

Análise da construtibilidade em sistemas de vedação com alvenaria de bloco de concreto celular autoclavado

Analysis of the constructability in autoclaved cellular concrete block masonry sealing systems

Aline Vieira Borges, Esp., UFSC

alineborges.arq@hotmail.com

Lisiane Ilha Librelotto, Dra., UFSC

Lisiane.librelotto@gmail.com

Resumo

A construção civil tem enfrentado importantes desafios na busca por métodos de gestão que contribuam para equalizar a tríplice composta pelos fatores custo, prazo e qualidade, explorando os aspectos relacionados as dimensões da sustentabilidade: econômicos, ambientais e sociais. A construtibilidade, sendo a aplicação das melhores práticas em todas as etapas do processo construtivo vem se destacando como forma de gestão de sucesso para o setor. O presente trabalho apresenta os conceitos de construtibilidade e diretrizes para a avaliação do desempenho do sistema de vedação de alvenarias com bloco de concreto celular autoclavado (BCCA), quanto à sua construtibilidade. Inicialmente foram revisados os conceitos e em seguida, procedeu com a avaliação in loco da construtibilidade do sistema. Como resultados desta pesquisa, buscou-se avaliar o desempenho do sistema no que se refere à construtibilidade e suas contribuições a sustentabilidade, explorando-o como material construtivo inovador e sua aplicabilidade em grande escala na construção civil.

Palavras-chave: Construtibilidade; Sistemas de vedação; Bloco de concreto auto clavado.

Abstract

The civil construction has faced important challenges in the search for management methods that contribute to equalize the threefold composed by cost, time and quality factors, exploring aspects related to the dimensions of sustainability: economic, environmental and social. Constructability, being the application of best practices in all stages of the construction process has been highlighted as a form of successful management for the sector. The present work presents the concepts of constructability and guidelines for the evaluation of the performance of the masonry fence system with autoclaved cellular concrete block (BCCA), as well as its constructability. Initially, the concepts were reviewed and then proceeded with the on-site evaluation of the system's constructability. As a result of this research, we sought to evaluate the performance of the system in terms of constructability and its contributions to sustainability, exploiting it as an innovative constructive material and its large-scale applicability in civil construction.

Keywords: Constructability; Sealing Systems; autoclaved cellular concrete block.

1. Introdução

Existe nos últimos anos uma busca constante por inovações que contribuam para o desenvolvimento da construção civil, por meio de estudos e instrumentos que potencializem o desempenho e minimizem os impactos através de metodologias mais eficientes de gestão e que desenvolvam a sustentabilidade do setor.

Desta forma, a busca por modelos de gestão e inovações em materiais e técnicas que potencializem a competitividade e a sustentabilidade ambiental, econômica e social, tem representado uma importante mudança na postura da indústria da construção diante dos novos conceitos para os moldes de gestão da construção e do desenvolvimento sustentável de suas atividades.

Com estas considerações, este artigo busca apresentar uma análise entre a construtibilidade, definida como sendo o ótimo uso dos conhecimentos de construção e a experiência em planejamento, engenharia, suprimentos e operações de campo para atingir o melhor desempenho de um projeto, em relação ao uso de blocos de concreto celular autoclavado em sistemas de vedação de alvenarias, material este, considerado como uma alternativa tecnológica para a construção civil e que proporciona uma redução de até 30% em desperdícios e melhor habitabilidade nas edificações (FIGUEIRÓ, 2009).

Conforme Figueiró (2009), a etapa de alvenaria é considerada como responsável pelos maiores índices de desperdícios de materiais na construção civil. As perdas de materiais em processos construtivos com blocos cerâmicos podem chegar até 15% do total das perdas em obras. Desta forma, fica evidente a importância do estudo e da adoção de materiais e técnicas capazes de trazer inovação a este processo, bem como controlar e reduzir os impactos gerados, oportunizando melhores condições de trabalho aos colaboradores envolvidos no processo construtivo.

