

ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE EM UM CANTEIRO DE OBRAS EM JUAZEIRO DO NORTE – CEARÁ

Valeska Karoline Nergino Bezerra¹;

Centro Universitário Paraíso (UniFAP) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/8099040624361668>

Joselania Gonçalves Rats²;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7633732641057594>

Jefferson Macedo do Nascimento³;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/5508143271957474>

José Ricardo Temoteo Monte⁴;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2889829481020627>

Joaquim Rodrigues da Silva Neto⁵;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/8662641105797350>

Maria Wesline Cardoso Viana⁶;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2198750887845635>

Sarah Luana Maia do Nascimento⁷;

Universidade Federal do Ceará (UFC) – Campus do Pici.

<http://lattes.cnpq.br/3133681234721596>

Rildson Melo Fontenele⁸;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -

Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/9114260410299837>

Anielle dos Santos Brito⁹.

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7523803980086935>

RESUMO: Sendo o desperdício de materiais da construção civil um fator preocupante, o presente capítulo tem como objetivo analisar os indicadores de sustentabilidade através dos princípios da construção enxuta e do índice do desempenho ambiental em um canteiro de obras em Juazeiro do Norte, Ceará. A pesquisa foi desenvolvida através do estudo de caso, no qual foi utilizada a análise da aplicabilidade dos onze princípios da construção enxuta no sistema de fôrmas de alumínio para concreto autoadensável, como também análise do consumo de água, energia e produção de resíduos. Após a coleta de dados e alimentação da tabela de aplicação dos princípios, foi possível desenvolver os cálculos para a obtenção dos resultados de natureza quantitativa para os indicadores utilizados. Os resultados para os indicadores dos princípios da construção enxuta foram considerados “Bom”, acerca do consumo de água no sistema de fôrmas. Os resultados mostraram-se eficientes, quanto ao consumo energético, as técnicas aplicadas tornaram a gestão de energia mais eficaz. Para a produção de resíduos, a empresa faz uso do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos a qual controla a geração de resíduos durante o processo produtivo. Assim, foi possível observar que trabalhar os princípios da construção enxuta associados ao melhor gerenciamento dos materiais, como também conduzir de maneira adequado os resíduos produzidos durante a construção, tornou a obra mais eficiente e praticamente sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Construção enxuta. Eficiência energética. Gestão de resíduos. Indicadores ambientais.

ANALYSIS OF SUSTAINABILITY ON A CONSTRUCTION SITE IN JUAZEIRO DO NORTE – CEARÁ

ABSTRACT: Since the waste of construction materials is a concern, this chapter aims to analyze sustainability indicators through the principles of lean construction and the environmental performance index at a construction site in Juazeiro do Norte, Ceará. The research was developed through a case study, in which the analysis of the applicability of the eleven principles of lean construction in the aluminum formwork system for self-compacting concrete was used, as well as the analysis of water and energy consumption and waste production. After collecting data and entering the application table of the principles,

it was possible to develop calculations to obtain quantitative results for the indicators used. The results for the indicators of the lean construction principles were considered “Good”, regarding water consumption in the formwork system. The results were efficient, regarding energy consumption, the techniques applied made energy management more effective. For waste production, the company uses the Solid Waste Management Plan, which controls the generation of waste during the production process. Thus, it was possible to observe that working with the principles of lean construction associated with better management of materials, as well as properly managing the waste produced during construction, made the work more efficient and practically sustainable.

KEY-WORDS: Energy efficiency. Environmental indicators. Lean construction. Waste management.

INTRODUÇÃO

O desperdício de materiais da construção civil é bastante preocupante no Brasil. De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos nacional, a construção civil é responsável por gerar cerca de 122.262 toneladas de resíduos por dia. Esse número engloba os descartes provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras, além do que é resultante da preparação e escavação de terrenos para obras civis (ABRELPE, 2014).

No Estado do Ceará, especificamente na Região Metropolitana do Cariri (RMC), Juazeiro do Norte é o município que mais tem apresentado índices de evolução do setor da construção civil nos últimos anos e, em nível nacional, é a quinta cidade interiorana em termos de crescimento (Costa, 2017).

Esse destaque é resultado de uma forte influência comercial e de turismo religioso, onde os meses de fevereiro, setembro e novembro tem um expressivo aumento populacional, proporcionando um investimento acentuado por parte das empresas ligadas ao comércio da construção.

Além desses fatores, tal crescimento no setor da construção civil também é influenciado pela demanda das instituições públicas e privadas, condizentes as instalações de várias Universidades e Faculdades na região, ampliação de serviços de saúde, favorecendo na inserção de edifícios e conjuntos habitacionais.

Diante dessas informações, a redução de perdas físicas proporciona a minimização do impacto provocado pelo descarte desses resíduos, bem como se enquadra nas políticas ambientais de sustentabilidade preconizada pela Lei 12.305/10 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Paes, 2011).

Tal fato corrobora, cada vez mais, por adoção de métodos construtivos inovadores na execução de obras, a partir do uso de tecnologias que optam por utilizar sistemas de construção padronizados *in loco* com auxílio de fôrmas de alumínio, método comumente utilizado atualmente no Município, aplicando a “construção enxuta” ao mesmo tempo em

que há o acompanhamento do gerenciamento ambiental através do uso de indicadores, e consequentemente elencando pontos positivos concernentes ao controle de perdas.

Entretanto, a implementação de gerenciamento adequado do processo produtivo dentro do canteiro de obras corrobora para otimização do uso de matérias-primas, favorecendo uma diminuição de custos, redução de resíduos e de tempo em retrabalho no setor.

Frente aos fatores que minimizam a crise ambiental na construção civil, é de suma importância, a inclusão de indicadores de sustentabilidade em projetos de canteiros de obras, para que no planejamento quanto à concepção, a escolha dos materiais, a menor geração de resíduos, e a racionalização quanto ao consumo de água e energia sejam efetivamente realizados.

Ao mesmo tempo que, o uso de indicadores de sustentabilidade auxilia na identificação de modificações das atividades dentro do canteiro de obras durante o ciclo de vida do empreendimento, contribuindo, por sua vez, para o desenvolvimento de estratégias voltadas para a sustentabilidade.

Assim, é de fundamental importância que a construção civil no município, pelo histórico do crescimento no setor, empregue medidas que contribuam para um gerenciamento de canteiro de obras otimizado, propiciando o aprimoramento nas etapas de execução dos processos e consequentemente atender ao quesito sustentabilidade.

Ante o exposto, o objetivo da presente pesquisa foi analisar os indicadores de sustentabilidade em um canteiro de obras através dos princípios da construção enxuta e do índice do desempenho ambiental em Juazeiro do Norte, Ceará. Considerando-se que esse assunto é recente e de suma importância.

