



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

THALISSON DANIEL COSTA FIRMO

**ESTUDO DE CASO DO USO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS EM OBRA DE
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS COM FOCO NA
REDUÇÃO E CONTROLE DE DESPERDÍCIOS**

FORTALEZA

2021

THALISSON DANIEL COSTA FIRMO

ESTUDO DE CASO DO USO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS EM OBRA DE
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS COM FOCO NA
REDUÇÃO E CONTROLE DE DESPERDÍCIOS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Christus, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Mariana de Araújo
Leite.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F524e Firmo, Thalisson Daniel Costa Firmo.
 Estudo de caso do uso de práticas sustentáveis em obra de
 edificação residencial de múltiplos pavimentos com foco na
 redução e controle de desperdícios / Thalisson Daniel Costa Firmo
 Firmo. - 2021.
 60 f. : il. color.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
 Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,
 Fortaleza, 2021.
 Orientação: Profa. Ma. Mariana de Araújo Leite.

 1. Desperdícios. 2. Sustentabilidade. 3. Produtividade. I. Título.

CDD 624

THALISSON DANIEL COSTA FIRMO

ESTUDO DE CASO DO USO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS EM OBRA DE
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS COM FOCO NA
REDUÇÃO E CONTROLE DE DESPERDÍCIOS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Christus, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Mariana de Araújo
Leite.

Aprovado em 04 / 12 / 2021

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ms. Mariana de Araújo Leite
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Profa. Ms. Marisa Leitão Teófilo
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Ms. Nelson de Oliveira Quesado Filho
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Primeiramente à Deus, aquele que me deu forças todos os dias para concluir esta etapa e produzir este conteúdo de soma ao meio acadêmico, em seguida à minha esposa Camila Rodrigues de Almeida e à minha mãe Aldenora de Jesus Silva Costa, mulheres que me incentivaram todos os dias a alcançar meu sonho.

RESUMO

Os desperdícios encontrados em uma obra, não somente relativos aos materiais, mas também ao tempo e ao espaço, vão na contramão da sustentabilidade. Ações como reduzir desperdícios e custos da obra, otimizar a produtividade no canteiro e contribuir para a redução dos impactos ambientais são medidas que têm se tornado cada vez mais relevantes na construção civil. Nesse sentido, o presente trabalho apresenta um estudo de caso em que é feita uma análise de uma obra de edificação residencial multifamiliar, localizada em Fortaleza, no estado do Ceará, de forma a apresentar e avaliar a potencialidade da substituição de processos convencionais por processos com foco no caráter sustentável. Como resultado, apresentou-se a utilização de ferramentas e processos, tais como *kanban*, triturador de resíduos, reutilização de água, aplicação de chapisco antes do assentamento dos blocos e *software* de planejamento *agilean*, os quais buscaram reduzir e controlar desperdícios. Ademais, foram analisados também as limitações dessas ferramentas. O estudo de caso teve como base uma visita técnica em campo, na etapa ainda da construção da edificação, uma entrevista e registros fotográficos. Concluiu-se, diante do exposto no trabalho, que as ferramentas e processos adotados, contribuíram de maneira significativa para a redução dos desperdícios no caso em estudo, servindo a descrição aqui realizada de subsídio para auxiliar outras obras com o mesmo objetivo.

Palavras-chave: Desperdícios. Sustentabilidade. Produtividade.

ABSTRACT

The waste found in a work, not only related to materials, but also to time and space, goes against sustainability. Actions such as reducing waste and construction costs, optimizing productivity at the construction site and contributing to the reduction of environmental impacts are measures that have become increasingly relevant in civil construction. In this sense, the present work presents a case study in which an analysis of a multifamily residential building project, located in Fortaleza, in the state of Ceará, is carried out, in order to present and evaluate the potential of replacing conventional processes by processes with focus on sustainable character. As a result, the use of tools and processes was presented, such as kanban, waste crusher, water reuse, roughcast application before laying blocks and agilean planning software, which seek to reduce and control waste. Furthermore, the limitations of these tools were also analyzed. The case study was based on a technical field visit, in the construction phase of the building, an interview and photographic records. It was concluded, given what was exposed in the work, that the tools and processes adopted contributed significantly to the reduction of waste in the case under study, the description made here serving as a subsidy to help other works with the same objective.

Keywords: waste, sustainability, productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de tijolos e blocos para vedação	16
Figura 2 – Exemplo de Protótipo de fachada verde	20
Figura 3 – Manipulador de cargas erguendo material em paletes diretamente para o local de utilização	22
Figura 4 – Exemplo de controle de estoque segundo o método <i>Kanban</i>	23
Figura 5 – Placas fotovoltaicas em cobertura de estádio	29
Figura 05 – Prédio <i>One Bryant Park</i>	30
Figura 6 – Fluxograma das etapas metodológicas.....	32
Figura 7 – Fachada da edificação em estudo.....	34
Figura 8 – Quadro gerenciador de kanban.....	38
Figura 9 – Cartões de Kanban	39
Figura 10 – Identificador de traços	40
Figura 11 – Quadro de identificação de materiais produzidos em obra	41
Figura 12 – Triturador de resíduos.....	43
Figura 13 – Alvenarias de vedação com blocos cortados em obra	46
Figura 14 – Ferramenta de reutilização de água para limpeza das giricas	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Justificativa do trabalho	11
1.2	Questão de pesquisa	12
1.3	Objetivos	12
1.3.1	<i>Objetivo geral</i>	12
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	12
1.4	Estrutura do trabalho	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Sistemas construtivos	14
2.1.1	<i>Sistema estrutural</i>	14
2.1.2	<i>Sistema de vedação</i>	15
2.1.3	<i>Sistema de revestimento</i>	17
2.2	Sustentabilidade na construção civil	19
2.2.1	<i>Ferramenta de controle de estoque</i>	22
2.2.2	<i>Ferramentas de reaproveitamento de água</i>	23
2.2.3	<i>Ferramenta de controle de tempo e cronograma</i>	24
2.2.4	<i>Controle de resíduos sólidos</i>	25
2.2.5	<i>Certificações</i>	27
2.3	Construção industrializada	27
2.4	Exemplos de soluções sustentáveis em obras em uso	28
2.4.1	<i>Estádio Mineirão</i>	28
2.4.2	<i>One Bryant Park</i>	30
3	METODOLOGIA	31
3.1	Delineamento metodológico	31
3.2	Etapas metodológicas	31
3.2.1	<i>Pesquisa bibliográfica</i>	32
3.2.2	<i>Visita técnica</i>	33
3.2.3	<i>Entrevista</i>	35
3.2.4	<i>Análise dos benefícios e limitações</i>	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	Práticas sustentáveis na obra em estudo	37
4.1.1	<i>Kanban</i>	37

4.1.2	<i>Triturador de resíduos.....</i>	42
4.1.3	<i>Corte de blocos cerâmicos no canteiro de obras.....</i>	44
4.1.4	<i>Reaproveitamento de água.....</i>	46
4.1.5	<i>Chapisco aplicado antes do assentamento dos blocos cerâmicos da fachada</i>	48
4.1.6	<i>Agilean (software de gestão de obra).....</i>	49
4.2	Resultado de entrevista: percepção técnica das ferramentas	49
4.2.1	<i>Significado de soluções sustentáveis para a Empresa A</i>	50
4.2.2	<i>Processo de implementação de soluções sustentáveis na Empresa A</i>	51
4.2.3	<i>Adesão dos funcionários aos processos sustentáveis.....</i>	51
4.2.4	<i>Ferramentas e processos de caráter sustentável</i>	52
4.2.5	<i>Como melhorar ainda mais o caráter sustentável do empreendimento.....</i>	52
4.3	Vantagens e limitações percebidas	53
5	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A busca pela melhoria de vida da população e crescimento da economia é, ou pelo menos deveria ser, de grande interesse do chefe de uma nação e dos que governam estados e municípios. O setor da construção civil tem impacto significativo nesse crescimento, sabe-se, portanto, que os setores de construção civil e indústria contribuem de maneira significativa para a geração de empregos. Isso pode ser confirmado, segundo Agência Estado (2020), que afirma que a construção civil chegou ao final de 2020 sendo um dos setores que mais criaram empregos, em um cenário de pandemia onde esperava-se que todos os setores caíssem.

No entanto, o setor da construção civil é um dos setores que mais contribui para a geração de resíduos sólidos, aqueles chamados RCC (Resíduos da Construção Civil). Bezerra (2020) confirma essa afirmação mostrando em seu trabalho que o setor da construção civil vem sendo um dos maiores geradores de resíduos, além de ser um dos que mais extrai matéria-prima da natureza.

É de conhecimento geral que esses resíduos geram impactos ambientais no planeta, desde a concepção do insumo no setor industrial, quando este se utiliza de matéria prima e durante o processo de industrialização despejam-se gases e outros poluentes no meio ambiente, até que depois de utilizados na construção civil são descartados, muitas vezes, de forma irregular. Segundo a ABRELPE (2020) a quantidade de RCD (Resíduos de Construção e Demolição) coletado pelos municípios só vem aumentando, no ano de 2010 foi registrado um total de 33 milhões de toneladas, já em 2020 este número passou para 44,5 milhões de toneladas.

Nesse sentido, Matsuda (2018) apresenta em seu trabalho a necessidade da conscientização dos agentes envolvidos no setor da construção para o correto beneficiamento desses resíduos pelo impacto que eles podem gerar ao meio ambiente caso descartados sem critérios.

