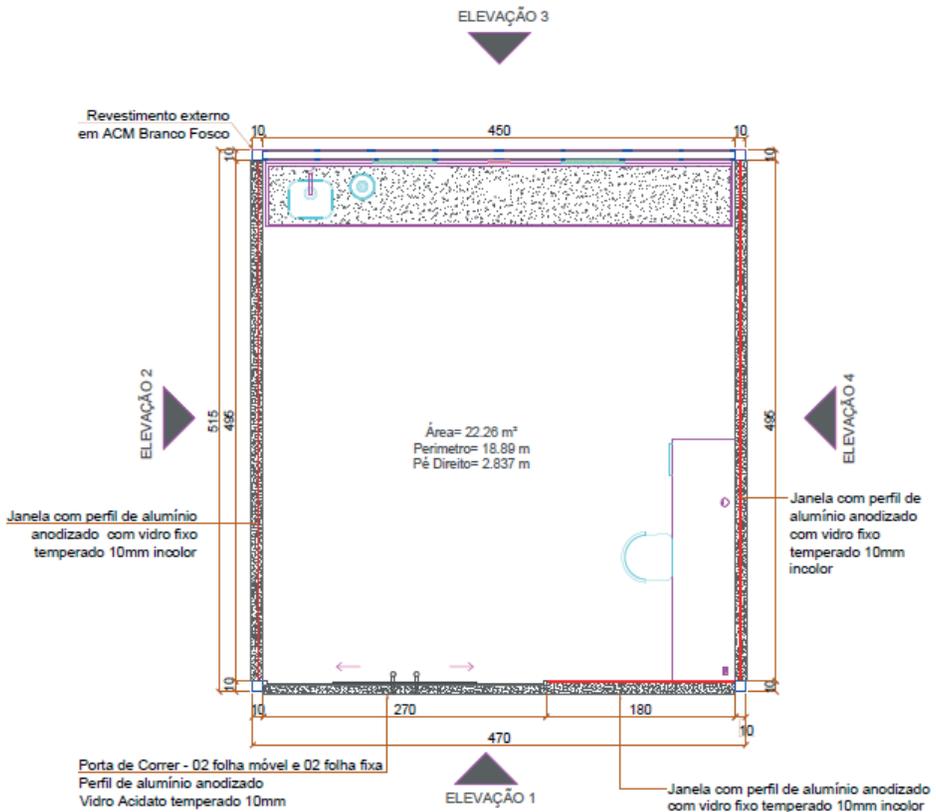


Figura 04 – Planta baixa do projeto modular em estudo com indicação das elevações e cotas em centímetros

Fonte: Arquivo da empresa do estudo de caso (2020).

Portanto, pelo limitante deste caso, o projeto foi pensado para a montagem e a desmontagem na fábrica, seguido pelo transporte dos componentes para montagem no

local. Para isso, foi necessário um projeto diferente do habitual módulo básico da empresa, pois este apresentaria dificuldades para desmontagem da estrutura metálica soldada.

A estrutura deste novo módulo é composta por perfis de inox polido e de *metalon* galvanizado encaixados e parafusados entre si. O sistema de vedação vertical tem uma estrutura interna composta de quadros metálicos reticulados e soldados, com placas de alumínio composto (ACM) nas suas faces e esquadrias de alumínio com vidros temperados. A cobertura é de painéis termoacústicos fixados sobre os barrotes da estrutura metálica e forro de gesso modular. As instalações hidrossanitárias e elétricas são convencionais e passam pelo interior dos quadros metálicos da parede e por furações nas vigas metálicas na base do módulo. O acabamento do piso é porcelanato aplicado no local sobre um contrapiso.

Para verificar quais diretrizes de projeto para a desconstrução são atendidas, foi elaborada uma lista de diretrizes gerais (Tabela 01) com base em informações contidas no Manual de projeto de desconstrução da Escócia (Morgan; Stevenson, 2005) e nos estudos de Saraiva (2013). Também foram elaboradas diretrizes mais específicas com base em Kibert (2003), Abdole Balachandran (2002), Crowther (2000), Guy e Shell (2002), e Webster et al. (2005). A partir dessa lista, foi elaborado um *checklist* para ser aplicado ao estudo de caso e verificar quais as diretrizes de projeto para desconstrução o projeto atende ou não, conforme representado na Tabela 01.

DIRETRIZES GERAIS		
1.	SIMPLIFICAÇÃO	Simplificação dos sistemas construtivos
2.	ADAPTABILIDADE	Adaptabilidade da construção para aumentar a sua vida útil
3.	CAMADAS	Camadas estratificadas para facilitar a manutenção e tomar os serviços mais acessíveis
4.	ACESSOS	Acesso aos elementos da construção para reparos e remoções futuras
5.	CONEXÕES	Conexões utilizadas entre os elementos para viabilizar a desconstrução
6.	DURABILIDADE DOS COMPONENTES	Durabilidade dos componentes para permitir que os mesmos sejam reparados ou reutilizados com o mínimo de trabalho e custo
7.	RISCOS E SEGURANÇA	Risco e segurança de quem irá manusear os componentes durante uma manutenção ou desconstrução
8.	SUSTENTABILIDADE	Sustentabilidade no processo construtivo e uso de tecnologias limpas
9.	GESTÃO ORGANIZACIONAL	Estratégias organizacionais para possibilitar a desconstrução

Tabela 01 – Diretrizes gerais para desconstrução elencadas para o estudo de caso

Fonte: Adaptado de Morgan e Stevenson (2005) e Saraiva (2013).

A Tabela 02 mostra a legenda que será adotada quando a diretriz for atendida, atendida parcialmente, não atendida ou quando não se aplica.

<i>Diretrizes</i>	<i>Representação</i>
Atendidas	○
Atendidas parcialmente	●
Não atendidas	●
Não aplicadas	-

Tabela 02 – Legenda aplicada no *checklist* das diretrizes de projeto para desconstrução

Fonte: Própria (2020).

Com exceção do projeto estrutural, os projetos analisados deste módulo não possuíam todas as especificações do processo de montagem dos componentes, como ordem e método de montagem. Sendo assim, para conferência das diretrizes, foi importante o acompanhamento da montagem e desmontagem do módulo em fábrica e, posteriormente, da remontagem *in loco*. Portanto, o *checklist* das diretrizes para desconstrução foi aplicado sobre os projetos e, também, sobre as etapas de obra, sendo (1) estrutura, (2) vedação vertical, (3) cobertura, (4) acabamento e (5) a obra geral, como um todo.