REVISÃO DE LITERATURA

Construção enxuta

A construção enxuta é definida como um fluxo de materiais e/ou informações desde a matéria-prima até o produto final (Koskela, 1992), que é uma adaptação do modo de produção de Kurek aplicados na indústria automobilística. Visando atender aos quesitos de prazos, qualidade e custo, Koskela enumera 11 princípios como forma de planejamento e controle da produção. Esses princípios são descritos a seguir:

- **Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor:** denominadas de desperdícios não agregam qualquer valor, mesmo consumindo tempo, espaço e recursos;
- **Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes:** identificar as necessidades dos clientes e usar estas informações na elaboração do

projeto e gestão da obra;

- **Reduzir a variabilidade:** variabilidade nos processos anteriores relacionados aos fornecedores, variabilidade no próprio processo relacionado à execução e a variabilidade na demanda relacionada às necessidades e desejo do cliente;
- **Reduzir o tempo de ciclos:** é o somatório de todos os tempos para produzir, transportar, inspecionar e de espera de um determinado produto;
- **Simplificar por meio da redução do número de etapas:** reduzindo-se o número de passos ou etapas de um processo, a tendência é que diminuam também as atividades que não agregam valor;
- **Aumentar a flexibilidade de saída:** refere-se ao aumento das possibilidades ofertadas sem que seja necessária aumentar substancialmente o seu valor;
- **Aumentar a transparência do processo:** o aumento da transparência do processo pode identificar problemas mais facilmente durante a execução do serviço, diminuindo a possibilidade de erro;
- **Focar o controle no processo completo:** o controle de todo o processo possibilita a identificação e a correção de possíveis desvios que venham a interferir no prazo de entrega da obra. Então faz-se necessário haver uma integração entre os diferentes níveis de planejamento (Bernardes, 2003);
- **Introduzir melhoria contínua no processo (Kaizen):** gerar melhorias contínuas, promovendo redução de desperdícios;
- **Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões:** por fluxo entende-se a movimentação de materiais, informações e produtos em processo até chegar a este posto, e por conversão entende-se o trabalho isolado executado em um posto operativo;
- **Benchmarking:** estabelecimento de metas e de ações para atingí-las baseado em comparações com os melhores resultados de processos semelhantes.

A partir dos princípios da construção enxuta, é possível perceber que a redução de desperdícios gera melhoria contínua e promove qualidade para a construção civil. Como exemplo, a redução de resíduos sólidos a partir de métodos construtivos inovadores nos canteiros de obras em quase sua totalidade, como sugerido por este princípio, promove aumento da produtividade, redução de custos e redução de impactos ambientais (Sarmiento, 2018).

Utilização de fôrmas de alumínio

O método do sistema de fôrmas de alumínio é um método que originalmente surgiu nos Estados Unidos na década de 70 e foi apresentada como uma tecnologia revolucionária na área da construção civil.

As fôrmas são construídas com painéis e chapas metálicas e formadas com modelagem *in loco*. Esse sistema “é constituído por fôrmas montadas a partir de placas de alumínio extrudado, que se ajustam por pinos e cunhas de engate rápido. Suas juntas perfeitas garantem uma concretagem lisa e homogênea” (SF, 2017). Assim, as formas agem como uma estrutura provisórias modelando o concreto lançado para a formação da parede e deve permanecer até que o concreto adquira resistência suficiente para iniciar a desmontagem.

Esse método tem como uma das grandes vantagens a construção rápida, além da redução de desperdício, já que o material utilizado é produzido em quantidade suficiente para o uso. A ideia é transformar a obra em uma linha de montagem, com sua sequência determinada por processos bem planejados, desde a montagem até desmontagem da fôrma, além disso, não é necessária utilização de mão de obra especializada (Núcleo de referência, 2017).

A utilização de fôrmas de alumínio é um método sustentável, pois oferece a opção de reciclagem quando não puder ser mais utilizado. No canteiro de obras há o controle da produção de entulho o que ocasionalmente diminui o impacto ambiental, e onde a redução de materiais, mão de obra e aumento da produtividade ocorre. Dessa maneira, a evolução de filosofias como o da construção enxuta, bem como, o crescimento de novos métodos construtivos associados a novas tecnologias é relevante para conseguir alcançar a qualidade total e mostrar o quão importante é para o meio ambiente, porque seu impacto em relação aos resíduos sólidos é insignificante.

Sustentabilidade na construção

O setor da construção civil tem papel fundamental para a realização dos objetivos do desenvolvimento sustentável, uma vez que, de acordo com o Conselho Internacional da Construção (CIB), é o que mais consome recursos naturais, utiliza energia de forma intensiva e gera significativa quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Além disso, visa proporcionar a qualidade de vida das pessoas por meio do espaço construído (Ministério do Meio Ambiente, 2019).

Assim, a sustentabilidade na construção consiste em um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, atendendo às necessidades de habitação do homem da atualidade e preservando o meio ambiente e os recursos naturais, a fim de garantir a qualidade de vida para as atuais e futuras gerações, conforme o Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica (IDHEA, 2019).

Ainda, segundo o IDHEA (2019), existem nove princípios para que haja a construção sustentável: planejamento sustentável da obra; aproveitamento passivo dos recursos naturais; eficiência energética; gestão e economia de água; gestão dos resíduos na edificação; qualidade do ar e do ambiente interior; conforto termoacústico; uso racional de materiais; e uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis.

Nessa mesma linha, o Plano Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) é regido pela portaria de número 383 de 14 de junho de 2018 e tem por objetivo organizar o setor da construção civil em torno da melhoria da qualidade das construções habitacionais e a modernização produtiva, através da qualificação de construtoras, mão de obra, fornecedores de materiais e serviços. Atrelando a isso, o PBQP-H passou a solicitar o acompanhamento de indicadores de desempenho relacionado à sustentabilidade das construções.

Sendo um sistema da gestão de qualidade voltado especificamente para as construtoras, o PBQP-H possibilita grandes avanços na gestão da empresa, tornando-a mais rentável e lucrativa. Isso se dá devido à redução de custos com melhoria da qualidade no aumento da produtividade, na qualificação dos recursos humanos e modernização tecnológica e gerencial. Isso para a construtora resulta em vantagens significativas e gera ganho para todas as partes interessadas, desde o cliente que recebe produtos e serviços conformes ao mercado por elevar o nível da competição, até a empresa que terá uma margem de lucro maior.