Devido à esta problemática, tem-se intensificado ações que minimizem esses impactos. No ano de 2010 no Brasil, por exemplo, foi criado o PNRS (Plano Nacional de Resíduos Sólidos), consolidando-se, assim, um avanço na busca pela redução de resíduos, uma vez que a premissa inicial deste plano é a não geração de resíduos. No entanto, como esta é uma prática vista como utópica, se designou então o descarte correto por parte dos responsáveis pelo resíduo em cada município. As orientações do plano contemplam desde a busca pela não geração do resíduo, a

reutilização e/ou reciclagem quando possível, a alocação apropriada dentro do canteiro de obra, o transporte de forma responsável e por fim, quando se esgotam as formas de reaproveitamento daquele material, ele é descartado de forma que não agrida ao meio ambiente.

Outros exemplos de medidas que impulsionam o setor da construção a tomar medidas sustentáveis é a implementação de certificações, como o selo PBQP-H, ISO 9001 e selo caixa azul. Duarte *et al* (2020) afirma que o incentivo, por parte do governo, em liberar financiamentos e outros benefícios às construtoras e incorporadoras aumenta a busca pelos selos de qualidade e certificações, dessa forma, aumentando o número de construções cada vez mais sustentáveis.

Nesse sentido, estas ações além de contribuir para a sustentabilidade, quando aliadas ao pensamento de construção enxuta também colaboram para uma melhor produtividade dentro dos canteiros de obras. Esse conceito é citado por Koskela (1992), que apresenta o conceito *lean construction*, nome dado a este pensamento de otimização dos recursos de produção adaptado do setor industrial automobilístico para a construção civil. Essa adaptação implementada a partir do sistema Toyota de produção, consiste em produzir mais em menos tempo, reduzir desperdícios de tempo, material e espaço, ou seja, fazer mais utilizando menos recursos por meio de ações e estratégias previamente pensadas que otimizam todo o ciclo de produção. Essa otimização é uma forma de trazer a sustentabilidade para o setor da construção.

SANTOS *et al* (2021) aponta as principais aplicações do pensamento *lean* à construção civil, como a correta locação do canteiro de obras, que visa diminuir distâncias de operários à materiais, como também o controle do estoque de materiais por meio do *Kanban*, que é um mural com cartões coloridos, onde indicam desde o excesso até a falta de materiais.

1.1 Justificativa do trabalho

Ações como reduzir desperdícios e custos da obra, otimizar a produtividade no canteiro e contribuir para a redução dos impactos ambientais são medidas que têm se tornado cada vez mais relevantes na construção civil. Isso fica evidente com a criação de protocolos de qualidade e melhoria contínua de produtos e serviços, como os exemplos citados anteriormente. Portanto a análise e utilização de tais sistemas e

protocolos é extremamente necessária para a busca contínua por um planeta sustentável, visto que esse conceito engloba desde a produção de insumos do setor industrial, até a manutenção do empreendimento após concluída.

Diante do exposto, o presente estudo se justifica por apresentar o processo de utilização de práticas sustentáveis em obra de edificação de múltiplos pavimentos e realizar uma análise crítica das contribuições dessas práticas na obra como um todo. Além disso, a proposta de substituição dos sistemas convencionais por tais práticas sustentáveis, é vista sobre o olhar ambiental, social e econômico, ou seja, a possível redução de custos também será abordada como um aspecto da sustentabilidade.

1.2 Questão de pesquisa

Como se dá o processo de utilização de práticas sustentáveis em obras de edificação residencial de múltiplos pavimentos para redução e controle de desperdícios?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Analisar processos de uso de práticas sustentáveis em obra de edificação residencial de múltiplos pavimentos com foco na redução e controle de desperdícios.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Caracterizar o objeto de estudo do estudo de caso em questão;
- b) Apresentar ferramentas e métodos construtivos que contribuem para a natureza sustentável da obra em estudo;
- c) Fazer análise crítica das limitações e potencialidades da implementação de práticas sustentáveis no setor da construção civil.

1.4 Estrutura do trabalho

No capítulo 01, é apresentado o tema deste trabalho, em uma breve introdução que aponta os tópicos que serão abordados ao longo da pesquisa, em seguida a justificativa, que nos guia quanto à análise de práticas sustentáveis que será feita, além dos objetivos geral e específicos, que norteiam quanto ao que se espera alcançar com este trabalho científico.

No capítulo 02, é o referencial teórico, onde será apresentado o estudo bibliográfico, o qual foi dividido em 4 partes, na primeira será abordado os principais sistemas construtivos, na segunda, a conceituação de sustentabilidade que serve de parâmetro para análise de edificações sustentáveis, na terceira parte deste tópico será abordado a construção industrializada, onde será visto as inovações na forma de construir vindo do setor industrial, e por fim, na quarta e última parte será mostrado exemplos de construções reconhecidas por adotarem em todo o seu processo construtivo sistemas sustentáveis.

O capítulo 3 deste trabalho trata da metodologia, a qual foi dividida em 4 etapas metodológicas: pesquisa bibliográfica, visita técnica, entrevista e análise de benefícios e limitações. No capítulo 4, têm-se os resultados e discussões obtidos a partir do estudo de caso, e neste tópico são apresentadas as práticas sustentáveis utilizadas no empreendimento em estudo e, a partir de então, são feitas colocações a respeito de suas vantagens, limitações e potencialidades. Por fim, tem-se as conclusões obtidas no estudo apresentadas no capítulo 5.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado o referencial teórico com as referências bibliográficas que servirão de base para o desenvolvimento do presente estudo. A divisão dos tópicos desse capítulo foi feita tendo como base os conceitos de sistemas construtivos e sustentabilidade.

2.1 Sistemas construtivos

Nunes *et al* (2017) conceitua um sistema construtivo, como a união de elementos naturais ou industrializados, que possuem características de resistência, elasticidade, plasticidade, resiliência, tenacidade e dentre outras, que quando unidos tais elementos, se alcance um determinado objetivo, como vedação, isolamento acústico, isolamento térmico etc. Nos subtópicos seguintes serão apresentados alguns dos principais tipos de sistemas construtivos mais utilizados em obras de edificações residenciais, os quais serão abordados nos resultados do presente estudo.

2.1.1 Sistema estrutural

Segundo Souza e Rodrigues (2008), um sistema estrutural é caracterizado pela função de receber os esforços e transmiti-los ao solo, ele ocupa a posição mais importante das etapas de construção, pois, é responsável por garantir estabilidade e segurança aos usuários do empreendimento.

O autor explica a forma que o sistema estrutural convencional funciona, no caso aquele feito em concreto armado, que é o mais amplamente utilizado, especialmente para tipologias de edificações residenciais no Brasil. Primeiramente, o sentido do carregamento se inicia nas lajes, onde recebe os esforços de peso próprio e carga acidental, no qual é lançada para as vigas que transmitem aos pilares e por fim são transmitidos ao solo por meio das fundações.

Souza e Rodrigues (2008) afirmam ainda que o sistema estrutural em concreto armado é o mais utilizado pela sua facilidade de encontrar mão de obra e materiais componentes. Contudo, orientam pela importância do olhar crítico à essa solução pelo fato de ser um dos que geram maiores desperdícios. Os autores afirmam

que esse tipo de solução apresenta elementos dependentes e que, por serem executados em sua maioria in loco, acabam por ser fonte de geração de resíduos.

Contudo, o sistema estrutural de edificações não se restringe ao uso de concreto armado, podendo ser também em estrutura metálica ou de madeira, ou ainda em materiais alternativos que estão cada vez mais presentes no dia a dia do setor da construção.

2.1.2 Sistema de vedação

O sistema de vedação, como o próprio nome diz, é todo aquele utilizado para vedar, fazer o fechamento da edificação. É um sistema construtivo formado de um conjunto coeso e rígido de tijolos ou blocos, unidos entre si, com ou sem argamassa de ligação, em fiadas horizontais que se sobrepõem uma sobre as outras. O sistema convencional de vedação, executado a partir do bloco cerâmico furado, existe há milhares de anos.

O sistema convencional de vedação em bloco cerâmico furado é um sistema que atualmente possui diversos tipos diferentes de tamanhos e geometrias. Essas diferenças vêm da necessidade de melhorar a produtividade, pois quanto maior o bloco, mais rápida é a execução do fechamento, e da utilização de modulação, padronização de medidas para evitar a quebra desses elementos.

Os blocos utilizados para as alvenarias de vedação podem apresentar diferentes dimensões geométricas e diferentes elementos em sua composição, de acordo com a necessidade. O bloco cerâmico mais utilizado em obras residenciais e comerciais é o de dimensões 9x19x19cm, porém se houver necessidade de suportar altas temperaturas, como em churrasqueiras, utiliza-se os tijolos refratários. Porém, quando se deseja optar por sua participação na decoração do ambiente, então utiliza-se os tijolos laminados, que também podem ser utilizados em churrasqueiras.

Souza e Rodrigues (2008) afirmam em seu trabalho que os elementos de alvenaria são materiais da construção civil industrializados e possuem formato de paralelepípedo. Os tipos que são encontrados são: Tijolos de barro cozido, são aqueles tijolos comuns furados, há também os tijolos de solo cimento, conhecidos como tijolo ecológico, o tijolo de vidro possui como principal função a estética, visto que seu custo é elevado comparado aos demais.

Souza e Rodrigues (2008) mostram em seu trabalho que os blocos de concreto apresentam vantagens significativas, se comparados aos tijolos convencionais, durante sua execução. Pois, os blocos de concreto não necessitam de quebra para passagem de tubulações, como é o caso dos convencionais, além de possuírem dimensões maiores, garantindo assim maior velocidade e, portanto, redução de tempo no levantamento das paredes.