Os dados coletados serão apresentados em forma de tabelas, legendas e gráficos para facilitar a identificação das possibilidades e das dificuldades relacionadas à desconstrução deste tipo de sistema modular.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, os resultados deste trabalho apresentam a descrição das etapas do processo de produção do módulo com informações pertinentes para o *checklist* das diretrizes. E, por fim, apresenta o *checklist* aplicado por etapa de obra, analisando as diretrizes gerais e específicas de projeto para desconstrução.

4.1 Processo de produção do módulo em estudo

Este processo foi dividido em três etapas: montagem em fábrica, desmontagem em fábrica e remontagem do módulo *in loco*.

4.1.1 Montagem em fábrica do módulo

A montagem do módulo em fábrica ocorreu conforme o fluxograma apresentado na Figura 05. Conforme as especificações do projeto estrutural, a produção do módulo em fábrica iniciou com o corte e a identificação dos tubos de aço inox e de *metalon* galvanizado, conforme a Figura 06.

Fluxograma – etapa de montagem do módulo

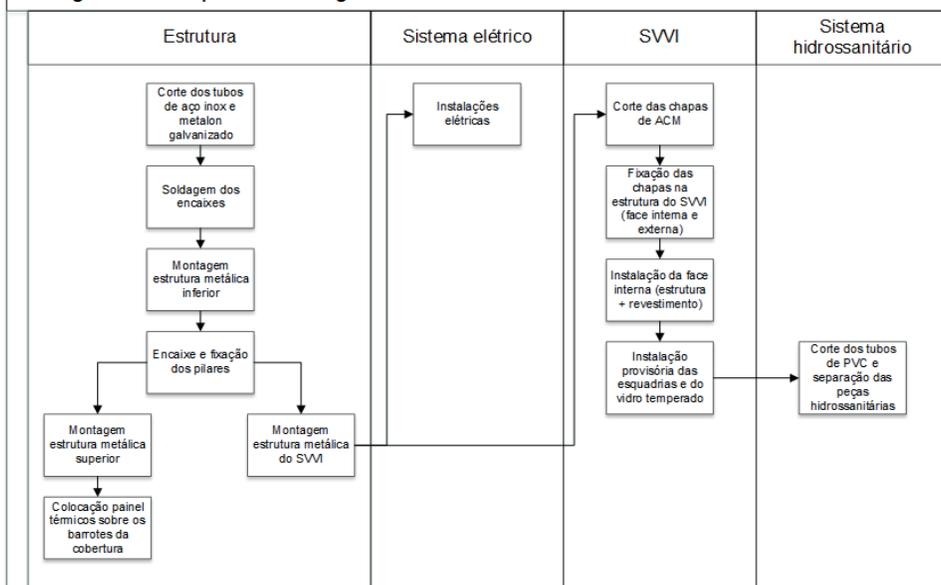


Figura 05 – Fluxograma das etapas de da ordem de montagem do módulo em fábrica

Fonte: Própria (2020).

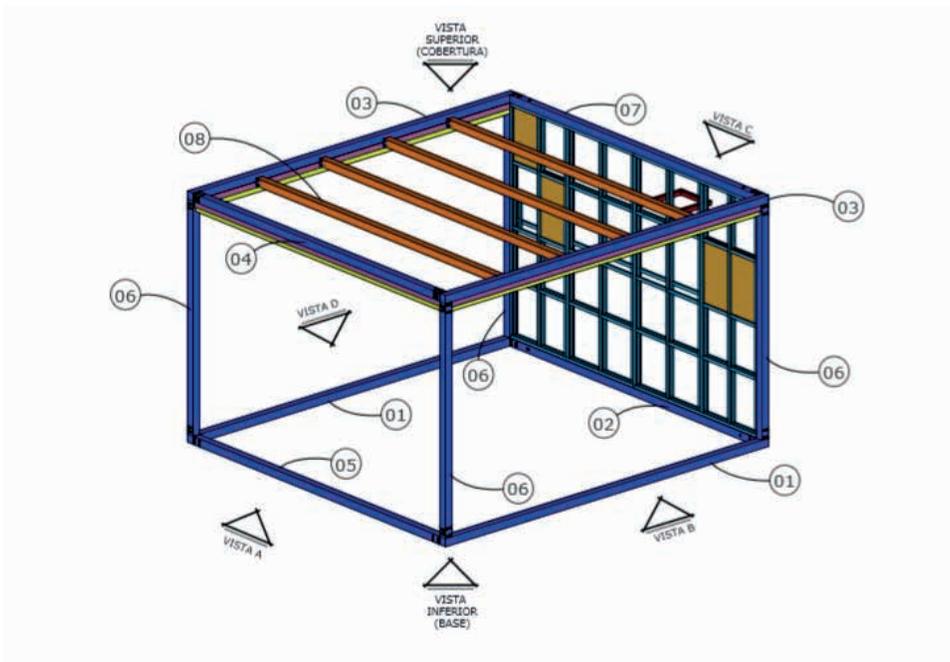


Figura 06 – Identificação dos elementos estruturais principais

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Após os cortes, foram elaborados detalhes de chapas com perfil em “U” soldadas nas extremidades das vigas inferiores (Figura 07) e superiores para viabilizar o encaixe entre vigas e entre viga e pilar.



Figura 07 – Detalhe da viga inferior com perfis “U” soldados para viabilizar os encaixes

Fonte: Própria (2020).

A sequência de montagem destas estruturas com encaixes foi: primeiro as vigas inferiores; segundo os pilares; e, por fim, as vigas superiores e os barros para a cobertura. (Figura 08).