Para a implantação da certificação é necessária uma adequação da empresa as normas técnicas regidas pela NBR 15.575 da ABNT, a qual diz que, os requisitos dos usuários devem ser atendidos de forma a promover segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Logo após, a empresa passa por mais oito processos avaliativos distribuídos em: a) Gestão estratégica e abordagem de processos (avaliação geral da forma de trabalho da empresa); b) Documentos gerais (definição de como será a estrutura da informação da sua empresa); c) Concepção dos empreendimentos (Entendimento e conhecimento dos empreendimentos da empresa); d) Planejamento de obra (planejamento e adequação das obras envolvida, conforme pré-requisitos legais); e) Compras (definição dos critérios de compra e armazenamento dos materiais); f) Gestão de treinamento (definição do treinamento da equipe); g) Gestão administrativa (definição dos processos internos), por fim, h) Auditoria interna e certificação (com a finalização de todos os processos há uma análise das etapas, a fim de verificar as conformidades adquiridas pela empresa), ao fim de todo o processo e cada etapa aprovada, a empresa receberá o certificado validado pelo PBQP-H.

Indicadores de desempenho ambiental da obra

Indicadores de desempenho ambiental são fundamentais na avaliação de impactos ambientais gerado por um produto e, pelo meio de resultados obtidos, a empresa pode verificar pontos críticos e adotar soluções de gestão ambiental que proporcione melhorias

no processo.

Consumo de água

A construção civil tem grande potencial consumidor de água, sendo um dos materiais indispensáveis e necessários em várias etapas da obra. Para que uma construção seja ecologicamente correta, fazem-se necessárias ações que reduzam e aperfeiçoem o uso desse líquido.

Segundo Oliveira e Gonçalves (1999), apud Marques *et al.* (2017) sugerem que as ações visando à evolução de práticas e conscientização sobre desenvolvimento sustentável na construção civil sejam estruturadas de acordo com aspectos tecnológicos, econômicos e sociais, assim construindo ações que diminuam o consumo de água.

Para que ocorra a diminuição dos impactos proveniente do elevado consumo de água, devem ser elaboradas estratégias que resultam na economia de água, dentre as estratégias a serem adotadas estão (Gangoellis *et al.*, 2009 apud Oliveira, 2017):

- **Eficiência no consumo:** consiste em favorecer a economia de água, através da melhoria da eficiência de aparelhos e instalações e redução do consumo no canteiro de obras;
- **Captação de recursos:** Trata-se de aproveitar as águas que circulam pelo próprio canteiro de obras, considerando-as como recursos para as suas necessidades, em função das exigências reais de qualidade de cada uso;
- **Melhora da qualidade da água ao devolvê-la ao meio.**

Além de estratégias de otimização, também se faz necessário à identificação de possíveis falhas, como por exemplo, vazamentos.

Consumo de energia

Esse setor enfrenta um grande desafio ao tentar aumentar a eficiência energética durante e após a execução da obra, pois é responsável por uma das maiores demandas energética do mundo (Baltar; Kaehler; Pereira, 2006 apud Marques *et al.*, 2017), sendo observado pouco potencial de redução.

Para que haja redução do consumo de energia pela construção civil, é necessária a criação de estratégias de controle de energia nos canteiros de obras, incluindo a prática de selecionar equipamentos que contenham alta eficiência, incentivar hábitos de condução que reduzem a quantidade de combustível usado, realizar manutenções em equipamentos e veículos (Gangoellis *et al.*, 2009 apud Oliveira, 2017).

Vale salientar também a necessidade de manter as máquinas e veículos ligados somente quando necessário (Araújo, 2009 apud Oliveira, 2017), sendo imprescindível também que haja um trabalho de conscientização por parte da equipe para que seja uma das maneiras de auxiliar nessa economia.

Produção de resíduos

A construção civil é um dos setores que mais produz resíduos sólidos, em uma ordem de 50% da massa total dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas, além dos impactos que causam quando destinados de forma inadequada (Cardoso, 2006 apud Oliveira, 2017).

De acordo com a Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, define como resíduo todo e qualquer material provenientes de construções, reformas, reparos e demolições, e os resultados da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc.. Sendo que, é necessário que todo o material recolhido nos canteiros de obras tenha destinação correta.

Ainda de acordo com a resolução nº 307/2002:

“É preferível à reutilização dos resíduos na própria obra, seguida da reciclagem, beneficiamento e por último, quando esgotar todas as possibilidades, a disposição final em local adequado, de forma que os depósitos não interfiram e nem altere o ciclo de vida dos seres, além da disposição correta desses resíduos, é necessária a busca de outros métodos para evitar que o mesmo seja destinado para aterros, devido ficar cada vez mais restritas as áreas disponíveis para a disposição de RCC (Resíduos de Construção Civil)” (Oliveira, 2017).

O controle da produção e destinação desses resíduos deve ser levado como um fator primordial para a sustentabilidade.

METODOLOGIA

Caracterização da obra

A pesquisa foi realizada em um canteiro de obra localizado na cidade de Juazeiro do Norte (Figura 01), situada no Sul do Estado do Ceará com longitude 39° 18' 55" e latitude 7° 12' 47, sendo limitada ao Norte com o município de Cariri, ao Sul com os municípios do Crato, Barbalha e Missão Velha, ao Leste com os municípios de Missão Velha e Cariri e ao Oeste com o município do Crato (IPECE, 2017).

Figura 01. Mapa de localização do Juazeiro do Norte no Ceará.



Fonte: PEFOCE (2019)

O mercado da construção civil vem crescendo em Juazeiro do Norte, pois as diversificações das construções tanto no setor público como no privado têm contribuído para o quadro de crescimento. Segundo o Sistema Nacional de Emprego (Instituto de Desenvolvimento de Trabalho - Sine/IDT), em 2019 o nível de empregabilidade do setor na região chega a 18%, um crescimento de 14% em relação ao ano anterior.

A empresa estudada trabalha com o método de sistema de fôrmas de alumínio. Dessa maneira, o empreendimento é caracterizado como uma empresa de construção civil com mais de 100 funcionários, entre eles, engenheiro civil, mestre de obra, pedreiro, servente, pintor, eletricitista, encanador, marceneiro, técnica em segurança do trabalho, auxiliar em engenharia, almoxarife e serviços terceirizados.

A pesquisa realizada, cuja mesma é uma obra de edificação residencial, onde a construção é formada por 129 unidades habitacionais em duas ruas paralelas, com área total de 20.228, 49 m², área do terreno de 156, 81m² e área construída de 104, 82m² por cada casa.

A empresa possui alguns programas com ações de sustentabilidade como o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), que é um documento técnico que aponta a quantidade de geração de cada tipo de resíduo e mostra a forma correta de manejo e tipologia.

Delineamento do estudo

O estudo foi baseado em revisão bibliográfica e visitas de campo, abordados pelos métodos qualitativos e quantitativos. A pesquisa bibliográfica baseou-se em revisão de literatura, para qual foram utilizados como referência artigos publicados, monografias, teses e dissertações.