Durante muitos anos, a construção civil vem utilizando sistemas de vedação tradicionais, baseados no uso de tijolos prensados de argila, blocos cerâmicos e de blocos de concreto, no entanto, com as constantes inovações no desenvolvimento de materiais para a construção, tem-se disponível no mercado insumos que desempenham esta função e apresentam características superiores relacionados ao desempenho e a facilidade no uso. Este é o caso dos blocos de concreto celular autoclavado (BCCA) para vedação de alvenarias.

O potencial de racionalização construtiva dos BCCA representado pela leveza, grande dimensão, boa textura, uniformidade dimensional e facilidade de corte, permite a otimização da execução da alvenaria de vedação, possibilitando racionalização, diminuição de custos e aumento da qualidade dos serviços. (COSTA, 1998, p. 296).

Desta forma, para avaliar a utilização do BCCA como elemento de vedação em alvenarias, identificou-se a necessidade de desenvolver diretrizes para avaliar seu comportamento e prever o desempenho ao longo de sua vida útil. Ainda neste contexto, a Associação Brasileira de Normas Técnicas lançou a Norma de Desempenho para edificações de até cinco pavimentos (NBR 15575, 2013), onde a abordagem do desempenho está fundamentada em segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

Existem ainda outros conceitos a serem validados na verificação do desempenho de determinado sistema, destacando neste caso, a construtibilidade. Sendo necessária a

elaboração de requisitos de desempenho relacionados a construtibilidade, que possibilitem a avaliação do sistema de vedação com bloco de concreto celular autoclavado, a partir de um melhor entendimento dos conceitos, aplicações do tema proposto e sua exploração como material que promova a sustentabilidade econômica, ambiental e social da construção.

A construtibilidade sendo entendida como a melhor aplicação das práticas projetuais e construtivas em todas as fases do projeto, implica na participação efetiva daqueles que possuem os conhecimentos acerca dos materiais e suas dificuldades de execução, junto a aqueles que compreendem sob a ótica gerencial os objetivos do projeto, para que junto elaborem todas as etapas da obra buscando acarretar benefícios concretos, a partir da visão crítica proporcionada pela análise da construtibilidade, em benefícios da sustentabilidade do processo construtivo.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Concreto Celular Autoclavado e Bloco de Concreto Celular Autoclavado

O concreto celular autoclavado (CCA) é um material desenvolvido inicialmente na Suécia, em 1942. A principal característica deste material, considerada como um concreto leve, está relacionada a sua capacidade de isolamento térmico e resistência ao fogo, o que o torna amplamente utilizado para a produção de bloco para uso em vedação de alvenarias.

Conforme a NBR 13438 (ABNT, 2013), o concreto autoclavado é definido como:

É um concreto leve, obtido através de um processo industrial, constituído por materiais calcários (cimento, cal ou ambos) e materiais ricos em sílica, granulados finamente. Esta mistura é expandida através da utilização de produtos formadores de gases, água e aditivos, se for o caso, sendo submetidos à pressão e temperatura através de vapor saturado. O concreto celular autoclavado contém células fechadas, aeradas e uniformemente distribuídas (ABNT, 2013, p.1).

O bloco de concreto autoclavado (BCCA) é um produto proveniente do CCA, cujo processo de fabricação implica em corte longitudinais e transversais das peças antes de entrarem na autoclave, onde são submetidos a altos níveis de calor, umidade e pressão, o que garante as peças características físicas próprias do BCCA (VARISCO, 2014), conforme mencionados abaixo:

- **Leveza:** Redução do peso na fundação e estrutura, resultando em economia de materiais e mão de obra;
- **Grandes dimensões:** Menor número de juntas de assentamento, com conseqüente redução no uso de argamassas, mão de obra e menor tempo de execução;
- **Facilidade de cortes:** Pela facilidade do corte dos blocos, obtém-se maior racionalização da obra, economia de tempo, reduzindo perdas e proporcionando um canteiro de obras mais limpo e seguro;
- **Isolamento Térmico:** Aumenta a eficiência energética nas construções, reduzindo consumo elétrico para condicionamento de ar. Contribui para adequar a obra à Norma de Desempenho de Habitações ABNT NBR 15.575;

- **Atenuação acústica:** Redução com custos de material isolantes acústicos. Contribui para adequar a obra à Norma de Desempenho de Habitações ABNT NBR 15.575;
- **Resistência ao fogo:** Atendimento aos requisitos de segurança para uso de edificações.