Enquanto os blocos de concreto têm como principal elemento na sua produção o cimento *Portland*, os blocos cerâmicos ou tijolos são feitos a partir da queima da argila, portanto é um processo agressivo ao meio ambiente. Com isso, criou-se os tijolos ecológicos, que dispensam a queima do barro, também conhecido como solo-cimento, ele possui baixo consumo de argamassa, além de bons índices de isolamento térmico e acústico. Na Figura 1 são apresentados alguns dos tipos de tijolos cerâmicos.

Figura 1 – Tipos de tijolos e blocos para vedação



Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/dc/c3/f6/dcc3f69ca6f3b16f99c77b33ce4bde49.jpg>

A principal função do sistema de vedação é adequar e estabelecer a separação entre ambientes. Especialmente a alvenaria externa, que tem a responsabilidade de separar o ambiente externo do interno, deverá atuar como freio, barreira e filtro seletivo, controlando uma série de ações e movimentos complexos. Nesse sentido, a alvenaria convencional pode apresentar algumas limitações, como o peso elevado e a fragilidade dos elementos. Com isso, surgiram outras soluções de vedação, como o sistema *Drywall*.

Nunes *et al* (2017) define o método de vedação *Drywall*, traduzido para o português significa 'parede seca', esse sistema consiste na montagem de uma estrutura metálica, a qual serve de sustentação para as etapas seguintes, dentro desta estrutura são encaminhadas todas as tubulações hidráulicas, sanitárias e elétricas. Há também um elemento, dentro dessas paredes, responsável pelo isolamento térmico e acústico, durante todo o seu processo de instalação não é utilizado nenhum tipo de argamassas.

Uma das vantagens desse método é a área aproveitada, visto que possui espessuras de parede menor do que as alvenarias convencionais, aumentando em até 6% a área de projeto. Além disso, Nunes *et al* (2017) verificou em seu trabalho que houve redução significativa no peso das cargas que são transmitidas para as lajes.

2.1.3 Sistema de revestimento

O sistema de revestimento pode ser conceituado como o conjunto de camadas que cobrem a superfície da estrutura ou do vedo (alvenaria, gesso acartonado, paredes maciças ou lajes de concreto), desempenhando funções específicas. As principais funções do sistema de revestimento podem ser citadas como a realização da proteção do vedo e da estrutura, o auxílio ao vedo a cumprir suas funções e facilitar o acabamento final ao conjunto vedação.

Segundo Baptista (2018), há centenas de anos que o revestimento possui função estética em um empreendimento, pois proporciona conforto tátil e visual ao usuário. A partir do avanço de exigências na execução dos revestimentos, do tipo econômica ou de mão obra especializada, houve também a necessidade de produzir novas soluções.

Baptista (2018) também aponta em seu trabalho os avanços da aplicação do revestimento, como por exemplo, a substituição da aplicação manual pela aplicação por meio de equipamentos de projeção, técnica que otimiza o tempo de execução. Além disso, outro exemplo é a recessão do material a granel e sua substituição pelos materiais ensacados.

As principais características de um revestimento deve ser a durabilidade e qualidade aliada ao melhor acabamento, isenta de defeitos, boa resistência mecânica a ações de caráter abrasivo. Ademais, o período para fazer reparações ou manutenções deve ser compatível com o custo investido. A escolha do tipo adequado de revestimento é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos revestimentos para parâmetros interiores

Classificação funcional	Tipos principais de revestimentos interiores de paredes
Revestimentos de regularização	Rebocos tradicionais
	Rebocos pré-doseados
	Revestimentos de ligante misto
	Estuques tradicionais de gesso e cal
	Estuques pré-doseados de gesso
	Estuques pré-doseados sintéticos
Revestimentos de acabamento	Estuques tradicionais de gesso e cal
	Estuques pré-doseados de gesso
	Estuques pré-doseados sintéticos
Revestimentos resistentes à água	Revestimentos cerâmicos colados
	Revestimentos de pedra natural colados
	Revestimentos de pedra artificial colados
	Revestimentos epóxicos
	Revestimentos de ligantes sintéticos (esmalte e vernizes)
Revestimentos decorativos	Revestimentos em rolo (de papel, plásticos, têxteis e de cortiça)
	Revestimentos de placas de aglomerado de cortiça expandida
	Revestimentos por pintura

Fonte: Adaptado de (Fulano, 2009)

Baptista (2018) mostra que o revestimento cerâmico é um dos mais antigos do mundo, visto em muitas edificações históricas, contribuem para a estética e possuem alta durabilidade. Mesmo esse tipo ainda sendo utilizado, há no mercado

outras opções criadas mais recentes e que estão sendo bastante utilizadas, como o as placas de gesso acartonado, que teve sua origem na América do Norte após a primeira guerra mundial, é um método rápido e prático de ser executado.

Sobre as camadas que se sobrepõem à alvenaria, a NBR 13529 (ABNT, 1995) esclarece que o chapisco é a primeira camada aplicada à alvenaria, sua função é garantir aderência entre o substrato e a camada posterior que deverá ser aplicada. O emboço é a camada aplicada sobre o chapisco, tem como finalidade regularizar, corrigir as imperfeições e fazer ligação com as camadas seguintes, que pode ser o revestimento cerâmico ou reboco, essa camada possui textura áspera.

A NBR 13529 (ABNT, 1995) esclarece que o reboco é uma camada final, geralmente aplicada sobre o emboço, confere aspecto de textura menos áspera que o emboço, pois é o acabamento às múltiplas camadas que lhe antecedem, podendo receber pintura ou outro tipo de cobertura.

Rocha (2017) criou em laboratório um protótipo de argamassa estabilizada modificada que dispensa, na etapa preliminar, a aplicação do chapisco, portando com a redução de uma etapa, há redução de tempo e custo. A argamassa criada pelo autor proporciona alta aderência química à alvenaria que se dá pela presença de aditivo à base de copolímeros acrílicos.

Além das camadas de revestimento por argamassa proporcionarem aspectos importantes à alvenaria, Pires (2017) verificou em seu trabalho que a aplicação de camada por pintura à superfície tem finalidade estética e de proteção. Ademais, confere também segurança e aspectos ambientais, uma vez que determinadas tintas possuem resistência a micro-organismos, à radiação ultravioleta, à intempérie e dentre outros.

2.2 Sustentabilidade na construção civil

Farias e Marinho (2020) mostram em seu trabalho que o conceito de sustentabilidade surgiu de uma conferência da ONU, que definiu esse conceito como sendo a utilização de práticas que satisfaçam as necessidades de toda a população no presente, porém, que se preocupe com a possibilidade das futuras gerações também satisfazerem suas necessidades a partir da exploração consciente de recursos naturais. Em outras palavras, desde a conferência da ONU até os tempos

atuais, tem-se como conceito de sustentabilidade a prática do uso racional dos recursos naturais.

O mesmo autor afirma, por exemplo, que uma das preocupações que uma obra deve ter para manter seu caráter sustentável é o uso racional da água, pois sabe-se que este bem da natureza tem a possibilidade de um algum dia acabar, sendo notável a presença de políticas públicas voltadas para o seu uso com responsabilidade.

Nesse sentido, Farias e Marinho (2020) apontam como possível solução de uso racional da água a sua reutilização por meio da implantação de tecnologias nos empreendimentos para a estocagem de água da chuva. Além disso, os autores sugerem a utilização de materiais que façam o isolamento acústico e dessa forma promova bem-estar ao usuário e sugerem a proximidade da natureza com o ser humano, a partir do uso de vegetações nos ambientes, uma vez que estes exercem um papel importante no combate ao aquecimento global.

Nesse sentido, Morelli (2016) também mostra em seu trabalho a utilização de paredes verdes como medida sustentável em fachadas e coberturas, uma vez que um dos seus principais benefícios é o conforto térmico ao usuário. A autora teve como objetivo em seu trabalho, analisar a eficiência do uso de vegetação no desempenho térmico da edificação e sua interferência no microclima da área interna do objeto de estudo, como é possível ver no protótipo da autora apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Exemplo de Protótipo de fachada verde



Fonte: Morelli (2016)

Gomes e Lacerda (2014) apresentam em seu trabalho o conceito de sustentabilidade como sendo a interligação de 3 esferas: econômica, social e

ambiental. Qualquer obra que deseje ter um caráter sustentável, deve obrigatoriamente, atender às necessidades ambientais, no que tange à degradação do meio ambiente, como por exemplo a escolha de materiais que em seu processo possua menor emissão de CO₂.

Além deste, deve atender ao desempenho da edificação, uma vez que o empreendimento deve satisfazer às necessidades do usuário, como conforto e isolamento térmico e acústico. E por fim, a questão econômica que viabiliza a execução de uma construção, e este aspecto é um dos grandes responsáveis pela geração de emprego e participação ativa no PIB nacional.

O conceito de sustentabilidade pode muitas vezes ser confundido com o conceito de desperdício. São conceitos diferentes, mas que se complementam em certo nível e são de extrema importância para as práticas racionais na construção civil.

Para entender o conceito de desperdício, Koskela (1992) esclarece a respeito de dois tipos de atividades que podem ser executadas em uma linha de produção. O primeiro tipo está relacionado àquelas atividades que agregam valor, ou seja, são aquelas que convertem todos os recursos aplicados em um produto que atende à necessidade do cliente, porém, sem que sejam empregados esforços que não contribuem na entrega do produto.