Na pesquisa qualitativa foi realizada a coleta de dados através de uma entrevista individual, observações e fotografias das etapas do processo construtivo, e a quantitativa foi realizada através da aplicação dos dados obtidos nas equações 1 e 2 para analisar os indicadores da construção enxuta, e das equações 3, 4, 5, 6, 7 e 8 para analisar os indicadores de desempenho ambiental da obra quanto ao consumo de água, energia e geração de resíduos.

Coleta e análise de dados

Indicadores da construção enxuta

Para o desenvolvimento da pesquisa na obra em estudo, foram realizadas visitas no período de 10 de dezembro de 2018 até 01 de fevereiro de 2019 com o intuito de observar todo o processo construtivo do sistema de fôrmas de alumínio, e da concretagem até a fase de acabamento de algumas casas.

Durante as visitas em campo foram realizados registros fotográficos e aplicação de questionário, bem como análises de documentos de controle da empresa, com o intuito de obter melhores informações sobre o processo construtivo aplicado.

As questões abordadas para entrevista foram elaboradas após a revisão bibliográfica segundo proposições de Kurek *et al.* (1996) e Koskela (1992), bem como de acordo com a vivência no canteiro de obras. A partir desse embasamento teórico, foi possível a inserção de perguntas mais relevantes de acordo com os princípios da construção enxuta.

Desta forma, o questionário obteve 11 princípios com um total de 36 perguntas, com itens relacionados ao controle de execução e o planejamento da obra, administração de suprimentos e estoques dos materiais, controle de produção e equipes polivalentes para melhor evidenciar as práticas da construção enxuta. Essas questões foram aplicadas diretamente ao gerente de obras para obtenção de respostas concisas.

Quanto ao tópico relacionado ao sistema construtivo em questão, os pontos proeminentes foram: o tempo com o qual se trabalha com esse sistema construtivo; a qualidade que o sistema de fôrmas é executado; se há algum treinamento para os funcionários que trabalham na parte da montagem e desmontagem das fôrmas e a relação dos desperdícios de materiais.

O sistema construtivo é realizado em apenas dois dias, contando com a concretagem; a qualidade de execução do sistema é boa; há treinamento para funcionários que trabalham nas fôrmas; há seletiva de lixo em toda a obra. Com isso, pode-se analisar a importância que a empresa oferece para sua obra, através de profissionais capacitados e novas tecnologias, buscando o crescimento e o aperfeiçoamento de seus funcionários.

A organização do campo de respostas foram “Sim”, “Não” ou “Não se aplica”, segundo Kurek *et al.* (1996).

Ao final é gerado um indicador por princípio (IPi) e um índice de construção enxuta (ICE), através das equações 1 e 2 a seguir:

$$\text{IPi} = (\text{PO/PP}) \times 10 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

IPi = indicador por princípio;

PO = pontos obtidos;

PP = pontos possíveis (nº de itens do princípio).

Apresentando individualmente cada princípio, é possível identificar a situação de cada um, possibilitando a verificação de que precisam ser mais trabalhados ou até mesmo, implantados, caso a prática ainda não exista (Kurek, 2005).

$$\text{ICE} = \Sigma (\text{IPi} \times p) / (\Sigma p) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

O coeficiente de ponderação *p* é 0,909, já que existem onze princípios (10/11 = 0,909).

Segundo Kurek (2005), a pontuação por princípios possibilita uma análise da situação individual de cada caso, com indicadores que autorizam analisar com clareza o que poderá ser feito especificamente para a inclusão da construção enxuta dentro da empresa estudada.

Índice de desempenho ambiental da obra

Os indicadores vêm tornando-se um recurso importante na medição de sustentabilidade de obras e são conjuntos de medição de desempenho.

O Plano Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PQBP-H) estabelece como requisito para o seu processo de certificação, para os campos de consumo de água, energia e produção de resíduos os seguintes indicadores com respectivas medições (Novis, 2014):

Consumo de água:

- **Ao longo da obra:** consumo de água potável no canteiro de obras por trabalhador por mês (medido mensalmente e de modo acumulado ao longo da obra em m³ de água/trabalhador);

Consumo de água em m³Nº de trabalhadores

(Equação 3)

- **Ao final da obra:** consumo de água potável no canteiro de obras por m² de área construída (medido de modo acumulado ao final da obra em m³ de água/m² de área construída).

Consumo de água em m³m² de área construída

(Equação 4)

Consumo de energia:

- **Ao longo da obra:** consumo de energia elétrica no canteiro de obras por trabalhador por mês (medido mensalmente e de modo acumulado ao longo da obra em kWh de energia elétrica/trabalhador);

Consumo de energia em kWhNº de trabalhadores

(Equação 5)

- **Ao final da obra:** consumo de energia no canteiro de obras por m² de área construída (medido de modo acumulado ao final da obra em kWh de energia elétrica/m² de área construída).

Consumo de energia em kWhm² de área construída

(Equação 6)

Produção de Resíduos:

- **Ao longo da obra:** volume total de resíduos descartados (excluído solo) por trabalhador por mês (medido mensalmente e de modo acumulado ao longo da obra em m³ de resíduos descartados/trabalhador);

$$\frac{\text{Quantidade total de RCC produzido por m}^3}{\text{N}^\circ \text{ de trabalhadores}}$$

(Equação 7)

- **Ao final da obra:** volume total de resíduos descartados (excluído solo) por m² de área construída (medido de modo acumulado ao final da obra em m³ de resíduos descartados/m² de área construída).

$$\frac{\text{Quantidade de RCC produzida por m}^3}{\text{m}^2 \text{ de área construída}}$$

(Equação 8)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os principais resultados obtidos neste estudo de caso através da aplicação de checklist, preenchimento de inventários, observações e fotografias para obtenção de dados pertinentes a análise da sustentabilidade no canteiro de obras serão apresentados a seguir:

Princípios da construção enxuta

Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor

- É realizado o abastecimento e armazenamento dos materiais? SIM.
- Existe alguma metodologia para melhoria do fluxo evitando a espera ou movimentações redobradas? SIM.
- Os materiais são devidamente organizados no canteiro de obras? SIM.

O princípio associa com a redução, e se possível, o cancelamento das atividades de fluxo. O almoxarife é responsável pelo abastecimento de suprimentos de toda a obra, aciona os fornecedores e aprovisionamento de materiais de acordo com o andamento da obra, a fim de eliminar a espera por materiais.

Para diminuir a movimentação dos funcionários, alguns materiais como blocos pré-moldados e telhas, são colocados pelos fornecedores em frente ou dentro de cada casa que estavam sendo realizadas as atividades. As cerâmicas, materiais de elétrica e materiais de hidráulica, por exemplos, são armazenados dentro do próprio almoxarifado (Figura 02).

Os materiais são armazenados e organizados em almoxarifado e sempre dentro dos procedimentos exigidos pelo PBPQ-H.