O concreto celular autoclavado é considerado como material promissor para a construção, acarretando benefícios como a redução de custos, melhor habitabilidade, redução no consumo de energia, gases estufa e manutenção, bem como facilidade na ampliação, manutenção e compatibilidade com outros sistemas construtivos. No entanto, suas características e potencialidade ainda não foram amplamente explorada para o uso na construção civil (VARISCO, 2014).

Desta forma, ressalta-se a relevância desta pesquisa em analisar os conceitos e requisitos relacionado a construtibilidade para o ótimo uso dos conhecimentos e experiência técnica de construção para ampliar o uso do bloco de concreto celular na construção civil.

2.2 Construtibilidade

O termo construtibilidade surgiu inicialmente durante a década de 1970 na Europa e, posteriormente nos Estados Unidos, com o intuito de prover melhorias para o processo construtivo, buscando minimizar deficiências decorrentes da falta de integração ente o projeto e a construção (ZUCCHETTI, 2010).

Na Europa, o termo conhecido como “*buildability*” era definido como “a extensão pela qual o projeto facilita as atividades de construção levando em conta os requisitos globais da edificação construída” (CIRIA, 1983 apud RODRIGUES, 2005). Já nos Estados Unidos, o conceito de “*constructability*” ou construtibilidade, foi definido em meados dos anos 1980 pelo Construction Industry Institute (CII) e propunha uma série de metodologias a aplicação do conceito nas diferentes fases de ciclo de vida das edificações: planejamento conceitual, o projeto, a contratação, construção e o uso (CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE, 1986).

Com base nestas definições, observa-se que no termo “*buildability*” (Figura 1) a análise se restringe melhorias focadas no projeto. Enquanto em “*constructability*” traz uma compreensão mais abrangente, expandindo seu foco de análise para melhorias relacionadas ao planejamento, contratação e trabalhos em canteiro de obra (RODRIGUES, 2005).

O’Connor e Tucker (1986) contribuem para o conceito desenvolvido na Europa ao definirem como a capacidade das condições de projeto em garantir a utilização ótima dos recursos de construção, ressaltando assim, a importância da aplicação deste conceito nas etapas de projeto como medida para a busca da eficiência das construções.

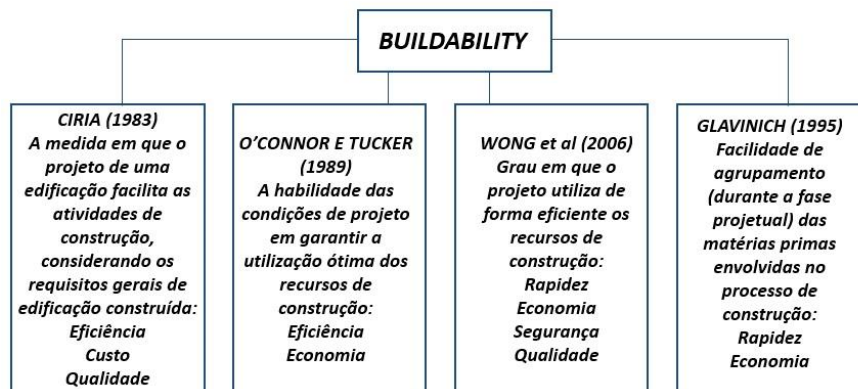


Figura 1: Conceitos de *buildability*. Fonte: ZUCCHETTI (2010) adaptado pela autora.

Ainda nesta linha de definição, a construtibilidade foi definida segundo Glavinich (1995) como a facilidade que os insumos do processo de produção podem ser abordados ainda na etapa projetual na busca por uma obra mais rápida e econômica. Wong et al. (2006) contribui nesta abordagem da construtibilidade, acrescentando o quanto o projeto sob a ótica da construtibilidade pode influenciar no uso eficiente dos recursos de construção, tornando mais fácil e segura, enquanto ainda busca atender os requisitos dos clientes, percepção esta, que indica ainda mais a importância da implementação dos conceitos de construtibilidade atualmente, mediante a obrigatoriedade do atendimento aos requisitos da NBR 15575 (ABNT, 2013).