O segundo tipo apresentado pelo autor, se refere às atividades que não agregam valor, e apenas oneram o custo do produto a ser entregue. Trata-se da prática de ações que consomem tempo, espaço, material e/ou outros recursos de forma excessiva e desnecessária, gerando, portanto, desperdício. Em outras palavras, o desperdício na construção civil está não somente no consumo desnecessário ou excessivo de material, mas também no gasto de tempo e execução de atividades que não agregam para a construção da edificação.

À exemplo da busca por redução de desperdícios, Herberts (2018) apresenta em seu trabalho, soluções que minimizam os desperdícios na obra. A figura 3 mostra o abastecimento de materiais à uma unidade de apartamento, por meio de um manipulador de cargas. Com isso, há redução de desperdício de tempo, pois o material seria transportado por um operário e levaria mais tempo para chegar até o local de utilização, enquanto com o manipulador de cargas esse transporte é realizado em menor tempo.

Figura 3 – Manipulador de cargas erguendo material em paletes diretamente para o local de utilização



Fonte: Herberts (2018)

Com o avanço da busca por práticas sustentáveis criou-se ferramentas que otimizam os processos durante a execução da obra, evitando desperdícios de tempo e de material. Os subtópicos seguintes descrevem algumas dessas ferramentas mais utilizadas em grandes obras residenciais atualmente.

2.2.1 Ferramenta de controle de estoque

Fazer com que a obra não pare devido à falta de material é uma das maiores preocupações de todo construtor. Com isso, a busca por ferramentas que facilitem esse controle é algo cada vez mais presente no setor da construção civil. Por isso com base no pensamento de construção enxuta foi criado o método de controle de estoque chamado *kanban*.

Segundo SANTOS *et al* (2021) esse método classifica, em uma escala de cores, a quantidade de material existente para o operário quando ele executa um determinado serviço. Portanto, monta-se em um painel ou algo do tipo, que lembre uma planilha. Nas linhas devem estar os materiais que estão sendo utilizados, como blocos cerâmicos, argamassa etc.

Já nas colunas deve estar o consumo diário, estoque mínimo, estoque atual e situação, de forma, que seja cruzada as informações da descrição de um determinado material com as informações do seu estoque e consiga analisar a

situação daquele material. Uma observação importante é que o estoque mínimo deve ser igual à 3 vezes o estoque diário.

Com isso, se o estoque atual for um pouco maior que o estoque mínimo, então classifica-se a situação daquele material com a cor verde, que significa que não há necessidade de reposição. Porém esta quantidade também não pode ser muito acima do mínimo porque pode gerar desperdícios e ocupar espaços desnecessários, situação essa que é classificada com o cartão laranja.

Quando o material está igual ou inferior ao estoque mínimo, então utiliza-se o cartão amarelo, que significa que há necessidade de reposição. E, por fim, não menos importante, mas preocupante, o cartão vermelho é usado para quando o estoque atual está igual ao consumo diário, o que significa que há grandes chances de haver falta de material. Para exemplificar o conceito da ferramenta, é apresentado na Figura 4 um modelo de controle de estoque fictício.

Figura 4 – Exemplo de controle de estoque segundo o método *Kanban*

CONTROLE DE ESTOQUE				DATA: _____	
Material	UM	Consumo Diário	Estoque Mínimo	Estoque Atual	Situação
Bloco Cerâmico 09x19x19	Um	500	1500	2000	
Cimento	Sc	50	150	2000	
Areia	m ³	25	75	25	
Cal	Sc	20	60	60	

Fonte: SANTOS (2020).

2.2.2 Ferramentas de reaproveitamento de água

Com a objetivo de preservar este recurso natural tão valioso que é a água, têm-se adotado tecnologias que reaproveitam a água da chuva, primeiramente por meio de coleta da água que precipita sobre a cobertura.

Tem-se visto que é possível coletar a água proveniente da chuva que precipita na cobertura de uma edificação, e esta por meio de tubulações é encaminhada para um reservatório, onde é utilizada para uso de contato não direto, ou seja, que não tem contato direto com o usuário, como descarga de vaso sanitário, irrigação e lavagem de calçadas ou carro.

Além desta forma de reuso, Dos Reis (2018) mostra em seu trabalho a proposta de utilização da água subterrânea, ou seja, extraída do lençol freático, para reutilização em usos como descargas de bacia sanitária e irrigação de plantas.

Uma vez que, dependendo do nível do lençol freático há a necessidade de fazer o seu rebaixamento por meio de bombeamento, e muitas vezes esta água coletada é descartada no sistema de drenagem.

2.2.3 Ferramenta de controle de tempo e cronograma

Koskela (1992) afirma que a integração da construção com o computador, pode ser vista como uma solução com grande potencial para o controle de tempo e cronograma. Sua finalidade é reduzir a fragmentação nos canteiros de obras, uma vez que essa fragmentação é um dos principais problemas existentes. Além disso, segundo o autor, a implementação da robotização e automação, intimamente ligado aos softwares de computador, dentro do setor de construção civil, é visto pelos pesquisadores dessa área como uma das principais soluções de controle da produtividade.

Um dos exemplos de ferramenta utilizada atualmente em obras para controle de tempo e cronograma e, conseqüentemente, controle de custos de uma construção, é chamado de *Agilean*. O *Agilean* é um software de planejamento de obra que torna a gestão do empreendimento mais eficiente a partir da incorporação dos conceitos *lean construction*. Surgiu a partir da necessidade do mercado da construção de ter uma ferramenta que mostre tempo ocioso, reduzindo desperdícios com funcionário parado, controle das equipes de produção e com a ajuda da tecnologia esse método permite que gestores interajam com as equipes em tempo real.

O *Agilean* utiliza como base para o planejamento a metodologia da linha de balanço, no qual é previsto o tempo de execução da obra e a divisão de todas as etapas. A ferramenta permite a comunicação entre o gestor da obra e as equipes de produção. Além disso, as estações *andon*, que são hardwares instalados dentro da

obra, imprimem as tarefas do dia, isso permite gerar pacotes de trabalho e conferência da conclusão de cada atividade.

Com o uso dessa ferramenta é possível gerar indicadores da produção e do consumo, como a quantidade de água e energia que está sendo utilizada durante a execução da obra. Com esse histórico, é possível aplicar o sistema *kaizen*, que traduzido do idioma japonês significa mudança para melhor, ou seja, avaliar o desempenho a partir dos indicadores e promover mudanças para a melhoria contínua.

2.2.4 Controle de resíduos sólidos

O artigo 2º da resolução 307/2002 do CONAMA (2002) estabelece a definição de resíduos da construção civil como expresso a seguir:

I - Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes 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., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;

Portanto, a partir desta definição percebe-se a gama de materiais considerados resíduos da construção civil, no entanto cada um com aspectos diferentes, alguns oferecem riscos ao meio ambiente e ao ser humano, enquanto outros são inofensivos à segurança. Dessa forma, os que não oferecem riscos podem ser reutilizados ou recicláveis.

Ainda segundo Conama (2002), reutilização significa utilizar novamente um resíduo sem que haja a necessidade de modificá-lo, isso acontece quando é percebido que suas características ainda podem cooperar na função de um determinado sistema construtivo. Enquanto a reciclagem é o reaproveitamento de um resíduo, porém a partir do emprego de meios ou tecnologias que o transformem, e o torne apto novamente a ser utilizado.

Vieira e Dal Molin (2004) afirmam que a utilização de agregados oriundos de resíduos da construção civil tem se intensificado bastante nos últimos anos, porém, ainda é pequena a sua utilização devido a alta variabilidade dos agregados. O

emprego de técnicas de controle de qualidade é demasiadamente importante, pois o uso do agregado reciclado em estruturas, que não atenda aos parâmetros mínimos, como de resistência e durabilidade, pode gerar sérios riscos à segurança do empreendimento.

No entanto, Rodrigues e Fucale (2014) perceberam em seu trabalho, a partir da dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado, que esse tipo de RCD possui grande potencial de ser utilizado, inclusive em estruturas, porém, sendo necessário estudos que avaliem a sua contribuição para o sistema construtivo.

Ademais, apesar da utilização de resíduos reciclados em estruturas de concreto, que exercem papel fundamental na segurança de um empreendimento, Menezes (2009) analisou a viabilidade de utilizar o resíduo da serragem do granito e de resíduos da construção civil, como alternativa para uso em argamassas simples. O resultado desta substituição foi satisfatório, sua substituição pode ser feita em um percentual de até 50%. O autor observou ainda que o uso dos resíduos, na produção da argamassa, proporcionou aumentos significativos na resistência à compressão.

O artigo 3º desta resolução (CONAMA, 2002), organiza esses resíduos em classes que vão de A até D, sendo diferenciados de acordo com o seu potencial de reaproveitamento dentro do setor da construção. A classe A corresponde aos resíduos que não oferecem riscos à vida, são aqueles provenientes de construções, demolições e reformas, tais como argamassa, concreto, componentes cerâmicos e dentre outros.

Já a classe B trata daqueles que são facilmente encontrados no dia a dia, como plásticos, papéis, metais, vidros etc. Enquanto os de classe C contempla os que não possuem tecnologias economicamente viáveis para fazer o seu reaproveitamento. E por fim, a classe D representa os resíduos perigosos, como tintas, solventes, óleos e dentre outros que são prejudiciais ao ser humano e à natureza se não forem descartados corretamente.

Ademais, há também a classificação da ABNT que, por meio da NBR 10004 (2004), classifica os resíduos sólidos quanto ao risco ao ser humano e o seu impacto ao meio ambiente. Tal norma, a partir desta análise, divide os resíduos sólidos em geral em 4 classes: classe I (perigosos), classe II (não perigosos), classe II A (não inertes), classe II B (inertes).