Figura 02. Almoxarifado



Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes

- d) É realizado algum procedimento de prestação dos serviços já executados antes da entrega da obra? AINDA NÃO SE APLICA.
- e) É fornecido aos clientes algum informativo, contendo as orientações necessárias sobre as limitações do sistema construtivo durante a vida útil do empreendimento? AINDA NÃO SE APLICA.
- f) A empresa vai realizar algum levantamento após a ocupação do empreendimento a fim de verificar o nível de satisfação dos proprietários? SIM.

Para análise nesse princípio ainda não é aplicável informativos, contendo orientações sobre as limitações do sistema construtivo durante a vida útil do empreendimento, mas logo após a execução da obra foi fornecido ao cliente um manual do proprietário, cujo objetivo de instruir o morador como deve manter seu patrimônio em condições favoráveis de morada, e com isso preservá-lo sempre em um bom estado.

A empresa irá realizar algumas avaliações pós-ocupação, a fim de avaliar o nível de satisfação do cliente, e permaneçam algumas equipes de manutenções para realização de reparos se necessário.

Reduzir a variabilidade

- g) O tempo de construção de uma casa é rápido? SIM.
- h) A cura do concreto é otimizada com esse método? SIM.
- i) Existe alguma preparação dos trabalhadores no canteiro de obra em relação ao seu determinado setor? SIM.

A empresa procura aplicar este princípio em todos os setores dentro da construção, trabalhando com a padronização do tempo, através de uma meta estipulada de execução de cada serviço, por exemplo, a montagem das fôrmas é realizada em apenas um dia, a instalação elétrica em apenas dois dias, emassamento em quatro dias. A cura do concreto se inicia em 7 dias e mais 21 dias para a finalização dela, podendo ser considerada otimizada.

Pode ser observado que já existem medidas de redução da variabilidade estabelecida durante o acompanhamento do planejamento e do uso de técnicas e ferramentas como moldes (Figura 03).

Além disso, os colaboradores recebem treinamentos específicos para cada função a exercer e treinamento em conjunto por setor.

Figura 03. Ferramentas moldes



Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Reduzir o tempo de ciclos

- j) São determinados metas ou ciclos de produção? SIM.
- k) A empresa traça metas para cada setor? SIM.
- l) A mão de obra é reduzida (trabalha com equipes pequenas)? SIM.

A redução de tempo de ciclo pode ser analisada na obra em estudo através do embutimento dos eletrodutos na montagem das fôrmas (Figura 04). A distribuição das equipes no canteiro de obras para executar lotes de tarefas menores e disposição de materiais próximos aos locais de utilização, podendo minimizar o tempo de transporte, sendo uma das medidas citadas anteriormente quanto à eliminação das atividades de fluxo, são também exemplos da busca da redução do tempo de ciclo da obra.

A empresa traça metas estipulando um ciclo semanal de cinco unidades na parte de montagens das casas. Já na parte de acabamento, cada serviço tem uma meta determinada pelo engenheiro da obra, e que são trabalhadas por equipes pequenas de no máximo três pessoas.

Figura 04. Embutimento de eletrodutos.



Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Simplificar por meio da redução do número de etapas

- m) São feitas exigências, durante a contratação da mão de obra, quanto as suas especializações? SIM.
- n) Existe a disponibilidade de matérias, equipamentos, ferramentas e informações em locais adequados que evitem o deslocamento desnecessário dos operários? SIM.
- o) São utilizados pré-fabricados? SIM.

Para cada função e profissão existe um grau de instrução e qualificação. Para minimizar os deslocamentos desnecessários, todos os materiais e equipamentos são disponibilizados em almoxarifados móveis e identificados por setor.

A simplificação, no sistema construtivo da obra, se dá pela utilização de elementos pré-fabricados como blocos (Figura 05) e chapim, eliminando o número de etapas para execução destes elementos. A empresa vem buscando constantemente novas técnicas que auxiliam na redução do número de passos.

Figura 05. Blocos pré-fabricados



Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Aumentar a flexibilidade de saída

- p) A empresa busca inovações tecnológicas que se adaptem às suas obras, como a utilização de mão de obra de outros locais? SIM.
- q) Estas inovações buscam melhorar tanto o processo quanto os fluxos? SIM.
- r) Existem equipes polivalentes? SIM.

A empresa contrata operadores polivalentes para sua obra, visto que essa ação contribui de forma benéfica, pois o funcionário pode exercer várias funções dentro de uma célula de trabalho, tornando-o um profissional multifuncional, com treinamento e uma qualificação profissional. Ela vem buscando inovações tecnológicas quanto à metodologia construtiva, que se adaptem a sua obra através de profissionais qualificados de regiões diferentes.

Aumentar a transparência do processo

- s) Há sinalização dos locais que serve de apoio a mão de obra? SIM.
- t) A empresa disponibiliza de meios que informem sobre a execução do sistema construtivo na área de trabalho, caso o operário chegue a ter dúvidas na hora da execução? SIM.

A sinalização de equipamentos, materiais e espaços físicos da obra e de cada ambiente, através de placas orientativas, como por exemplo, almoxarifado, bebedouros, banheiros, coleta de lixo etc. A empresa fornece a cada funcionário instruções de serviços (IS) que informa quais as etapas de execução e quais materiais devem usar para determinado serviço.

Além disso, é realizado o controle visual da obra através de inspeções dos serviços sendo executados, por meio de fichas de verificações de serviços, buscando manter o controle e qualidade do serviço. Esses são alguns dos exemplos que a empresa busca transparência do processo de produção da obra.

Focar o controle no processo completo

- u) Existe planejamento a longo, médio e curto prazo? SIM.
- v) Existe alguma parceria com fornecedores a fim de reduzir o tempo de descargas dos materiais? SIM.
- w) Trabalha com estoques reduzidos e com entrega parcial de materiais? SIM.

O controle do desempenho das atividades nas casas é executado através de monitoramentos semanais dos planejamentos de curto e médio prazo, apenas. Existe uma planilha de acompanhamento que contém todos os serviços já executados e seus custos.

São utilizados equipamentos mecânicos pela empresa para o recebimento de alguns materiais como blocos, eles são entregues em paletes com descarregamento mecanizados, no entanto o restante de materiais como telhas, cerâmicas e argamassa são descarregados manualmente.

Os materiais são fornecidos de acordo com a necessidade da obra, o almoxarife aciona o centro de distribuição e comunica o que falta para concluir determinado serviço em um determinado período, e os materiais são mandados parcialmente, a fim de facilitar o controle no processo.

Introduzir melhoria contínua no processo (Kaizen)

- x) Os processos são padronizados e as equipes são fixas? SIM.
- y) São realizadas reuniões com a equipe para resolver problemas e discutir melhorias? SIM.
- z) Possui algum programa que apoiam a mão de obra? NÃO.