A definição de construtibilidade (*constructability*) (Figura 2) desenvolvida nos Estados Unidos, apresenta uma abordagem mais holística, considerando sua aplicabilidade em longo de todas as etapas do processo construtivo. Enquanto alguns outros pesquisadores avançam ainda mais na aplicação do conceito, e estendem o escopo até as etapas de uso, manutenção e desconstrução (CROWTHER, 2002; SANTOS, HEINECK, 2004).

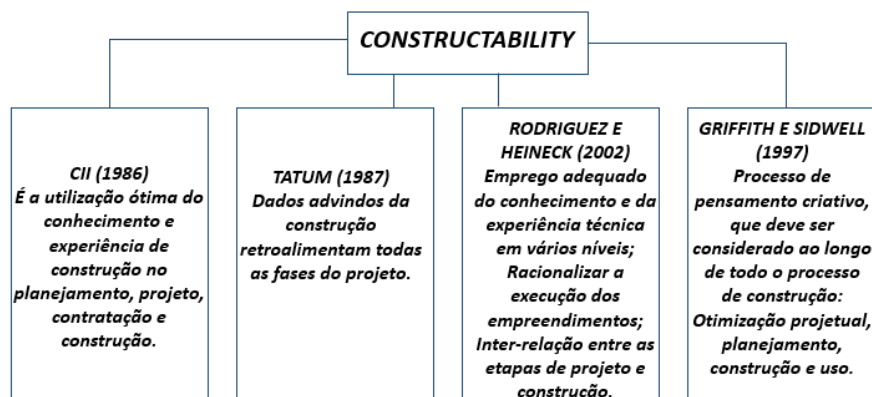


Figura 2: Conceitos de *constructability* ou construtibilidade. Fonte: ZUCCHETTI (2010) adaptado pela autora.

Dentre os benefícios promovidos pela adequada aplicação dos conceitos da construtibilidade em todas as fases do empreendimento, pode-se destacar:

- Melhoria das condições de segurança do trabalho nos canteiros de obras;
- Redução do retrabalho nos canteiros de obras;

- Aumento da produtividade;
- Melhoria da qualidade dos processos em execução;
- Melhoria nos cronogramas e prazos do processo construtivo;
- Diminuição das tarefas na construção;
- Melhoria dos métodos construtivos e da tecnologia;
- Comunicação mais assertiva entre todos os envolvidos;
- Otimização da construção, com a geração de técnicas construtivas inovadoras;
- Recursos efetivos de gerenciamento e normalização;
- Implementação de procedimentos organizacionais padronizados;
- Desenvolvimento sustentável sob a ótica econômica, social e ambiental;
- Redução em prazo e custos de projetos (ZUCCHETTI, 2010).

Conforme Griffith e Sidweel (1997), o exercício eficaz da construtibilidade pode ainda promover resultados satisfatórios relacionados a simplificação do projeto para sua execução, comunicação mais efetiva e assertiva sobre os detalhamentos de projeto e ao gerenciamento eficaz e seguro do canteiro de obras.

Para um melhor entendimento dos conceitos da construtibilidade e suas aplicações no processo de construção faz-se necessário à adoção de boas práticas, para que os benefícios quantitativos e qualitativos sejam alcançados e validados. Neste sentido, a capacitação das equipes de trabalhos, encorajando o trabalho em equipe, a criatividade e as práticas inovadoras, bem como a integração total do empreendimento aos princípios da construtibilidade e a avaliação regular dos resultados obtidos e adequações do processo quando necessárias, deve ser uma prática constante.

2.1.1 Princípios da Construtibilidade

A partir das definições para o termo construtibilidade apresentadas anteriormente, são elencadas a seguir, práticas e princípios relacionados ao tema de acordo com autores que defendem a aplicação destes conceitos como meio para a promoção da construtibilidade na construção civil (RODRIGUES, 2005). No entanto, é importante destacar que os princípios apresentados não pretendem delimitar os estudos acerca da construtibilidade, mas sim, definir uma metodologia de análise, baseada nas referências supracitadas, com o objetivo de avaliar o elemento construtivo objeto de análise desta pesquisa.