Lima e Cabral (2013) após analisarem 4 amostras de aproximadamente 280 kg de RCC (resíduos da construção civil), em Fortaleza, constataram a partir dos resultados, que eles têm alto potencial de reaproveitamento. Pois, verificaram em

todas as amostras que os resíduos se enquadram, com percentual de 93,4%, na classe A.

2.2.5 Certificações

Com o intuito de incentivar a construção de edificações com caráter sustentável, a caixa econômica federal criou o selo casa azul. Trata-se de um sistema de classificação que avalia o índice de sustentabilidade nos projetos habitacionais.

O objetivo desse sistema é fomentar, entre os empreendedores da construção civil, a elaboração de empreendimentos habitacionais que utilizem práticas sustentáveis, por meio da incorporação de inovações tecnológicas.

A partir desse sistema, desperta-se o interesse por parte de empreendedores e construtores, a aceitarem a proposta de utilizar técnicas construtivas sustentáveis, visto que com esta prática, há o benefício da liberação de crédito pela caixa econômica federal.

Este incentivo contribui para o aquecimento da economia, uma vez que facilita o acesso ao crédito para empreendedores e construtores, além de proporcionar, como resultado ao meio ambiente, a redução de agentes agressivos durante a execução da obra, previsto desde a fase de projeto.

Ademais, há também o selo do *green Building* que consiste em um selo de caráter internacional, com o objetivo de premiar construções que possuem inovações tecnológicas sustentáveis. Uma forma de se identificar isso é verificando a solução para redução do gasto de recursos naturais, e isso pode acontecer, por exemplo, por meio da substituição de energia elétrica por energia renovável, advindas da energia solar ou eólica.

2.3 Construção industrializada

ABDI (2015) define a construção industrializada como sendo a participação da indústria na execução das obras por meio da entrega de componentes produzidos no ambiente industrial, de forma semelhante às montadoras de veículos que recebem as peças produzidas na indústria e executam a montagem.

É importante destacar que essa definição está cada vez mais difundida no setor, pois a indústria da construção é a que ainda apresenta mais etapas dos seus processos de maneira artesanal e manufaturada.

A construção industrializada surge como proposta para redução de desperdícios, pois como esta proporciona o adiantamento de certas etapas da obra, providenciando seu preparo no ambiente industrial, isso faz com que seja possível haver a redução de tempo de execução.

As estruturas de concreto, por exemplo, podem ser moldadas *in loco* quando estas são executadas no canteiro de obras, possuem menor controle de qualidade, dado às limitações, já as pré-moldadas, são preparadas na indústria e são entregues na obra apenas para sua colocação, possuem melhor controle de qualidade, porém enfrenta outros desafios como de transporte e mão de obra qualificada.

2.4 Exemplos de soluções sustentáveis em obras em uso

Neste tópico será apresentado dois exemplos de construção com caráter sustentável. Segundo SILVA (2017), uma obra sustentável deve obedecer pelo menos 5 pilares: aproveitar recursos naturais, como por exemplo a luz solar, racionalizar o uso de energia, promover a redução do consumo de água por meio de tecnologias implantadas na edificação, inserir espaços de coleta seletiva para reciclagem e criar ambientes saudáveis que atentem principalmente para temperatura e acústica. Por esses pilares, podemos afirmar que o caráter sustentável engloba todos os sistemas em uma edificação.

2.4.1 Estádio Mineirão

Podemos citar inicialmente como modelo de construção sustentável o estádio Mineirão, localizado em Belo Horizonte, Minas Gerais, que é o único estádio do país a receber o selo *Platinum do Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). Dentre as soluções sustentáveis que esta edificação adota, estão medidas relacionadas a economia de energia elétrica e de água. A figura 5 mostra um exemplo dessas medidas com a representação de placas fotovoltaicas na cobertura do estádio.

Figura 5 – Placas fotovoltaicas em cobertura de estádio



Figura 01 Fonte:http://estadiomineirao.com.br/wp-content/uploads/2016/04/rsc_6208ucina-solar-mineirao-credito-renato-cobucci--e1462309067742.jpg

Como pode ser visto na figura 5, foram implantadas placas fotovoltaicas, que a partir de uma usina solar gera energia elétrica com capacidade de 1800 MWH/ano, convertendo no consumo médio de uma residência, é o equivalente a 1400 casas. Esse sistema é composto por 6000 células de silício cristalino distribuídos em 9500 metros quadrados da cobertura do estádio.

Além disso, com o objetivo de reaproveitar ao máximo a água da chuva, um dos recursos mais valiosos do mundo e ao mesmo tempo escasso, foi instalado um sistema de armazenamento com capacidade para 5 milhões de litros de água da chuva. Nos dias de chuva, a água desce por dutos até os reservatórios que ficam localizados abaixo das cadeiras, atrás dos gols.

Após o processo de tratamento, esta água é utilizada na irrigação do gramado, bacias sanitárias e mictórios, isso equivale à um desconto de 70% do consumo total que seria utilizado, desafogando assim, em dias de jogos o sistema de abastecimento de água. Caso passasse por uma estiagem, este sistema teria a capacidade de autonomia por até 3 meses.

Além disso, foi utilizado metais e acessórios hidráulicos que o mercado dispõe com o intuito de redução do consumo de água, como torneiras, válvulas de descargas e chuveiros. Ademais, com o intuito de compensar a remoção de árvores, para a ampliação da construção do estádio, foi plantado milhares de mudas espalhadas pela cidade.

2.4.2 *One Bryant Park*

O segundo exemplo, que trata diretamente o caráter sustentável durante a execução da obra, etapa que é o foco deste trabalho, é um prédio localizado em *Nova York*, o *One Bryant Park* que possui 55 andares. O grande diferencial durante sua execução, foi estrategicamente, voltada para a utilização do concreto, um dos itens mais onerosos da curva de serviços de um orçamento de edificação.

O concreto utilizado teve em sua composição 45% de resíduos e 55% de cimento. Percebeu-se a preocupação em dar uma destinação aos resíduos sólidos, estes que geram grandes preocupações nos grandes centros urbanos.

Figura 06 – Prédio *One Bryant Park*



Figura 05

Fonte: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fnacaosustentavel.wordpress.com%2F2013%2F11%2F03%2Fobras-sustentaveis-pelo-mundo%2F&psig=AOvVaw1A044vWcasvUPTIUxLFul&ust=1637976539879000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCNj09KXwtPQCFQAAAAAdAAAAABAe>

3 METODOLOGIA

3.1 Delineamento metodológico

Inicialmente, é importante traçar o delineamento metodológico da pesquisa, de forma a caracterizar o presente trabalho como pesquisa científica. Primeiramente, quanto ao objetivo da pesquisa, o presente estudo consiste em uma pesquisa descritiva. Segundo Rampazzo (2005), a pesquisa descritiva tem como objetivo observar, analisar e estudar fatos a partir da ótica de um pesquisador, tal como é proposto nesse estudo, o qual busca descobrir a relação ou conexão de práticas sustentáveis com a redução do desperdício em obras.

Para isso, será feito um estudo de caso em uma obra residencial, multifamiliar, com o intuito de atender ao objetivo geral da pesquisa. A análise realizada a partir deste estudo de caso terá como embasamento uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto, a qual dará respaldo aos resultados e análises feitas, e que classifica tal pesquisa como dedutiva. Para Rampazzo (2005) este método é uma argumentação que utiliza como premissa e embasamento conceitos já definidos para interpretar a descoberta de novos estudos.

De acordo com a abordagem, o trabalho se classifica como pesquisa qualitativa. Segundo Pereira (2018) este método consiste na interpretação dos dados, que por sua vez não são numéricos e são obtidos, principalmente, a partir de perguntas realizadas pelo pesquisador e aplicadas ao seu objeto de pesquisa. Nesse sentido, tem-se como instrumento de coleta visitas técnicas, relatórios de campo, registros fotográficos e entrevistas abertas com responsáveis técnicos pela obra em estudo.

3.2 Etapas metodológicas

De acordo com o delineamento descrito anteriormente, foram traçadas as etapas metodológicas para o presente estudo. Essas etapas foram resumidas e estão apresentadas na Figura 7 em forma de fluxograma. Nos subtópicos seguintes, cada uma das etapas está detalhada.

Figura 7 – Fluxograma das etapas metodológicas

Pesquisa bibliográfica	Visita técnica	Entrevista	Análise dos benefícios e limitações
<ul style="list-style-type: none"> • Análise dos principais sistemas construtivos; • Definição de sustentabilidade e construção industrializada; • Exemplos de obras com práticas sustentáveis 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizada em Maio de 2021; • Obra residencial, 20 pavimentos, 2 unidades por andar; 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de questionário com 5 perguntas ao gestor da obra 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise comparativa entre sistemas construtivos convencionais e soluções com caráter sustentável • análise crítica das limitações e potencialidades das ferramentas na otimização da produção.

Fonte: O autor (2021)

3.2.1 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica é uma etapa essencial em todo trabalho. Contudo, é de extrema importância que seja dito o foco utilizado de acordo a atingir os objetivos específicos do trabalho em questão. Tendo como um dos objetivos específicos apresentar ferramentas e métodos construtivos que contribuem para a natureza sustentável da obra em estudo, é necessário antes de entender as aplicabilidades de ferramentas e práticas sustentáveis, definir os principais sistemas convencionais em obra.