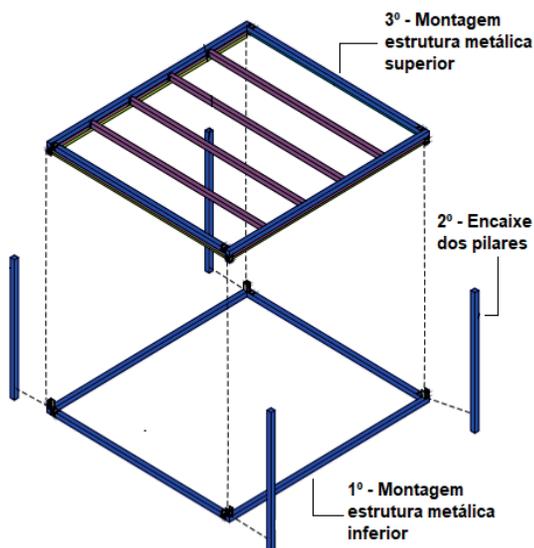


Figura 08 - Sequência de montagem da estrutura metálica com encaixes

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Para receberem os barrotes da cobertura, na face interna da viga superior também foram soldadas chapas com perfis em “U” para encaixar os barrotes transversais de *metalon* galvanizado (Figura 09 e Figura10).



Figura 09 – Detalhe da viga superior com dois tubos soldados na sua base e perfis “U” na extremidade para encaixe entre vigas e viga-pilar

Fonte: Própria (2020).



Figura 10 - Montagem da dos barrotes encaixados nas vigas superiores

Fonte: Própria (2020).

Após a montagem da estrutura, em todos os encaixes de vigas, pilares e barrotes foram feitas furações para a fixação destas peças com parafusos, conforme a Figura 11. As fixações foram realizadas dessa forma para possibilitar a desmontagem, o transporte das peças e a remontagem do módulo no local designado.



Figura 11 - Furação dos elementos encaixados para a fixação com parafusos

Fonte: Própria (2020).

Em paralelo, seis quadros de *metal* galvanizado foram soldados conforme as dimensões de projeto para o sistema de vedação vertical; sendo: dois quadros reticulados de 4x4 para a face interna da parede e 4 quadros com reticulados de 2x4 para a face externa (Figura 12), com um espaço vazio entre os quadros para a passagem das instalações hidrossanitária e elétrica. Os quadros foram parafusados na estrutura metálica através de pequenas abas soldadas e foram transportados separadamente até o local de instalação.

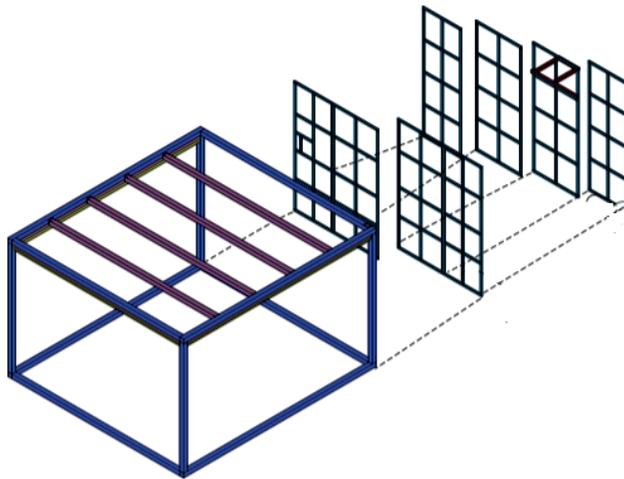


Figura 12 - Quadros metálicos internos e externos que estruturam o sistema de vedação vertical

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

A execução das instalações elétricas foi realizada em conformidade com o projeto elétrico e luminotécnico. O sistema elétrico instalado possui uma potência instalada de 4101,00 W para atender os circuitos de iluminação geral, iluminação de emergência,

tomadas de uso geral, ar-condicionado, tomada para computador e tomadas no piso. A Figura 13 mostra a passagem dos eletrodutos entre os quadros metálicos da vedação vertical e a instalação do quadro de distribuição de energia e dos pontos de tomadas e interruptores fixados na face interna da vedação vertical, sem a necessidade de furações na estrutura metálica.

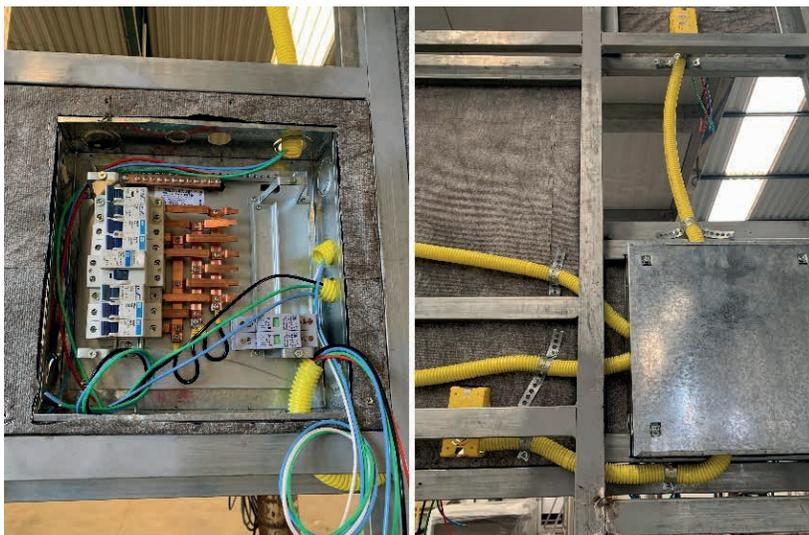


Figura 13- Detalhe da instalação elétrica com o Quadro de Distribuição de Energia

Fonte: Própria (2020).

O projeto hidrossanitário possui um ponto de água fria com diâmetro de 25 mm e uma saída de esgoto com diâmetro de 40 mm para uma pia, e uma saída para o dreno de água da condensadora com diâmetro de 25 mm. Para a passagem do sistema hidrossanitário, foi necessário fazer furações na viga inferior como mostra a Figura 14. Entretanto, todas as peças hidrossanitárias foram enviadas para serem instaladas in loco, por isso foi apenas realizado o corte dos tubos de PVC e a separação das peças hidrossanitárias necessárias.



Figura 14 – Furações na viga metálica inferior para passagem do sistema hidráulico

Fonte: Própria (2020).

Como fechamento, placas de alumínio composto (ACM) foram fixadas com fita dupla face sobre as faces dos quadros metálicos internos e externos (Figura 15).



Figura 15 – Utilização de fita dupla face para a fixação das placas de ACM

Fonte: Própria (2020).