O'Connor et al (1987) desenvolveu um dos primeiros estudos relacionados a proposição de requisitos para a análise da construtibilidade de uma edificação, onde foram elencados sete princípios para a melhoria da construtibilidade que podem ser aplicados nas etapas de projeto e planejamento.

Enquanto o Construction Industry Institute (1987) definia em seu guia para a implementação da construtibilidade, quatorze conceitos, sendo seis destes relacionados a concepção, sete relacionados a etapa de projeto e contratação e o último conceito aplicado a fase construção. Foram ainda, propostos pelo CIRIA (CIRIA, 1983 apud RODRIGUES, 2005), sete princípios de construtibilidade aplicáveis as fases de concepção e projeto.

A seguir (Quadro 1) são apresentados alguns dos princípios relacionados a construtibilidade para posterior análise do material e técnica construtiva, objeto desta pesquisa, o BCCA. Serão analisados ainda, cada um destes princípios sob a ótica de contribuições à promoção de melhorias no sistema em análise e da sustentabilidade.

Princípios da Construtibilidade		
1	GRIFFTH (1986); O'CONNOR e TUCKER (1986); O'CONNOR et al (1987); CII (1993); NIMA et al (2002).	Simplificar pela redução do número de partes e passos.
2	GRIFFTH (1986); O'CONNOR e TUCKER (1986); CII (1993); NIMA et al (2002).	Padronizar elementos do projeto e processos construtivos.
3	O'CONNOR e TUCKER (1986); O'CONNOR et al (1987); CII (1993); NIMA et al (2002).	Promover acessibilidade para pessoas, materiais e equipamentos.
4	O'CONNOR e TUCKER (1986); CII (1993); NIMA et al (2002).	Facilitar construção sob condições climáticas adversas.
5	O'CONNOR e TUCKER (1986); CII (1993); NIMA et al (2002).	Otimizar os processos de construção.
6	SAFFARO et al (2004).	Promover a manutenibilidade.
7	HELLANDER e WILLÉN (1999)	Minimizar o tempo de percepção, decisão e manipulação das operações de montagem manual.

Quadro 1: Princípios de Construtibilidade identificados na bibliografia. Fonte: RODRIGUES (2005) adaptado pela autora.

Simplificar pela redução do número de partes e passos: O princípio da simplificação tem como objetivo melhorar a eficiência dos processos produtivos e na melhoria das atividades de conversão e nas atividades de fluxo (RODRIGUES, 2005). Desta forma, a simplificação está entre uma das principais maneiras de aumentar a construtibilidade.

Padronizar elementos do projeto e processos construtivos: Segundo O'Connor et al (1987) a padronização promove o aumento da construtibilidade uma vez que através a implementação de procedimentos padrões impulsiona o aprendizado no canteiro de obras pela repetição das atividades e promove a simplificação na gestão do processo de compras.

Promover acessibilidade para pessoas, materiais e equipamento: As práticas relacionadas a acessibilidade de pessoas, máquinas e equipamento promovem diversas melhorias no fluxo do canteiro de obras, em contrapartida, a dificuldade de acesso pode acarretar em desperdícios relacionados a produtividade e retrabalhos (O'CONNOR et al, 1987). A promoção deste princípio promove ainda benefícios relacionados a saúde e segurança dos colaboradores envolvidos nas atividades do canteiro de obras em atendimentos as Normas Regulamentadoras do Trabalho.

Facilitar a construção sob condições climáticas adversas: A interferência climática é um dos fatores mais representativos na perda da produtividade e nos atrasos na construção civil. Quando a concepção do projeto favorece o trabalho mesmo em condições adversas, a construtibilidade é priorizada.

Otimizar os processos de construção: Nima et al (2002) sugere algumas práticas que podem ser adotadas para a maximização da construtibilidade nesta etapa do processo construtivo: inovar em materiais e sistema, implementar ferramentas manuais que reduzam

a intensidade dos trabalhos e aumentem a mobilidade, segurança e acessibilidade, e introduzir ou modificar métodos e equipamentos para aumentar a produtividade.