Portanto, na pesquisa bibliográfica iniciou-se apresentando uma discussão sobre sistemas estruturais, de vedação e de revestimento, visto que são os principais sistemas em obras. As análises realizadas foram feitas de maneira a conceituar os sistemas e a embasar os sistemas vistos no estudo de caso.

Em seguida, foi analisado o quesito da sustentabilidade na construção civil, pois a sustentabilidade é um tema amplo que possui algumas definições diferentes e é necessário diferenciá-la do conceito de desperdício. Dentro do conceito de sustentabilidade, foram apresentadas ferramentas ligadas à otimização da produtividade dentro do canteiro de obra, em seguida, apresentou-se o conceito de

construção industrializada, pois está diretamente ligado às ferramentas para obtenção de resultados sustentáveis.

Por fim, mostrou-se alguns exemplos de soluções sustentáveis em obras em uso, de forma a apresentar os benefícios que esta pode ter desde a fase de projeto e principalmente a sua execução.

3.2.2 *Visita técnica*

Primeiramente, é importante realizar a caracterização da empresa, utilizada nesse estudo de caso. A empresa A adota práticas sustentáveis como solução na busca pela preservação do meio ambiente e uso racional dos recursos naturais. Sendo uma construtora de grande porte, com foco em edifícios residenciais e tendo como premissa a busca por padrões de qualidade, foi a primeira do estado do Ceará a possuir a certificação ISO 9000, no ano de 1998.

Considerada pioneira na aplicação da filosofia *Lean Construction*, vem nos últimos anos testando e aplicando práticas e ferramentas que garantem um caráter sustentável às suas obras. Em 2009 oficializou essa imagem de construtora sustentável, ao lançar o compromisso verde.

Essa iniciativa faz com que à cada metro quadrado de empreendimento construído seja plantado uma árvore, com isso o objetivo é compensar a grande emissão de gases poluentes.

Dessa forma, a empresa em estudo é considerada sólida no mercado de construção de edifícios residenciais e utiliza de práticas e ferramentas que visam garantir caráter sustentável aos seus empreendimentos.

Ademais, fora realizado uma visita técnica em maio de 2021 a um dos seus empreendimentos em execução, em uma obra residencial, de 20 pavimentos, com 2 unidades por andar, localizada no bairro Cocó e com apartamentos de área privativa equivalente à 220 metros quadrados. A

Figura 8 mostra a fachada da edificação em estudo, modelada em projeto.

Figura 8 – Fachada da edificação em estudo



(a) modelagem da fachada
Fonte: fornecido pela Empresa A

Nesta visita, buscou-se analisar ferramentas da sustentabilidade utilizadas na etapa da construção da edificação. Teve-se com foco a utilização do *kanban*, a análise de documentos e dashboards, além das ferramentas de controle de tempo e custo como o *Agilean*. Ademais, o objetivo da visita está ligado a análise de desperdícios em geral, como de tempo, material e espaço e o seu impacto no custo global da obra, como também seu impacto ao meio ambiente. Nesse sentido, buscou-se analisar o processo de execução de estruturas em concreto armado, de alvenaria de vedação e gestão de resíduos sólidos.

Tendo este trabalho fins somente didáticos, o nome da empresa, do empreendimento e dos entrevistados foram ocultados, de forma a preservar a identidade dos envolvidos. Nos resultados a empresa em estudo será apresentada como Empresa A.

3.2.3 *Entrevista*

Durante a visita foi realizada uma entrevista com o técnico responsável pelo setor de qualidade e o gerente responsável pela obra, com o objetivo de coletar informações e poder atrelar a visão da obra com as análises bibliográficas realizadas. Esta entrevista, realizada de maneira conversacional livre, será apresentada por meio da análise das respostas, de forma a apresentar os conceitos que a empresa utiliza relativos à sustentabilidade.

Um dos objetivos da entrevista foi atingir o objetivo específico de definir o conceito de sustentabilidade para a construção civil. Durante a visita técnica, foi possível ter contato com o engenheiro responsável pela obra e o supervisor do setor de qualidade, onde realizou-se uma entrevista conversacional livre, mas com perguntas pré-definidas, com foco na técnica construtiva e nos custos globais. As perguntas feitas se encontram abaixo:

1. O que significa “soluções sustentáveis” para a empresa?
2. Como foi o processo de implementação de soluções sustentáveis na empresa?
3. Como é a aceitação e adesão dos funcionários aos processos sustentáveis?
4. Quais as ferramentas utilizadas, tanto nessa obra como na empresa como um todo, que fornecem o caráter sustentável aos empreendimentos da empresa construtora?
5. O que poderia ser modificado ou acrescentado (seja em ferramentas ou procedimentos) para melhorar ainda mais o caráter sustentável desse empreendimento?

3.2.4 *Análise dos benefícios e limitações*

Foi realizada uma análise comparativa entre sistemas construtivos convencionais e soluções com caráter sustentável, a partir dos dados obtidos na visita técnica e na entrevista. O foco da comparação está em analisar qualitativamente o ganho de produtividade e, com isso, a redução de desperdícios, tais como de tempo,

espaço e material, a partir da substituição de sistemas convencionais pelos de teor mais industrializados.

Além disso, analisou-se a utilização das ferramentas, como o *kanban* e o *Agilean*, e como estas ferramentas impactam a produção da obra, desde os pequenos processos de realização dos serviços até, como consequente, o seu impacto no custo global.

Por fim, realizou-se uma análise crítica das limitações e potencialidades da implementação de técnicas construtivas e sustentáveis e o uso de ferramentas de otimização da produção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos por meio da visita técnica realizada, como descrito no capítulo anterior. Inicialmente as ferramentas serão apresentadas da forma como foram vistas em campo, de forma a descrever seu uso e potencial sustentável. Em seguida, a entrevista com o responsável técnico pela obra em estudo será apresentada de forma a responder à alguns questionamentos relativos ao uso de práticas sustentáveis nessa empresa. Por fim, apresenta-se uma análise crítica dos resultados obtidos, de forma a elencar vantagens e limitações, e propor melhorias visando a sustentabilidade econômica e ambiental.

4.1 Práticas sustentáveis na obra em estudo

Os subtópicos seguintes detalham todo o processo observado em campo para algumas das práticas sustentáveis adotadas na obra objeto de estudo do presente trabalho. É importante salientar que o aspecto sustentável das ferramentas apresentadas ocorre nas esferas ambiental e econômica, havendo outras soluções implementadas, especialmente a serem usadas na edificação em uso, que não é o foco do trabalho.

4.1.1 *Kanban*

Uma das ferramentas mais utilizadas em todas as obras da Empresa A é o Kanban. Pelo tempo de uso na empresa e pela experiência de uso em diversas obras, o Kanban já é uma ferramenta considerada consolidada e seu uso foi considerado fácil e eficiente pelos gestores e funcionários da obra.

Na época da visita técnica, a ferramenta Kanban estava sendo utilizada na obra em estudo no setor de argamassas e concretos, mas seu uso não fica restrito somente a um setor, podendo ser expandido para várias áreas dependendo da etapa da obra.

Observou-se durante a visita técnica que havia a necessidade de organizar o fornecimento de argamassas e concretos, a serem transportados para os pavimentos em execução, dependendo da demanda de cada um, que divergia tanto em tipo de material como em quantidade. No entanto, com o objetivo de organizar a

distribuição desse material, entre os pavimentos, de forma coordenada e antecipada, para evitar a falta deste material (o que ocasionaria a ociosidade dos operários e, conseqüentemente, desperdício de mão de obra), utilizou-se a aplicação do conceito Kanban.

Para facilitar a aplicação eficiente da ferramenta, a empresa utiliza um quadro no qual constam os horários em que será necessário abastecer determinado pavimento, conforme observa-se na Figura 9.

Figura 9 – Quadro gerenciador de kanban



Fonte: O autor (2021).

Para seu funcionamento, os funcionários precisam abastecer o quadro com as informações de demanda de material. Com isso, no dia anterior em que será necessário utilizar algum tipo de argamassa ou concreto, os operários responsáveis pela execução do serviço se dirigem ao encarregado de betoneira e lhe informam qual o tipo de traço irá precisar, de acordo com funcionalidade, ou seja, para chapisco, reboco, contrapiso, dentre outros. Além desta informação, é necessário saber qual o

pavimento e o nome do operário, para que no dia seguinte, momento da entrega, ele receba o traço solicitado, no momento certo da aplicação. Essas informações devem estar dispostas em cartões, nos quais vão estar contidas as informações do traço, do operário que solicitou e para qual pavimento o material deve ser transportado, conforme mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Cartões de Kanban



Fonte: O autor (2021).

É possível perceber nessa Figura 10 que o traço é identificado por tipo, o que ocorre nesta empresa para que haja uma padronização e melhor controle da qualidade desses materiais. Assim, os traços são divididos nesta obra em 15 tipos, sendo 11 deles de argamassas e 4 de concretos. As finalidades das argamassas e concretos vistos na obra em questão estão elencadas na

Tabela 2.

Tabela 2 – Tipos de argamassas e concretos utilizados na obra em estudo

Tipo	Identificação
1	Assentamento de alvenaria de tijolo cerâmico
2	Assentamento de alvenaria em bloco
3	Chapisco para fachada em concreto com aditivo
4	Chapisco interno fachada, alvenaria e estaca broca
5	Emboço e reboco interno
6	Reboco e emboço de fachada
7	Regularização para impermeabilização
8	Regularização de base
9	Reboco e emboço de estaca broca com aditivo impermeabilizante
10	Assentamento de granito
11	Argamassa de consistência
12	Concreto 30 Mpa
13	Concreto 15 Mpa
14	Concreto 8 Mpa
15	Concreto 35 Mpa

Fonte: O autor (2021).