A empresa busca sempre se reunir com seus funcionários para discutir sobre o andamento da obra, aplicando metas para todos os setores construtivos de seus processos atualizados através de ações de melhoria contínua, visto que essas ações são consideradas importantes.

Os processos raramente são mudados, e a empresa costuma trabalhar com equipes fixas, assim facilitando o aperfeiçoamento em determinada função.

Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões

- aa) A empresa busca inovações tecnológicas que se adaptem às suas obras? SIM
- ab) Os processos utilizados são racionalizados? NÃO.
- ac) Estas inovações buscam melhorar tanto o processo quanto ao fluxo? SIM.

Para a aplicação deste princípio, além das melhorias fornecidas citadas anteriormente, são utilizadas no processo executivo da obra betoneiras autocarregáveis e gabaritos de portas, com a finalidade de equilibrar a melhoria de conversões e fluxo, aumentar a produtividade dos colaboradores e diminuir seus esforços físicos.

Benchmarking

- ad) A construtora reconhece seus pontos fracos, processos possíveis de melhoria? SIM.
- ae) Emprega métodos e processos utilizados em outras empresas que apresentaram bons resultados? AINDA NÃO SE APLICA.
- af) Consegue adaptar as boas práticas à realidade da construtora? SIM.

Na construtora é feito um mapeamento onde são abordados os possíveis erros, e a empresa vem sempre buscando melhoria no seu processo de execução.

O sistema construtivo da obra é observado através do interesse da empresa, em buscar conhecer e aprender os processos de outras empresas que construa pelos métodos das fôrmas de alumínio, como também o método construtivo tradicional.

Cálculo dos indicadores da construção enxuta

Após a coleta de dados e preenchimento da Tabela 01 de aplicação dos princípios, obteve-se os seguintes resultados para a pesquisa, conforme Equação 1:

Tabela 01. Resultados obtidos dos 11 princípios, pontos possíveis (PP), pontos obtidos (PO) e dos indicadores por princípio (Ipi) no canteiro de obras

Princípios	Pontos possíveis (PP)	Pontos obtidos (PO)	IPI
1	3	3	10,0
2	3	1	3,33
3	3	3	10,0
4	3	3	10,0
5	3	3	10,0
6	3	3	10,0
7	2	2	10,0
8	3	3	10,0
9	3	2	6,66
10	3	2	6,66
11	3	2	6,66
Total			93,31
ICE			8,48

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Cálculo do índice de construção enxuta (ICE)

A partir dos resultados obtidos na Tabela 02, o cálculo do ICE segue abaixo:

$$\text{ICE} = \sum (\text{IPI} \times p) / (\sum p) = (10,0 + 3,33 + 10,0 + 10,0 + 10,0 + 10,0 + 10,0 + 10,0 + 6,66 + 6,66 + 6,66) \times 0,909 / (11 \times 0,909) = 8,48$$

Desse modo, com base no formulário proposto por Kurek (2005), o ICE propõe que a prática de gestão aplicada pela empresa quanto aos métodos construtivos e utilizações de

novas tecnologias, contribuem para a eficiência desejada quanto ao processo produtivo, pois o resultado obtido foi de aproximadamente 8,48, um índice considerado “Bom”, implicando que há uma significativa adesão à construção enxuta.

Cálculo dos índices de desempenho ambiental da obra

Análise dos indicadores de consumo de água

O indicador calculado referente ao “método ao longo da obra” em relação ao consumo de água se deu por meio dos dados apresentados na Tabela 02, onde se encontra o volume consumido de água e o número de funcionários da obra, por mês referente ao ano de 2018.

Tabela 02. Valores do consumo de água mensal

Consumo de água mensal												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
m ³ (água)	08	15	06	10	10	15	18	25	12	05	04	10
Nº de funcionários	19	19	19	19	28	38	46	50	52	85	85	106

Fonte: Empresa em estudo (2019)

Os valores obtidos pelo indicador de consumo de água ao longo da obra constam na Tabela 03, na qual, aponta-se o consumo de água potável no canteiro de obra referente ao ano 2018.

Tabela 03. Valores do consumo de água mensal (m³/nº func.)

Método ao longo da obra											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0,42	0,79	0,32	0,53	0,36	0,40	0,39	0,50	0,23	0,05	0,04	0,09

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

É importante ressaltar que o consumo de água referente aos meses de janeiro e fevereiro em m³, conforme Tabela 02 e Tabela 03, são referentes ao consumo de bebedouros, refeitórios, banheiros e lavagem das fôrmas. Os resultados obtidos nos dois primeiros meses foram considerados alto, variando de 08 a 15 m³ para um total de 19 funcionários, ou seja, um consumo médio superior a 265 litros/pessoa.dia.

A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2011) estabelece um consumo diário por pessoa em torno de 110 litros. No entanto, a inexistência de programas relacionados ao consumo de água de forma consciente é reflexo desses resultados.

Outro fator que também pode ser ressaltado, para justificativa do elevado consumo, seria a ocorrência de algum tipo de vazamento ou problema no hidrômetro, tendo em vista que, a obra permanecia parada por questões de fiscalizações.

Quanto aos meses de outubro a dezembro (Tabela 02 e Tabela 03), foi observado um reduzido consumo de água e elevado número de funcionários, devido à etapa de construção que exigia um número significativo de mão-de-obra. No entanto, o reduzido consumo foi devido à utilização de água do poço profundo, situado na própria obra, para atender a demanda construtiva das habitações. Caso, para essa atividade, fosse utilizado água diretamente da rede de abastecimento, haveria um consumo bastante elevado.

Desse modo, para melhor controle quanto a esse indicador, era utilizado carro-pipa com capacidade de transportar 8.000 litros de água, onde realizava duas viagens por dia, na fase de acabamento, chegando ao total de 16.000 litros/dia e 38.4000 litros/mês.

Dentro do canteiro de obra eram usados tambores com capacidade de 200 litros que recebiam toda água do carro-pipa, e eram espalhados em aproximadamente 10 tambores próximos a 04 betoneiras que se situavam em frente ao serviço fazendo traço de concreto com água e cimento (a/c) e que chegavam a consumir 16.000 litros/dia.

É importante salientar que, o próprio método construtivo de fôrmas de alumínio favorece um baixo consumo de água, comparado aos métodos convencionais.

Os dados apresentados na Tabela 04, referente ao cálculo do indicador do “método ao final da obra” aborda o volume total de consumo de água e a área construída da obra.

Tabela 04. Valor total do consumo de água e área construída

Dados da obra	
Consumo total de água (m³)	Área construída da obra (m²)
138	25.921,26

Fonte: Empresa estudada (2019)

A partir dos dados encaminhados pela construtora, foi obtido o indicador de consumo de água ao final da obra (Tabela 05).