Nas demais paredes foram instaladas esquadrias de alumínio com vidro temperado. Todo o serviço referente à essa etapa foi realizado pela empresa que forneceu o produto,

que foi responsável por verificar se os materiais solicitados estavam nas dimensões corretas. Por fim, para fechar externamente a cobertura, sobre os barrotes metálicos foram instalados os painéis térmicos com núcleo em poliisocianurato e revestimento externo em aço pré pintado fixados com parafusos auto brocantes (Figura 16).



Figura 16 - Painel térmico sobre barrotes metálicos

Fonte: Própria (2020).

As esquadrias de alumínio com vidro, assim como os acabamentos de forro com gesso e de piso com porcelanato não foram executados na fábrica.

4.1.2 *Desmontagem do módulo em fábrica*

A Figura 17 apresenta o fluxograma das etapas e da ordem de desmontagem do módulo em fábrica. Como o sistema hidrossanitário não havia sido montado em fábrica, a desconstrução iniciou pelo sistema de vedação vertical, com a retirada das esquadrias de alumínio com vidro temperado e a desinstalação dos quadros reticulados da vedação vertical, o sistema elétrico permaneceu fixado na face interna da parede, assim como as placas de ACM fixadas nas faces internas e externas da parede. Posteriormente, a desmontagem dos barrotes da cobertura, das vigas inferiores e superiores e dos pilares.

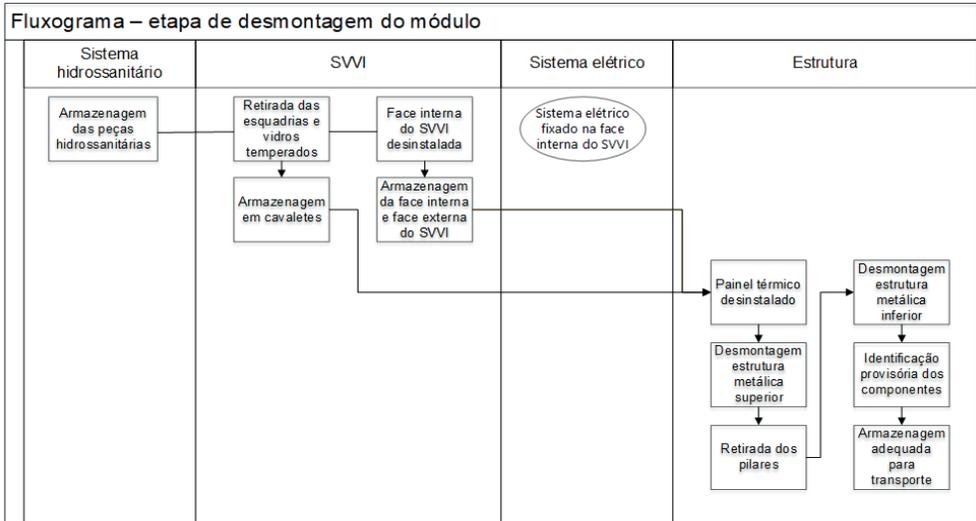


Figura 17 – Fluxograma das etapas de da ordem de desmontagem do módulo em fábrica

Fonte: Própria (2020).

Todos os componentes e as peças foram identificados e numerados para que a montagem in loco fosse realizada corretamente e, também, foram embalados adequadamente para não serem danificados durante o transporte.

4.1.3 Remontagem do módulo in loco

No local foram realizadas as seguintes atividades: nivelamento e preparação do contrapiso (Figura 18); montagem do módulo conforme a sequência apresentada no item 4.1.1 (Figura 19); instalação das esquadrias de vidro (Figura 20); instalação do forro de gesso modular removível; execução do piso porcelanato; e instalação das soleiras de granito.



Figura 18 – Nivelamento e preparação do contrapiso para instalação do módulo em estudo

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

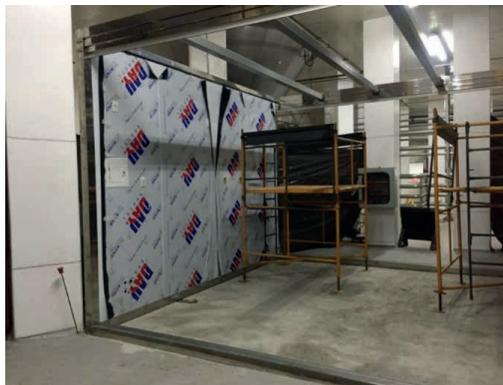


Figura 19 – Montagem do módulo em andamento

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).



Figura 20 – Instalação das esquadrias de alumínio

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

4.2 Análise qualitativa do *checklist* das diretrizes de projeto para desconstrução

As diretrizes gerais e específicas de projeto para desconstrução foram analisadas para cada etapa da obra, divididas em: estrutura, vedação vertical, cobertura e acabamento. Além destas, também foi considerada uma etapa geral quando a diretriz se aplica a edificação como um todo. Nas Tabelas 03 a 11 são apresentados os resultados da aplicação dos *checklists*. As diretrizes não atendidas ou atendidas parcialmente estão justificadas em legendas para demonstrar onde se pode atuar para que o projeto possa atender às diretrizes de projeto para desconstrução.

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
1. SIMPLIFICAÇÃO							
DIRETRIZES ESPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
1.1.	Redução de tipos de materiais utilizados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-
1.2.	Redução de tipos de componentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-
1.3.	Redução de peso de componentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-
1.4.	Forma ergonômica de elementos prevendo a manutenção manual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-

Tabela 03 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 01 (Simplificação)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
2. ADAPTABILIDADE							
DIRETRIZES EPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
2.1.	Componentes dimensionados para se adequar em todas as etapas de construção	-	-	-	-	-	● ^{1,2}
2.2.	Uso de sistema de construção aberto com partes substituíveis	-	-	-	-	-	○
2.3.	Adaptável a diferentes padrões de ocupação no plano	-	-	-	-	-	○
2.4.	Construção com grade padronizada e geometria simples	-	-	-	-	-	○
2.5.	Utilização de elementos pré-moldados ou pré-fabricados	-	-	-	-	-	○
<p>●¹ São utilizados 3 parafusos diferentes para a parte da estrutura;</p> <p>●² São utilizados dois sistemas de vedação vertical interno, cada um com suas propriedades e diferentes fixações.</p>							