A Figura 11 mostra essas especificações apresentadas na parte de trás do quadro do Kanban, mostrado na Figura 9.

Figura 11 – Identificador de traços



Fonte: O autor (2021).

Na Figura 11, observa-se argolas coloridas e identificadas, feitas com PVC, em que constam as numerações dos traços. Enquanto os cartões são utilizados para o encarregado de betoneira colocar as informações já citadas anteriormente, essas argolas são para colocar na girica que o servente irá transportar com o material solicitado, facilitando a conferência da entrega por parte do operário que solicitou.

A numeração dos traços segue uma padronização de execução, e, portanto, devem ser sempre preparados da mesma forma, ou seja, com a mesma medida de cimento e agregados, para evitar discontinuidades na mistura da massa e, assim, evitar possíveis patologias. Para isso, foi criado um mural com a especificação que deve ser preparado cada traço, conforme mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Quadro de identificação de materiais produzidos em obra

IDENTIFICAÇÃO DE MATERIAIS PRODUZIDOS EM OBRA	
ARGAMASSAS PADIOLAS COM 90 LITROS	
1	ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO TRAÇO 1:1:3 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA FINA : AREIA GROSSA PENEIRADA #5MM)
2	ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE BLOCO TRAÇO 1:0,5:2,5 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA FINA : AREIA GROSSA PENEIRADA #5MM)
3	CHAPISCO P/ FACHADA EM ESTRUTURA DE CONCRETO C/ ADITIVO (1:2 - ADITIVO: ÁGUA) TRAÇO 1:1,5 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA GROSSA PENEIRADA #5MM)
4	CHAPISCO INTERNO, FACHADA ALVENARIA E ESTACA BROCA TRAÇO 1:1,5 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA GROSSA)
5	EMBOÇO E REBOCO INTERNO TRAÇO 1:1,5 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA FINA : AREIA GROSSA PENEIRADA #5MM)
6	REBOCO E EMBOÇO DE FACHADA TRAÇO 1:1:3 (CIMENTO SC. DE 50KG: CAL SC. 20KG : AREIA GROSSA PENEIRADA #5MM)
7	REGULARIZAÇÃO PARA IMPERMEABILIZAÇÃO TRAÇO 1:2 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA GROSSA PENEIRADA #5MM)
8	REGULARIZAÇÃO DE BASE TRAÇO 1:2,5 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA GROSSA PENEIRADA #5MM)
9	REBOCO E EMBOÇO DE ESTACA BROCA TRAÇO 1:2,5 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA GROSSA PENEIRADA #5MM)
10	ASSENTAMENTO DE GRANITO TRAÇO 1:2,5 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA GROSSA PENEIRADA #5MM)
CONCRETO COM 123ML DE ADITIVO PLASTIFICANTE (CEMIX) PADIOLAS COM 41,76 LITROS (AREIA) E PADIOLAS COM 79,84 LITROS (BRITA) ADICIONANDO 25 LITROS DE ÁGUA	
1	CONCRETO 30 MPA TRAÇO 1:1:1 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA DE RIO 4,8 MM: BRITA 19 MM)
CONCRETO PADIOLAS COM 47 LITROS	
2	CONCRETO 15 MPA TRAÇO 1:2:3 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA GROSSA: BRITA "1")
CONCRETO (PISO MORTO) PADIOLAS COM 56,7 LITROS	
3	CONCRETO 0,8 MPA TRAÇO 1:2:3 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA GROSSA: BRITA "1")
CONCRETO COM 123 ML DE ADITIVO PLASTIFICANTE (CEMIX) PADIOLAS COM 58,8 LITROS (AREIA) E PADIOLAS COM 42,25 LITROS (BRITA) ADICIONANDO 25 LITROS DE ÁGUA	
4	CONCRETO 35 MPA TRAÇO 1:1:2 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA DE RIO 4,8 MM: BRITA 25 MM)
ARGAMASSA PARA CAMADA INICIAL EM FUNDO DE PILARES PADIOLAS COM 36 LITROS	
5	ARGAMASSA DE CONSISTÊNCIA TRAÇO 1:2 (CIMENTO SC. DE 50KG: AREIA GROSSA PENEIRADA #5MM)

Fonte: O autor (2021).

Por fim, é importante ressaltar que para que a ferramenta realmente funcione é necessário o comprometimento dos funcionários para a alimentação correta das informações. Esse processo demanda uma ruptura com o processo de produção considerado convencional, uma quebra de paradigma relacionado à forma de produzir, onde o funcionário precisará enxergar os benefícios que essa organização pode trazer não só para a empresa, mas para a qualidade do seu trabalho.

Em termos de sustentabilidade, o Kanban pode estar relacionado tanto à sustentabilidade econômica quanto a ambiental, pois é uma ferramenta que otimiza a produtividade, trazendo economia de tempo, e evitando uso de materiais de maneira desnecessária.

Com isso, tem-se custos reduzidos, principalmente de mão de obra, pois com a aplicação do conceito kanban, há uma melhor organização do fluxo e entrega de materiais, isso elimina o tempo de ociosidade dos operários que estão executando determinado serviço. Pois, no modelo convencional o servente ficava responsável em estar sempre verificando quando a argamassa iria acabar, muitas vezes, não é possível produzir a tempo. No entanto, com a aplicação do conceito kanban, no dia anterior à execução de certo serviço, é determinado a quantidade média que será necessária para o dia seguinte. Isto impacta de maneira positiva a produtividade dentro do canteiro, e assim, como consequência, impacta de maneira positiva, o custo e prazo de execução da obra.

Ademais, com a utilização do método supracitado, percebe-se um impacto ambiental. Pois, a partir desse modelo de produção, reduz-se de forma significativa o desperdício de material, uma vez que há a redução do desperdício de material, então há menor produção de resíduos na construção civil. Caso não houvesse essa redução, o volume gerado de restos de materiais iria aumentar o transporte e carga dos resíduos para os postos de coleta. Dessa forma, com essa redução, a partir desta prática sustentável, há uma contribuição significativa para o meio ambiente.

4.1.2 Triturador de resíduos

Sabe-se que durante as etapas de uma obra convencional é gerada uma grande quantidade de resíduos, característica ainda presente em diversos canteiros de obras atualmente, e na obra em questão não é diferente. Diante disso, a Empresa A viu a necessidade de melhorar o impacto ambiental que suas obras causam, seja pela redução dos resíduos gerados, ou pelo seu descarte correto, reutilização ou reciclagem.

Para a reutilização, faz-se necessários estudos que apontem usos eficientes, não devendo ser aplicado sem uma comprovação do potencial de uso. Já para a reciclagem e descarte correto, percebeu-se que a remoção por meio de transporte, geralmente caminhões basculantes, geram despesas altas para a obra, e quanto mais viagens maior as despesas indiretas do orçamento.

Diante dessas duas constatações, a Empresa A iniciou a adoção de algumas medidas, dentre elas a reutilização de resíduos como agregados para argamassas ou concretos não estruturais. Para isso, é necessário torná-los mais

uniformes e com tamanhos padronizados, pois como os restos de materiais possuem procedência distintas, um uso sem beneficiamento poderia alterar as características finais do produto gerado. Para isso, a construtora adquiriu um triturador de resíduos, o qual é apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Triturador de resíduos



Fonte: O autor (2021).

Segundo a equipe da obra, o custo de aquisição desse equipamento é bastante elevado, especialmente se utilizado para somente uma obra. Porém, como a construtora atua em obras de grande porte e em diversas obras simultaneamente, percebeu-se viável sua aquisição pelo custo-benefício do processo.

Com este equipamento, foi possível reciclar parte dos resíduos gerados em obra, como aqueles provenientes da quebra de blocos cerâmicos. Estes, após sua uniformização em triturador, foram utilizados na construção de calçadas e passeios da edificação. Apesar de já existirem pesquisas que mostram o uso de agregados reciclados para fins estruturais, as normas brasileiras ainda não permitem tal utilização, ficando restrito seu uso ainda para outros elementos de menor porte.

Observando os dados apresentados pela empresa, percebeu-se também a redução considerável nas despesas indiretas relacionadas ao transporte de resíduos. Essa redução ocorreu, pois, aqueles resíduos que não puderam ser reaproveitados ou reciclados por não haver demanda, ainda assim foram triturados, o que ocasionou em uma melhor organização desse material dentro dos recipientes de transporte de resíduos. Em outras palavras, gastos com o transporte de resíduos para postos de coleta de entulho, que geram despesas indiretas, são reduzidos em torno de 30% caso o material esteja bem compactado, pois o volume estará mais bem distribuído, o que demanda menos recipientes de depósito de material.

Percebe-se que em termos de sustentabilidade, a aquisição e utilização do triturador pela Empresa A pode estar relacionada tanto à sustentabilidade econômica quanto a ambiental, pois uma vez que, há a reciclagem de resíduos e estes somam-se ao ciclo de vida dos sistemas construtivos da obra, então permanecem mais tempo em uso. Isso contribui para a redução de matéria prima durante a execução dos processos construtivos, pois com a utilização do resíduo na obra, pode-se reduzir a quantidade dos materiais a serem adquiridos, dessa forma reduz-se a produção industrial, com isso, diminuem os poluentes gerados e por fim impacta ambientalmente ao planeta.