Tabela 05. Indicador de consumo de água ao final da obra

Método ao final da obra
m³ de água consumida/m² de área construída
0,00532

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

O consumo de água de cada mês resultou em 0,00532 m³/m². Diante disso, pode-se afirmar que o método de sistemas de fôrmas de alumínio é eficiente, pois nota-se o baixo consumo de água, de acordo com o método construtivo não se utiliza muito água no sistema, apenas na lavagem das formas após cada concretagem para evitar que o concreto fique tomado.

Análise dos indicadores de consumo de energia

O indicador calculado referente ao “método ao longo da obra” em relação ao consumo de energia consta na Tabela 06, onde se encontra o volume consumido de energia e o número de funcionários das obras por mês referente ao ano de 2018.

Tabela 06. Valores de consumo de energia

Consumo de energia mensal												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
KWh (energia)	793	725	746	807	707	898	949	1143	1805	1461	1531	2105
Nº de funcionários	19	19	19	19	28	38	46	50	52	85	85	106

Fonte: Empresa estudada (2019)

Os valores obtidos pelo indicador de consumo de energia ao longo da obra constam na Tabela 07, neles são apontados o consumo de energia no canteiro de obras.

Tabela 07. Indicador do consumo de energia ao longo da obra (kWh/nº func.)

Método ao longo da obra											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
42	38,2	39,3	42,5	25	23,6	20,6	22,9	34,7	17,2	18	19,9

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Pode-se observar que há uma variação de picos em relação ao consumo de energia em KWh em função do número de funcionários, variando de 707 KWh a 2105 KWh com 28 a 106 funcionários, respectivamente.

A energia era utilizada diretamente no canteiro de obras, exatamente no local de execução das betoneiras, além dos usos de ferramentas como makita, marteleiro e as utilizadas no escritório que também eram usadas em locais específicos, havendo assim, um maior controle quanto ao consumo.

O consumo de energia relacionado a cada mês era relativo ao tipo de serviço que seria realizado no canteiro de obra, por essa razão, a discrepância de valores.

A realização do cálculo do indicador referente ao “método ao final da obra” consta na Tabela 08, onde se encontra o volume total de consumo de energia e a área da obra.

Tabela 08. Valor total de energia e área construída

Dados da obra	
Consumo total de energia(kWh)	Área construída da obra (m ²)
13670	25921,26

Fonte: Empresa estudada (2019)

A partir dos dados encaminhados pela construtora foi obtido o indicador de consumo de energia ao final da obra (Tabela 09).

Tabela 09. Indicador de consumo de energia ao final da obra

Método ao final da obra
kWh de energia consumida/m ² de área construída
0,53

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Analisando os dados obtidos para o “método final da obra” resultou em 0,53 kWh/m², significando que, se obteve um menor consumo por meio de número de funcionários. Baseado nesse indicador, nota-se que a obra usou técnicas mais eficazes de gestão e que a certificação ambiental é um estímulo para a gestão de consumo de energia (Novis, 2014), como também o método construtivo influência no baixo consumo de energia e por ser um processo rápido na execução, diferentemente do método construtivo tradicional, pode-se dizer que o consumo de energia é menor.

Análise dos indicadores de produção de resíduos sólidos da construção civil

Na Tabela 10 são apresentados o volume descartado de resíduos sólidos dentro da construção civil e o número de funcionários da obra, por mês, referente ao ano de 2018 fornecido pela construtora.

Tabela 10. Produção mensal de resíduos sólidos

Resíduo mensal da obra												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
m³ (resíduo)	05	05	10	05	15	10	15	25	30	20	40	10
Nº de funcionários	19	19	19	19	28	38	46	50	52	85	85	106

Fonte: Empresa estudada (2019)

O cálculo da produção de resíduos pelo “método ao longo da obra” utilizou os dados apresentados na Tabela 10 e Tabela 11.

Tabela 11. Indicador de produção de resíduo ao longo da obra (m³/nº func.)

Método ao longo da obra											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0,3	0,26	0,52	0,26	0,6	0,26	0,32	0,5	0,57	0,2	0,47	0,09

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

A produção de resíduos sólidos da construção civil (RCCs) está também diretamente relacionada com a demanda de serviços na obra, por isso a existência de variações de picos de janeiro a dezembro, conforme Tabela 11.

A realização do cálculo do indicador referente ao “método ao final da obra” será apresentado na Tabela 12, onde se encontra o volume total descartado de resíduos da construção e a área construída de cada obra.

Tabela 12. Valores totais de resíduo e área construída

Dados da obra	
Resíduo total (m³)	Área construída da obra (m²)
190	25921,26

Fonte: Empresa estudada (2019)

Os resíduos sólidos da construção civil produzido em relação a área construída da obra é do tipo Classe A, que segundo a Resolução do CONAMA nº 307/2002, são reutilizáveis ou reciclados como agregados como: blocos, telhas, tubos, placas e meio-fio.

A análise dos valores do indicador relativo ao volume de resíduos por área do canteiro de obras é apresentada na Tabela 13.

Tabela 12. Valores totais de resíduo e área construída

Método ao final da obra
m³ de resíduo/m² de área construída
180

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

A produção de resíduos (RCCs) da obra foi mais eficaz resultando no valor de 180 m³/m². Isso pode estar relacionado à conscientização dos operários para redução do desperdício de materiais e pela reutilização dos resíduos na própria obra como apresentou Novis (2014).

A empresa em estudo tem o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), dentro do Sistema de Gestão Ambiental que está sendo introduzido para tal atividade, na qual, tem como objetivo proporcionar uma segurança quanto ao controle de geração de resíduos durante o processo produtivo, minimizando dessa forma, a produção de resíduos na fonte, impedindo a poluição ambiental e orientando os funcionários sobre as formas de acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final.

Dessa forma, para melhor atendimento à legislação ambiental, quanto à classificação dos resíduos da construção civil e sua destinação adequada, esses são recolhidos pela Azul Entulho, empresa terceirizada, responsável pela coleta, transporte e destinação final de resíduos perigosos e passíveis de reciclagem.

É importante salientar que, em toda obra, as baias e contêineres são sinalizados por tipo de resíduo que é produzido no canteiro, para que os funcionários possam identificar as classes e onde depositar de forma adequada os resíduos.

Logo a empresa vem sempre registrando em relatórios mensais, as principais variáveis de quantidade e tipo de resíduos gerados, permitindo assegurar o controle, quantidade e tipo de resíduos gerados ao longo da obra.

Ante o exposto, com a finalidade de possibilitar grandes avanços na gestão da empresa, tornando-a mais rentável e lucrativa, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), já é algo adotado pela empresa em estudo, e que propicia redução de custos com melhoria da qualidade e aumento da produtividade, na qualificação dos recursos humanos e modernização tecnológica e gerencial, e dentre os fatores que contribuem para efetivação de tal certificação estão inclusos os indicadores de desempenho ambiental no canteiro de obras.