Tabela 04 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 02 (Adaptabilidade)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
3. CAMADAS							
DIRETRIZES EPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
3.1.	Projetos de camadas independentes (estrutura, isolamento e revestimento)	-	○	-	○	● ¹	-
3.2.	Não utilização de composição de materiais e a não fabricação de materiais inseparáveis	○	○	○	○	○	-
3.3.	Não utilização de acabamentos secundários para materiais	○	○	○	○	○	-
<p>●¹ Instalações elétricas embutidas no contrapiso. Para realizar manutenções no sistema será necessário danificar o revestimento em porcelanato e o contrapiso.</p>							

Tabela 05 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução a diretriz geral 03 (Camadas)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO+A28:H38							
4. ACESSOS							
DIRETRIZES EPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
4.1.	Componentes com menores ciclos de vida em camada mais acessível	-	-	-	-	-	○
4.2.	Instalações aparentes	-	-	-	-	-	● ¹
4.3.	Facilidade de acesso às camadas	-	-	-	-	-	● ²
4.4.	Acesso a todos os componentes da construção	-	-	-	-	-	○
4.5.	Acessos identificados	-	-	-	-	-	● ³
4.6.	Acesso simples em locais críticos	-	-	-	-	-	● ⁴
4.7.	Plano de rotas para manutenção	-	-	-	-	-	● ⁵
<p>●¹ As instalações não são aparentes. Para ter acesso a essas instalações é necessário retirar a chapa externa de ACM, que por não resistir à desmontagem deverá ser substituída por uma chapa nova;</p> <p>●² A placa de ACM do sistema de vedação vertical interno (SVVI) da elevação 03 é fixada com fita dupla face, e é danificada no momento da remoção, o que dificulta o acesso às camadas;</p> <p>●³ Não está incluso no planejamento e detalhamento do projeto os acessos identificados;</p> <p>●<input type="checkbox"/> A elevação mais crítica com a passagem das instalações elétricas e hidrossanitárias é a elevação 03, vedada com placas de ACM, o que dificulta o acesso;</p> <p>●<input type="checkbox"/> Não existe um plano de rotas para manutenções oferecido para o usuário.</p>							

Tabela 06 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 04 (Acessos)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
5. CONEXÕES							
DIRETRIZES EPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
5.1.	Redução do tipo de conectores e fixadores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/>	-
5.2.	Redução número de conectores e fixadores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-
5.3.	Utilização de conexões mecânicas	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> 4	-
5.4.	Juntas e conectores que resistem repetidas montagens e desmontagens	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> 5	<input checked="" type="radio"/> 6	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> 7	-
5.5.	Inexistência de entalhe, corte ou furação	<input checked="" type="radio"/> 8	<input checked="" type="radio"/> 9	-	<input checked="" type="radio"/> 10	<input checked="" type="radio"/> 11	-
5.6.	Remoção fácil e segura de todos os componentes	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> 12	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> 13	-
5.7.	Utilização de conexão padronizada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-

1 Utilização de diversos tipos de conectores para a instalação do sistema, como os parafusos, tirantes, longarinas e travessas;
 2 Utilização de fita dupla face para a fixação das placas de ACM;
 3 Utilização in-loco de adesivo plástico de PVC para fixar as conexões hidráulicas nos tubos de PVC;
 Utilização de argamassa colante AC3;
 A utilização da fita impede que a chapa de ACM seja retirada sem que ocorram danos na placa e, também, impossibilita a utilização da fita dupla face para futuras montagens e desmontagens;
 O adesivo plástico de PVC impede que os conectores resistam a repetidas montagens e desmontagens;
 A argamassa colante AC3 não pode ser reutilizada, pois depois de seco o material não tem mais função de fixar;
 Foram realizados cortes e furações na estrutura metálica para passagem do sistema hidráulico;
 Foram realizados cortes e furações na placa de ACM do revestimento interno para a instalação do sistema hidráulico e elétrico;
 10 São realizadas furações no painel térmico para fixá-lo na estrutura metálica da cobertura;
 11 Foram realizados cortes em alguns pontos do revestimento para a instalação de tomadas;
 12 Devido à dificuldade de remoção da chapa de ACM é necessária mais atenção para que a retirada do componente seja segura;
 13 Durante a remoção do piso porcelanato é necessário danificar o piso para descolar o porcelanato da argamassa, e ao danificar a peça pode gerar pedaços pontiagudos que podem machucar quem estiver realizando o serviço.

Fonte: Própria (2020).

Tabela 07 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 05 (Conexões)

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
6. DURABILIDADE DOS COMPONENTES							
DIRETRIZES ESPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
6.1.	Uso de componentes duráveis que possam ser reutilizados	○			○		-
6.2.	Componentes projetados para maximizar a número de vezes que podem ser reutilizados	○	● ¹	● ²	○	● ³	-
6.3.	Componente reutilizáveis ou recicláveis	○	○	○	○	○	-
<p>●¹ Utilização de fita dupla face para a fixação das placas de ACM, o que impede que a chapa de ACM seja retirada sem que ocorram danos na placa;</p> <p>●² Foi utilizado cola plástica para fixar o conector no tubo de PVC, o que impede a reutilização das conexões;</p> <p>●³ Utilização de argamassa colante AC3 que não pode ser reutilizada, pois depois de seco o material não tem mais função de fixar.</p>							

Tabela 08 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 06 (Durabilidade dos Componentes)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
7. RISCOS E SEGURANÇA							
DIRETRIZES ESPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
7.1.	Inexistência de materiais tóxicos e perigosos	○	○		○	○	-
7.2.	Manuseio seguro dos componentes durante a montagem e desmontagem	○	○	● ¹	○	● ²	-
7.3.	Tolerância adequada para permitir a desmontagem	○	● ³	○	○	● ⁴	-
7.4.	Permite a desmontagem em paralelo	○	○	○	○	● ⁵	-
7.5.	Identificação permanente dos pontos de desmontagem	● ⁶					-
7.6.	Utilização de detalhes que impeçam que os materiais entrem em contato direto com o solo e apodreçam	-	-	-	-	-	-
7.7.	Inspeção visual e teste adicional para determinados componentes e materiais	-	-	-	-	-	○

●¹ O adesivo plástico utilizado nas conexões hidrossanitárias é facilmente inflamável e pode causar irritações na pele, olhos e vias respiratórias, conforme descrito na Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) do produto fornecida pelo produtor;

●² Devido à utilização da argamassa colante, não é possível, na maioria dos casos, a remoção inteira da peça, e o manuseio durante a montagem e desmontagem torna-se inseguro, principalmente porque as peças são quebradiças e podem formar quinas cortantes;

●³ Ao retirar a chapa de ACM, a fita dupla face fica fixa na placa e ao retirar a fita, a chapa é danificada, sendo assim a chapa de ACM não possui uma tolerância adequada que permita a desmontagem;

● Dificuldade de remover as peças de porcelanato inteira;

● Desmontagem em etapas;

● Identificação apenas provisória para a montagem in loco.