Promover a manutenibilidade: O conceito de manutenibilidade pode ser entendido como as características que proporcionam facilidade, segurança e economia nas funções de manutenção de uma edificação (RODRIGUES, 2005). Desta forma, a manutenibilidade pode ser considerada como um dos princípios da construtibilidade quando relacionado a atividade de substituição e reformas. (SAFFARO et al, 2004).

Minimizar o tempo de percepção, decisão e manipulação das operações de montagem manual: O fator humano é uma constante fundamental em todas as etapas dos processos da construção civil. Neste sentido Helander e Willén (1999) elencam práticas, entre elas: assegurar visibilidade completa das partes, facilitar a formação de modelos mentais assegurando visibilidade, uso de peças de fácil pega e que não se entrelacem e promover a transferência de treinamentos e conhecimentos.

3. Resultados e Discussões: Avaliação da Construtibilidade

A proposição acerca dos métodos para a avaliação da construtibilidade ainda é pouco explorada nas bibliografias consultadas. Alguns autores buscam propor aspectos de conduzam esta análise, com a explanação sobre como o índice de construtibilidade deve ser mensurado através cálculo da relação entre os custos de implementação ações e seus benefícios por elas alcançados (RODRIGUES, 2005).

Embora a avaliação do custo/benefícios proporcione importantes dados a serem avaliados na construtibilidade de um empreendimento e na eficácia das ações desenvolvidas, torna-se subjetiva quando referente a avaliação da construtibilidade nas fases de projeto e processo construtivo. Desta forma, Costa (2003) propõe que a aplicação de indicadores de desempenho, aplicáveis a todas as fases da construção, promoveria maior suporte para a avaliação dos aspectos relacionadas a construtibilidade. Ainda neste sentido, uma avaliação da construtibilidade que vá além dos aspectos econômicos, promoveriam importante ações para o desenvolvimento social e ambiental da construção civil.

O desenvolvimento de indicadores de desempenho torna-se importante ferramenta para a avaliação da construtibilidade, bem como para o planejamento, controle e melhoria da qualidade, contribuindo para o desenvolvimento e inovação de produtos e processos e na tomada de decisões em diversas etapas do processo construtivo (COSTA, 2003).

Neste sentido, esta pesquisa buscou desenvolver a análise da construtibilidade do uso de bloco de concreto celular autoclavado em sistemas de vedação de alvenaria. Para esta avaliação, foram desenvolvidas análises in loco, realizadas pela autora deste artigo, na obra de um edifício multifamiliar município de Criciúma/SC (Figura 3), cujo sistema de vedação das alvenarias está sendo executado com bloco de concreto celular autoclavado provenientes da empresa Celucon[®], localizada na cidade vizinha, Morro da Fumaça/SC. As visitas a obra foram realizadas no mês de dezembro de 2017.

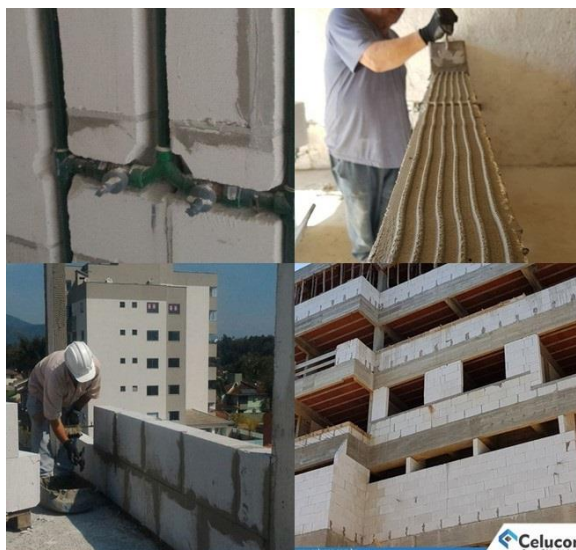


Figura 3: Obra de residencial multifamiliar em Criciúma/SC com a utilização de sistema de vedação das alvenarias com bloco de concreto celular da empresa Celucon®.

Fonte: Acervo próprio (2017).