A sustentabilidade resultou em condições de destaque para a qualidade de produtos, principalmente para empresas de construção civil, desse modo, há cada vez mais a utilidade de exercer medidas que diminuam os impactos ambientais e os desperdícios. Os índices auxiliam no controle quanto aos desperdícios de insumos, como água e energia elétrica; nas perdas de materiais; na minimização de retrabalhos por falhas de aplicação do método

construtivo, sendo essenciais para a otimização dos resultados.

A utilização desses indicadores de sustentabilidade aparenta ser fundamental para que haja um domínio sobre o sistema de execução e para um sistema de gestão que cumpra o que se pede nos projetos e no planejamento de obras.

CONCLUSÃO

Da análise dos resultados obtidos nessa pesquisa verificou-se que:

O mercado competitivo relacionado ao setor da construção civil, em Juazeiro do Norte – Ceará, na qual está cada vez mais crescente frente a esse tipo de atividade, reforça a necessidade de adoção de boas práticas construtivas, com uma filosofia baseada na construção enxuta, que emprega conceitos contribuam para um gerenciamento de canteiro de obras otimizado, propiciando o aprimoramento nas etapas de execução dos processos e consequentemente atender ao quesito de sustentabilidade.

Quanto aos indicadores por princípios, o princípio nº 2 (Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes), foi o item que obteve pontuação mais baixa, visto que a obra ainda está em fase de acabamento não sendo possível a liberação para os clientes habitarem, então ainda não se aplica o princípio por completo.

Sobre à análise referente ao índice da construção enxuta (ICE) na obra em estudo, obteve-se um valor de 8,48, resultando em um nível considerado “Bom”, pois quanto mais próximo de 10 mais satisfatório.

Relacionado ao índice de desempenho ambiental, foi detectado que para o consumo de água no canteiro de obra, utilizou-se mais à água do poço para o processo construtivo do que água tratada proveniente da rede de abastecimento, contribuindo nesse sentido, com os aspectos econômicos ao longo da obra.

O consumo de energia ao mês foi relativo ao tipo de serviço realizado no canteiro de obra. Dessa forma, pode-se verificar que o consumo foi racional em função do quantitativo de funcionários em serviço, concluindo que a obra em estudo fez emprego de técnicas eficazes.

Quanto a produção de resíduos sólidos, pode-se verificar que a empresa possui o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), dentro do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que está sendo introduzido para tal atividade, havendo o controle de geração de resíduos durante o processo produtivo, impedindo a poluição ambiental e orientando os funcionários sobre as formas de acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final.

Diante do exposto, conclui-se que a prática de gestão adotada pela empresa, quanto ao método construtivo (baseado na técnica de fôrmas de alumínio e concreto autoadensável) e utilização de novas tecnologias, contribuem para a eficiência desejada de acordo com

processo produtivo, evitando desperdícios e praticando a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2014. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4389267/mod_resource/content/1/panorama2014.pdf. Acesso em: 09 jun 2025.

BAE, J. W.; KIM, Y. W. **Sustainable Value on Construction Project and application of Lean Construction Methods**. Proceedings International Group for Lean Construction (IGLC)-15. Michigan, USA, 2007. Disponível em: <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-18b740d1-1987-4179-ac06-ddaba4d8008b.pdf>. Acesso em: 09 jun 2025.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas da construção civil**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, “Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil”. **Resolução CONAMA Nº 307/2002**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf. Acesso em: 09 jun 2025.

COSTA, M. **Emprego, Desemprego e Subutilização da Força de Trabalho no Ceará: Índícios de Recuperação**. Fortaleza: Instituto de Desenvolvimento do Trabalho, 2017. Disponível em: <http://www.sineidt.org.br/PortalIDT/arquivos/publicacao/EMPREGO,%20DESEMPREGO%20E%20SUBUTILIZA%C3%87%C3%83O.pdf>. Acesso em: 09 jun 2025.

IDHEA – **Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica**. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/>. Acesso em: 09 jun 2025.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará, **Perfil Municipal de Juazeiro do Norte**, 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Juazeiro_do_Norte_2017.pdf. Acesso em: 09 jun 2025.

KOSKELA, L. **Application of the new Production Philosophy to Construction**. CIFE. Center for Integrated Facility Engineering, September 1992. Disponível em: <http://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf>. Acesso em: 09 jun 2025.

KUREK, J. **Introdução dos Princípios da Filosofia de Construção Enxuta no Processo de Produção em uma Construtora em Passo Fundo – RS**. Dissertação para obtenção do Título de Mestre em Engenharia – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, 2005.

MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F.; BRANDLI, L. L. **Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade**. Universidade Posso Fundo (UPF). 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construção Sustentável**. Brasília: MMA, 2105. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismosustentavel/constru%C3%A7%C3%A3osustent%C3%A1vel>. Acesso em: 09 jun 2025.

NOVIS, L. E. M. **Estudos dos indicadores ambientais na construção civil**: estudo de caso em 4 construtoras. Monografia para obtenção da Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Rio de Janeiro (UFRJ). 2014.

NUCLEO DE REFERENCIA. **Fôrma de Alumínio**, A Importância das Fôrmas de Alumínio para o Sistema de Parede de Concreto. Disponível em: <http://nucleoparededeconcreto.com.br/cms/wp-content/uploads/2017/02/Formas-de-aluminio-paredes-de-concreto.pdf>. Acesso em: 09 jun 2025.

OLIVEIRA, M. P. **Indicadores de Desempenho Ambiental em Obras de Construção Civil no Município de Uberlândia**. Monografia para obtenção da Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), 2017.

PEFOCE. **Perícia Forense do Ceará**. Disponível em: <https://www.pefoce.ce.gov.br/projeto/regiao-sul-juazeiro-do-norte/>. Acesso em: 09 jun 2025.

SARMENTO, V. T. **Construção Enxuta**: a utilização do método construtivo de paredes de concreto armado moldadas in loco com fôrmas de alumínio em unidades habitacionais. Monografia para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. UFMA- Universidade Federal do Maranhão. 2018.

SF. **Sistema de fôrmas para concreto**. Disponível em: <http://www.sfformas.com.br/admin/db/arquivo/32.pdf>. Acesso em: 09 jun 2025.

VIEIRA, A. R. **A Lean Construção e a sustentabilidade**: paradigmas complementares implementação de um modelo de otimização. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – Perfil Construção. FCT – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Nova Lisboa, fevereiro de 2011.

NORMA DE DESMPENHO. **Guia para Arquitetos, ABNT NBR 15.575**. Disponível em: https://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf. Acesso em: junho de 2019.