Tabela 09 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 07 (Riscos e Segurança)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
8. SUSTENTABILIDADE							
DIRETRIZES EPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
8.1.	Utilização de tecnologias limpas para o conforto térmico e minimizar a quantidade de manutenções	-	-	-	-	-	○
8.2.	Utilização de técnicas e soluções tecnológicas para a redução de resíduos gerados durante o processo construtivos	-	-	-	-	-	○

Tabela 10 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 08 (Sustentabilidade)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
9. GESTÃO ORGANIZACIONAL							
DIRETRIZES EPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
9.1.	Uso de tecnologias de montagem compatíveis com a prática padrão de construção	-	-	-	-	-	○
9.2.	Identificação permanente para cada componente	-	-	-	-	-	● ¹
9.3.	Preservar informações sobre o edifício, projetos e o seu processo de montagem	-	-	-	-	-	○
9.4.	Manual com manutenções, alterações, substituições e informações dos principais produtos e componentes utilizados	-	-	-	-	-	○
9.5.	Planejamento da demolição seletiva	-	-	-	-	-	● ²
<p>●¹ Componentes foram identificados apenas provisoriamente para a montagem in loco;</p> <p>●² Não foi realizado um planejamento da desconstrução pela equipe de projeto.</p>							

Tabela 11 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 09 (Gestão Organizacional)

Fonte: Própria (2020).

4.3 Análise quantitativa do *checklist* de projeto para desconstrução

A partir do preenchimento dos *checklists* foi possível analisar a porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução por etapa e geral, conforme apresenta a Tabela 12.

PORCENTAGEM ATENDIDA DAS DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
ETAPA		ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
1.	SIMPLIFICAÇÃO	100%	100%	100%	100%	100%	-
2.	ADAPTABILIDADE	-	-	-	-	-	80%
3.	CAMADAS	100%	100%	100%	100%	67%	-
4.	ACESSOS	-	-	-	-	-	36%
5.	CONEXÕES	86%	71%	83%	86%	43%	-
6.	DURABILIDADE DOS COMPONENTES	100%	67%	67%	100%	33%	-
7.	RISCOS E SEGURANÇA	80%	70%	60%	80%	20%	100%
8.	SUSTENTABILIDADE	-	-	-	-	-	100%
9.	GESTÃO ORGANIZACIONAL	-	-	-	-	-	60%

Tabela 12 – Quantitativo das diretrizes gerais de projeto para desconstrução

Fonte: Própria (2020).

Observa-se que a diretriz 1 sobre a simplificação do sistema construtivo foi atendida em 100% em todas as etapas da obra devido à redução de materiais e componentes, redução do peso dos componentes e forma ergonômica dos elementos. Por sua vez, a diretriz 3 (camadas) foi atendida 100% por todas as etapas construtivas, com exceção de acabamentos *in loco*, pois a forma de instalação do piso porcelanato impede que as camadas sejam independentes, conforme apresentado na Tabela 05.

Além disso, a diretriz 6 - Durabilidade dos componentes foi atendida 100% pela etapa de estrutura e de sistema de cobertura, devido à alta durabilidade dos componentes e ao uso de elementos que podem ser reutilizados e reciclados.

A diretriz 7 - Riscos e seguranças e a diretriz 8 - Sustentabilidade são atendidas 100% pela etapa geral, pois foi realizada uma inspeção visual de todos os componentes utilizados na produção do módulo, foram utilizados materiais para o conforto térmico, como os painéis térmicos, e durante a produção do módulo foi realizado o gerenciamento dos resíduos sólidos.

A Figura 21 mostra a porcentagem que cada etapa da construção atendeu das diretrizes de projeto para desconstrução.

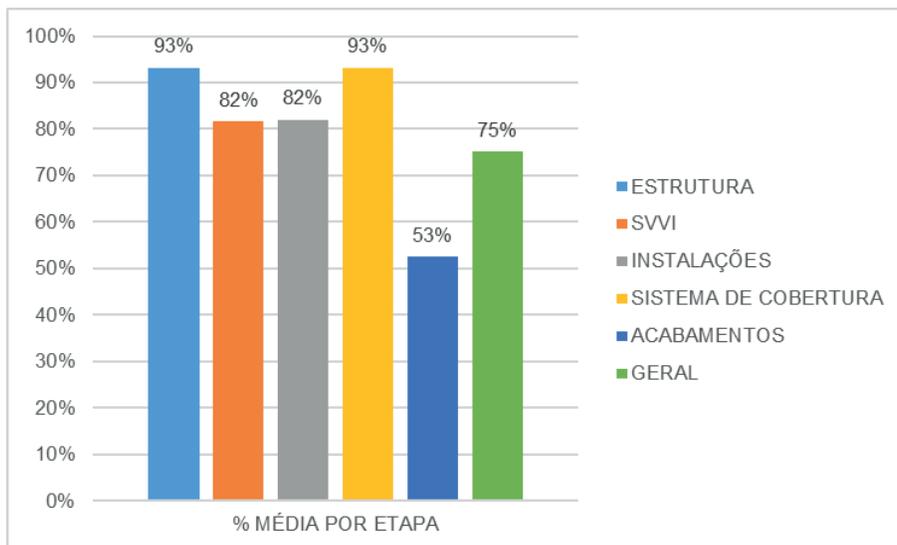


Figura 21 – Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução por etapa

Fonte: Própria (2020).