A seguir (Quadro 2) são apresentados os resultados da análise com base nos princípios da construtibilidade e dos requisitos básicos propostos pelas bibliografias consultadas. Nesta análise, foram sinalizados com 1 as características de apresentaram adequação e satisfatoriedade aos requisitos e, sinalizadas com 0, aquelas características que necessitam de maiores estudos e desenvolvimento para adequar-se aos princípios da construtibilidade.

Sistemas de vedação com alvenaria de bloco de concreto celular autoclavado	Princípios da Construtibilidade	Requisitos Básicos com base nas bibliografias consultadas	
	Simplificar pela redução do número de partes e passos		Reduzir número de passos e partes de um produto através de alterações no projeto ou no uso de partes pré-fabricadas.
		Eliminar características ou funções que não agreguem valor para o cliente.	1
		Incorporar componentes ou funções em um só elemento.	1
		Utilizar materiais facilmente disponíveis no mercado, com tamanhos e configurações comuns.	0
		Analisar a viabilidade de emprego de métodos de pré-fabricação, pré-montagem e modularização.	1
Padronizar elementos do projeto e processos construtivos		Emprega dimensões modulares, repetição de tamanhos e componentes e de detalhes de conexão, minimizando a variabilidade dos produtos e processos e simplificando as operações de canteiro.	1
		Utiliza repetição nos processos e atividades construtivas.	1
Promover acessibilidade para pessoas, materiais e equipamentos		Não necessita de equipamentos especiais para transporte, manipulação, construção e instalação.	1
		Prioriza a ergonomia das atividades desenvolvidas no canteiro.	1

		Não exige espaços especiais para armazenagem e construção.	0
		Reduz os espaços de estocagem pelo possibilidade de empilhamento.	1
		Não necessita proteção, especialmente nas arestas, eliminando possibilidades de danos decorrentes do transporte, manipulação, empilhamento, circulação e instalação no canteiro.	0
		Utiliza materiais e componentes com tamanhos e pesos seguros para a manipulação, construção, instalação e manutenção.	0
	Facilitar construção sob condições climáticas adversas	Mínimiza o desenvolvimento de atividades ao ar livre.	1
		Permite o fechamento das espaços nas etapas iniciais, possibilitando a armazenagem de equipamentos e materiais.	1
		Utiliza métodos construtivos de Pré-fabricação, Pré-montagem, Modularização e Produção fora da instalação final, minimizando trabalhos em canteiros.	1
	Otimizar os processos de construção	Emprega materiais novos para usos tradicionais.	1
		Redução da quantidade de trabalho realizado no canteiro de obra e melhora as condições o trabalho.	1
		Mínimiza perdas e retrabalhos na construção.	1
		Emprega sequencias práticas de construção e operações contínuas que melhoram a produtividade e facilitam o trabalho dos colaboradores.	1
		Propicia a utilização de método construtivos inovadores.	1
	Promover a manutenibilidade	Emprega características físicas e funcionais simples.	1
		Utiliza número reduzido de componentes e submontagens.	1
		Permite montagem e desmontagem de maneira adequada.	1
		Utiliza componentes padronizados, com coordenação e tolerâncias adequadas.	1
Utiliza partes modulares que possam ser facilmente testadas e reparadas, independentes do produto final.		1	
Minimizar o tempo de percepção, decisão e manipulação das operações de montagem manual.	Proporcionar visibilidade completa de partes e ferramentas, discriminação por cores e tamanhos, texturas, entre outros.	1	
	Facilitar a formação de modelos mentais.	1	
	Reduzir o tempo de escolha pela limitação do número de peças disponíveis.	1	
	Usar partes fáceis de manusear; projetar para facilitar a parte das pegas a serem montadas.	1	

Quadro 2: Análise da construtibilidade do sistema de vedação com alvenaria de bloco de concreto celular autoclavado. Fonte: ZUCCHETTI (2010) adaptado pela autora (2018).

O objetivo central da análise da construtibilidade do sistema de vedação com alvenaria de bloco de concreto celular autoclavado é sua validação como material e técnica construtiva inovadora na construção civil. Explorando os conceitos da construtibilidade através da sua aplicação prática, para que sejam ampliados os estudos sobre a temática e suas contribuições para o desenvolvimento sustentável do setor.