A etapa de acabamento *in loco* foi a etapa que menos atendeu às diretrizes de projeto para desconstrução, com apenas 53% das diretrizes atendidas, principalmente pela dificuldade de remoção do revestimento dos demais elementos, a utilização de conectores que não resistem repetidas montagens e desmontagens, e a dificuldade em reutilizar o material, pois o mesmo pode ser facilmente danificado durante uma desconstrução, o que impossibilita a reutilização da peça inteira e reduz o seu potencial de desconstrução.

Já o sistema de estrutura atendeu 93% das diretrizes, a etapa não alcançou os 100% devido à existência de entalhes na estrutura, e a falta de identificação permanente. O sistema de cobertura, composto pelas instalações do painel térmico e forro modular, também atendeu 93% das diretrizes. A etapa não alcançou os 100% devido à falta de identificação permanente dos pontos de desmontagem e a não redução dos tipos de conectores e fixadores para a instalação do forro modular. As demais etapas (SVVI, Instalação e Geral); atenderam entre 75% e 82% das diretrizes de projeto para desconstrução.

A Figura 22 mostra o percentual de atendimento de cada diretriz geral de projeto para desconstrução no módulo em estudo.

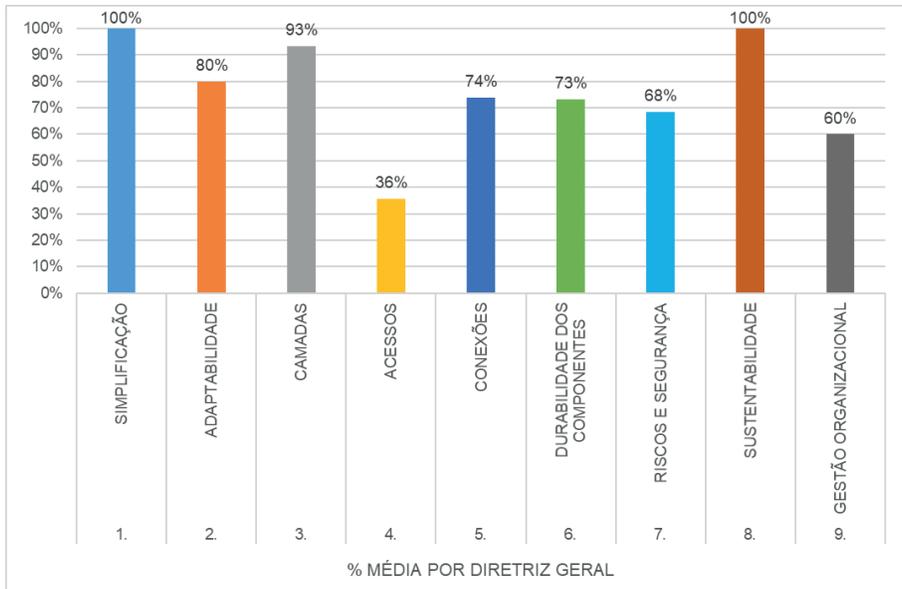


Figura 22 – Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução por diretriz geral

Fonte: Própria (2020).

A partir da Figura 22 é possível perceber que a diretriz menos atendida foi o acesso a todos os elementos do módulo com 36%. Pois, a utilização das placas de ACM dificulta o acesso às camadas da construção, principalmente nos locais mais críticos onde há passagem de tubulações hidrossanitárias. Além disso, a falta de um plano de rotas para manutenção também, influenciou no resultado.

O projeto em estudo atendeu 60% e 68%, respectivamente, das diretrizes referentes à gestão organizacional da produção do módulo e aos riscos e segurança durante uma manutenção ou desconstrução. Em relação à gestão organizacional, a falta de identificação permanente e o não planejamento da desconstrução influenciaram o resultado. Em relação aos riscos e segurança, o que mais influenciou foi a não identificação dos pontos de desmontagem do módulo e a etapa de acabamento devido à utilização de piso porcelanato. As demais diretrizes de projeto para desconstrução foram atendidas entre 73% e 93% pelo projeto modular em estudo.

A partir destes resultados é possível quantificar o potencial de desconstrução do projeto modular em estudo que foi de 76% (Figura 23). Logo, o potencial de desconstrução de uma construção modular vai ao encontro o citado por Spadeto (2011), no qual afirma que a construção industrializada possibilita maior potencial de desconstrução. Já na construção convencional, a utilização de estrutura de concreto armado, e paredes de alvenaria com tubulações e condutores para fiação elétrica embutidos, dificultam a demolição e limitam a quantidade de componentes que podem ser reutilizados ou reciclados (MARTINS; REIS;

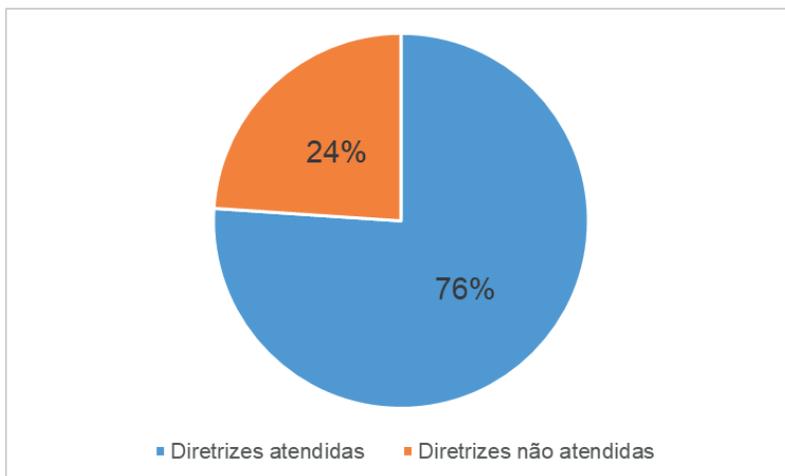


Figura 23 – Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução do projeto modular em estudo

Fonte: Própria (2020).

5 | CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à falta de estudos no tema sobre diretrizes de projeto para a desconstrução de edificações, principalmente na verificação de atendimento a estas diretrizes por meio de aplicação de um *checklist* conforme proposto por Saraiva (2013), algumas dúvidas surgiram relacionadas à abrangência das diretrizes e como qualificá-las no projeto em estudo, um módulo produzido *off-site*.

A partir dos dados obtidos, verificou-se que a ordem crescente de atendimento às diretrizes de projeto para desconstrução foi: acabamentos (53%), vedação vertical (82%), instalações elétricas e hidrossanitárias (82%), estrutura (93%), e cobertura (93%). Para aumentar o potencial de desconstrução deste módulo observa-se que a etapa de acabamentos deve ter prioridade nas revisões do projeto.

A desconstruibilidade do projeto em estudo é de 76%, esse resultado demonstra o potencial de desconstrução que a construção modular apresenta e, neste caso específico, a porcentagem atendida só foi possível devido à modularidade do projeto em estudo e à montagem e desmontagem do módulo dentro da fábrica.

Esse estudo demonstra que as construções modulares possuem um maior potencial de desconstrução quando comparadas às obras convencionais, ou seja, a construção em alvenaria e as instalações de tubulações e condutores embutidos dificultam a demolição e reduzem a quantidade de componentes que podem ser reutilizados ou reciclados, assim, aumenta a probabilidade de os resíduos serem destinados para aterros.

Percebeu-se que se a produção do módulo for fiel ao projeto e o mesmo possuir o detalhamento de montagem de todos os elementos, ou seja, possuir um projeto executivo detalhado será possível aplicar o *checklist* diretamente sobre o projeto, sem a necessidade de acompanhar a produção em fábrica.

Ainda, caso as diretrizes tivessem sido aplicadas durante a concepção do projeto, através da identificação dos componentes; identificação dos pontos de desmontagem; plano de rota para manutenção; mudança de materiais utilizados para revestimento, principalmente do porcelanato utilizado para o revestimento do piso; e priorização da conexão mecânica, principalmente para o sistema de vedação vertical revestido com ACM, o projeto poderia chegar a atender a 100% das diretrizes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa do estudo de caso e ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), pela contribuição e auxílio para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABDOL, R. C.; BALACHANDRAN, S. Anticipating and responding to deconstruction through building design, In: Design for deconstruction and material reuse, CIB Publication 272, paper n. 14, Karlsruhe, Germany, 2002.

ADDIS, A. Reuso de materiais e elementos de construção; tradução Christina Del Posso, São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Manual da Construção Industrializada: Conceitos e Etapas. v.1. Brasília, 2015.

AKINADE, O.O.; OYEDELE, L.O.; OMOTESO, K.; AJAYI, S.O.; BILAL, M.; OWOLABI, H.A.; ALAKA, H.A.; AYRIS, L.; LOONEY, J.H. BIM-based deconstruction tool: Towards essential functionalities. International Journal of Sustainable Built Environment. Volume 6, Issue 1, Pages 260-271, June 2017.

BERTRAM, N. et al. Modular construction: From projects to products. Capital Projects & Infrastructure. McKinsey & Company, June 2019.

CARVALHO, B. S. Um método de entrega de projeto para construção modular baseado nos princípios *lean*. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2020.

COUTO, A.; COUTO, J. Why deconstruction is not adequately considered in Portuguese Building refurbishment. Association of Researchers in Construction Management, ARCOM 2007 – Proceedings of the 23rd Annual Conference, v. 2, p. 811–820. Guimarães 2007.

COUTO, A.B.; COUTO, J. P.; TEIXEIRA, J.C. Desconstrução – uma ferramenta para sustentabilidade da construção. In: Seminário Internacional NUTAU 2006, 2006, São Paulo. Seminário Internacional NUTAU 2006, 2006.

CROWTHER, P. Building Deconstruction in Australia. Overview of deconstruction in select countries, n. 252, University of Florida, Florida, 2000.

CROWTHER, P. Developing an inclusive model for design for deconstruction. Deconstruction and materials reuse: technology, economic, and policy. Forthcoming CIB Publication 266, 2001.

FREIRE, L., BRITO, J. Custos e benefícios da demolição seletiva. In: Congresso Nacional da Construção. v. 2. Lisboa, 2001.

GUY, B.; CIARIMBOLI, N. Design for Disassembly in the Built Environment: A Guide to Closed-Loop Design and Building; Pennsylvania State University: University Park, PA, USA, 2006.

GUY, B.; SHELL, S. Design for deconstruction and material reuse. In: Design for deconstruction and material reuse, CIB Publication 272, p. 15, Karlsruhe, 2002.

HECHLER, O.; LARSEN, O. P.; NIELSEN, S. Design for Deconstruction. 2012.

KANTERS, J. Design for Deconstruction in the design process: state of the art. Buildings, v. 8, p. 150, 2018.

KHALILI, A.; CHUA, D. K. H. Framework for an IFC-based tool for implementing design for deconstruction (DfD). 2011.

KIBERT, C. J. Deconstruction: The start of a sustainable materials strategy for the built environment. Industry and Environment, v. 26, n. 2–3, p. 84–88, 2003.

KIBERT, C. J., CHINI, A. R., LANGUEL, J. Implementing deconstruction in the United States. Overview of Deconstruction in Selected Countries. Forthcoming CIB Publication 252, 2000.

MARTINS, Andreia Sofia Moreira; REIS, Daniel Costa; FABRICIO, Márcio Minto. Diretrizes para o planejamento de uma demolição seletiva em edifícios. **Interações**, Campo Grande, v. 20, n. 2, p. 487-507, jun. 2018.

MBI – Modular Building Institute. What is modular construction? Disponível em: www.modular.org Acesso em: 10 out. 2021.

MORGAN, C.; STEVENSON, F. Design for deconstruction, SEDA Design Guides for Scotland: N°. 1, 2005.

SARAIVA, Tatiana Santos. Diretrizes de projeto para possibilitar a desconstrução de edificações e seus componentes. 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

SMITH, R. E. Off-site construction implementation research: Off-site and modular construction explained. Off-Site Construction Council, National Institute of Building Sciences, 2016.

SPADETO, Tatiana Freitas. Industrialização na construção civil: Uma contribuição à política de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto. 2011. 212 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

VARELA, Mafalda Xavier. A casa modular vista na perspectiva do engenheiro mecânico. 2015. 256 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2015.

WEBSTER, M. D.; GUMPERTZ, S.; HEGER, COSTELLO, D. T.; DISMANTLING, C. Designing structural systems for deconstruction: How to extend a new building's useful life and prevent it from going to waste When the end finally comes Greenbuild, Conference, Atlanta, GA November, 2005.