A partir dos resultados apresentados no quadro 3, é possível afirmar que, com base nos princípios e requisitos da construtibilidade, o BCCA apresenta bom desempenho, justificando assim, os anseios desta pesquisa, bem como, estudos futuros para o aperfeiçoamento das características já consideradas como satisfatórias e principalmente, para o estudo e desenvolvimento do material com o objetivo de maximizar seu potencial de desempenho relativo a construtibilidade e a sustentabilidade.

4. Considerações Finais

Este artigo teve como objetivo principal a exploração prática dos conceitos da construtibilidade através da avaliação do desempenho do uso de blocos de concreto celular autoclavado para uso em sistema de vedação de alvenaria. Para esta análise, foram desenvolvidas revisões bibliográficas a partir dos sete princípios para a construtibilidade e dos requisitos básicos apontados pelos autores e avaliados in loco para esta pesquisa.

A construtibilidade é considerada como uma importante ferramenta para a gestão em todas as fases do processo construtivo, sendo associada a ações como a otimização dos processos e métodos construtivos, utilização de processos inovadores e eficientes, projeto otimização para a construção, promoção da acessibilidade, manutenibilidade, entre outros procedimentos de gestão e controle que são direcionados para o alcance da construtibilidade, mas que certamente vão muito além ações exploradas nesta pesquisa.

Neste sentido, infere-se que os princípios relativos a construtibilidade representam ganhos significativos quando aplicados em todas as fases do processo construtivo. É importante salientar que a adoção das diretrizes de construtibilidade implicam em uma série de benefícios para a construção também em termos de sustentabilidade, como destacados ao longo desta pesquisa. No entanto, faz-se necessário destacar a importância da evolução dos estudos sobre esta temática para maximizar seus efeitos, explorando por completo o tripé da sustentabilidade: econômico, ambiental e social.

Desta forma, é assertivo dizer a maximização dos estudos acerca construtibilidade e sua ampla implementação no processo construtivo resultarão em oportunidades e ganhos nas obras, alcançando assim, melhores resultados globais e otimização de prazos, custos, conhecimentos e competências.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13438: Blocos de concreto celular autoclavado** - Requisitos. Rio de Janeiro, 2013.

- _____. NBR 15575: **Edifícios Habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.
- CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Guidelines for implementing a constructability program Constructability Concepts File**. Universidade do Texas, Austin, 1987.
- _____. **Preview of Constructability Implementation**. Universidade do Texas, Austin, 1993.
- COSTA, M. R. M. M. **Método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavado**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- COSTA, D.B. **Diretrizes para a concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas de construção civil**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- FIGUEIRÓ, W.O. **Racionalização do Processo Construtivo de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- GRIFFITH, A. SIDWELL, A.C. **Development of constructability concepts, principles and practices**. Journal Engineering Construction and Architectural Management. 1997.
- HELANDER, M. WILLIEN, B. **Design for human assembly**. The occupational ergonomics handbook. Boca Raton: CRC Press. 1999.
- NIMA, M.A; ABDUL-KADIR, M.R.; JAAFAR, M.S. **Evaluation of the role of the contractor's personnel in enhancing the project constructability**. Structural Survey, 2002.
- O'CONNOR, J.T; RUSCH, S.C.; SCHULZ, M.J. **Constructability concepts for engineering and procurement**. Journal of Construction Engineering and Management, 1987.
- O'CONNOR, J.T, TUCKER, R. L. **Industrial Project constructability improvement**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 112, n.1, 1986.
- RODRIGUES. M.B. **Diretrizes para a integração dos requisitos de construtibilidade ao processo de desenvolvimento de produto de obras repetitivas**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- SAFFARO, F. A.; SANTOS, D.G.; HEINECK, L.F. **Uma proposta para a classificação de decisões voltadas a melhoria da construtibilidade**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004.
- VARISCO, M. Q. **Análise do desempenho de blocos de concreto celular autoclavado em um sistema de vedação externa**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2014.
- ZUCCHETTI, L. **A construtibilidade como requisito de avaliação de componentes para a edificação: o caso do Elemento de Integração alvenaria/esquadria**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.