4.1.3 Corte de blocos cerâmicos no canteiro de obras

Na etapa de assentamento das alvenarias de vedação, a qual estava ocorrendo em alguns pavimentos no momento da visita técnica, a passagem de tubulações é um dos procedimentos que pode acabar gerando impacto ambiental negativo. Isso ocorre pela necessidade de fazer rasgos horizontais e verticais para a passagem dessa tubulação, a qual fica embutida nas alvenarias.

Atualmente o mercado fornece blocos de vedação apropriados para essa finalidade, produzidos já com o espaço para a passagem dessa tubulação, dispensando assim o trabalho do pedreiro em ter que fazer a quebra na obra, e do servente de recolher esses resíduos e levá-los para o descarte correto. Porém, de acordo com os responsáveis pela obra em questão, além desse tipo de bloco não ser encontrado no mercado tão facilmente como os blocos convencionais, eles apresentarem valores de desembolso bem mais elevados. Após fazerem uma análise da viabilidade da substituição dos blocos convencionais pelos blocos já cortados,

percebeu-se a ser inviável economicamente essa utilização e optou-se em continuar utilizando os blocos convencionais. O impacto financeiro não compensou o ambiental e outras medidas, como o uso do triturador para o reaproveitamento dos resíduos gerados, e o uso do projeto de alvenaria para uma modulação e melhor aproveitamento dos blocos, foram utilizadas de forma a melhorar o aspecto sustentável do processo.

Nesse mesmo intuito, com o objetivo de diminuir a geração de resíduos durante o assentamento da alvenaria em cada pavimento, e, com isso, diminuir a necessidade de limpeza e transporte desses resíduos por parte dos serventes, a construtora optou por realizar os rasgos nos blocos cerâmicos antes de serem transportados para os respectivos pavimentos a serem assentados. Portanto, após verificar a quantidade aproximada de blocos que o pedreiro irá precisar para fazer o assentamento da alvenaria, essa quantidade é repassada à um operário, que, em local apropriado no canteiro de obras, faz a quebra necessária dos blocos. Os resíduos gerados são beneficiados conforme visto no tópico anterior, e o bloco já com o rasgo pronto é então transportado para o pavimento.

Além disso, também se percebeu a utilização de blocos com furo na vertical que possibilitava a passagem das tubulações, sendo necessário realizar no canteiro apenas os rasgos horizontais. É possível observar um exemplo de assentamento de blocos com rasgos feitos em canteiro na Figura 14.

Figura 14 – Alvenarias de vedação com blocos cortados em obra



Fonte: O autor (2021).

Neste caso, percebe-se que em termos de sustentabilidade, a realização *in loco* de rasgos em blocos de vedação pode estar relacionada à sustentabilidade econômica, visto que a quebra dos blocos sendo realizada antes de serem transportados, reduz desperdício de tempo. Embora a quantidade de resíduo produzido no canteiro ou nos pavimentos seja a mesma, reduz-se o transporte vertical dos resíduos de alvenaria, uma vez que, eliminando uma parte do processo convencional de transportar resíduos dos pavimentos para descarte ou reciclagem, esta redução pode provocar impacto econômico significativo e benéfico para a construtora, sendo, portanto, uma prática de caráter sustentável.

4.1.4 Reaproveitamento de água

No setor de argamassas, todos os dias é feita a lavagem das giricas para retirar os restos de argamassa antes que endureça, o que poderia prejudicar o equipamento e a capacidade em volume de transporte de material. Com isso há um elevado consumo diário de água para essa finalidade.

Para reduzir este consumo foi implementada uma ferramenta de reutilização dessa água. Assim, ao serem lavadas as giricas em local apropriado para isso, a água utilizada escorre por um cano para um reservatório localizado em pavimento inferior, a qual é armazenada para ser usada novamente. Porém, essa água chega portando muitas impurezas, como agregados e partes de argamassa endurecida, tornando seu reuso, dessa forma, bem difícil. Contudo, após haver o deságue no reservatório, as partes mais pesadas acabam decantando no fundo da caixa, enquanto a água mais limpa se mantém na parte superior.

Então, uma bomba capta a água na parte superior e retorna para o andar superior para que seja reutilizada, dando continuidade ao ciclo. Após um certo período é realizado a limpeza também desses reservatórios de captação para retirar os restos de argamassa que se acumulam no fundo.

Percebe-se que, em termos de sustentabilidade, o processo de reaproveitamento de água em obra pode estar relacionado tanto à sustentabilidade econômica quanto a ambiental. Pois, a partir desta prática, há a redução do uso de água potável em atividades que não são para uso humano.

Com o processo de recirculação de água, há a reutilização desse bem, diminuindo o abastecimento por parte da concessionária responsável, a partir de então, sabe-se que esta redução de consumo, se aplicada em grande escala, ou seja, em centenas ou milhares de obras, proporcionaria grande impacto ambiental benéfico ao planeta. Uma vez que, quanto menor o uso desse bem, mais chances há para que haja o reabastecimento dos reservatórios das bacias hidrográficas. É possível visualizar essa ferramenta em uso na Figura 15.

Figura 15 – Ferramenta de reutilização de água para limpeza das giricas



Fonte: O autor (2021).

4.1.5 *Chapisco aplicado antes do assentamento dos blocos cerâmicos da fachada*

Uma alternativa para a redução de desperdícios, tais como de tempo e mão de obra, e que contraria o processo de construção convencional, foi a aplicação de chapisco nos blocos cerâmicos, antes de serem assentados em forma de alvenaria. No processo convencional, primeiramente os blocos são transportados até os locais onde haverá paredes, em seguida são assentados em forma de alvenaria e por fim recebem o chapisco e outras camadas.

Contudo, no empreendimento em estudo, adotou-se um processo diferente. Inverteu-se a ordem de execução, primeiramente os blocos cerâmicos receberam chapisco no canteiro de obras, ao serem colocados com a face de maior área paralela ao solo, então formou-se um grande pano de alvenaria que recebeu o chapisco.

Após a cura da argamassa aplicada sobre os blocos cerâmicos, então estes foram transportados até os locais de execução das alvenarias. Este método facilita o início de 2 etapas concomitantemente, não sendo necessário aguardar o término do assentamento da alvenaria para iniciar a aplicação do chapisco, visto que se tornam independentes. Portanto, é possível ter 2 equipes trabalhando em etapas diferentes ao mesmo tempo.

Outro motivo pelo qual este sistema foi adotado, é devido a possibilidade de controle de qualidade da argamassa que está sendo aplicada. Como há superfícies diferentes para receber chapisco, no caso, alvenaria e estruturas de concreto, assim também a argamassa aplicada deve ser diferente. E, segundo o profissional responsável pelo controle de qualidade, uma vez que a alvenaria já está assentada com a devida camada inicial, resta apenas as estruturas de concreto para receber esta camada, porém com um traço diferente. Isso evita que, caso estivesse sendo executado conforme o método convencional, o operário aplicasse a mesma argamassa da alvenaria na estrutura.

Com isso, em termos de sustentabilidade, o processo de chapisco antes do assentamento da alvenaria pode estar relacionado especialmente à sustentabilidade econômica pelo foco na otimização da mão de obra e redução de tempo no processo.

4.1.6 *Agilean (software de gestão de obra)*

O método de planejamento *agilean* é uma proposta de substituição da forma de planejamento convencional, que funciona a partir de planilhas manuais, no entanto, esta plataforma entrega informações de campo em tempo real para os gestores da obra e ao mesmo tempo estabelece atividades para todo o corpo de operários.

O planejamento é elaborado com base em 4 passos, o primeiro é o *agilean planner*, que é uma parte do software utilizado para apresentar em forma de planilha a linha de balanço, nele contém cada etapa da obra de forma programada e substitui as planilhas elaboradas de forma manual.

Uma grande inovação, aliada ao pensamento *lean* que este *software* possibilita são as estações alocadas na obra, que funcionam como uma espécie de ponto, no qual o operário ao iniciar o dia de trabalho, insere suas credenciais e é impresso um roteiro das atividades que ele deve executar naquele dia, bem como o local e a equipe que ele está inserido. Dessa forma, evita-se a ociosidade e aumenta a produtividade.

Um ponto importante, que pode ser obtido através deste recurso, é a avaliação da qualidade, pois por meio do *software* sabe-se quando uma atividade é concluída e elas são validadas após a inspeção da qualidade feita a partir do aplicativo pelo profissional responsável. E, por fim, todas as informações obtidas em campo são compiladas no painel para que os gestores tenham os *dashboards* em tempo real.

E da mesma forma que no processo de chapisco antes do assentamento da alvenaria, em termos de sustentabilidade, o uso do *Agilean* pode estar relacionado especialmente à sustentabilidade econômica pelo foco na otimização da mão de obra e redução de tempo no processo.

4.2 Resultado de entrevista: percepção técnica das ferramentas

De forma a obter informações técnicas sobre as ferramentas sustentáveis em estudo nesta pesquisa, o engenheiro responsável pela obra visitada foi entrevistado, onde foram feitas perguntas previamente estabelecidas, como foi apresentado no capítulo de metodologia. Os subtópicos seguintes apresentarão as respostas desse profissional às perguntas feitas, não sendo uma tradução da entrevista de maneira literal, mas explicativa de forma a deixar as informações mais claras e objetivas.

4.2.1 Significado de soluções sustentáveis para a Empresa A

Percebeu-se que a preocupação com o uso consciente dos recursos naturais está bastante enraizada na Empresa A. O entrevistado citou como exemplo

uma das diretrizes da empresa que é o compromisso verde. O compromisso verde consiste em aumentar a área verde *per capita* na zona urbana, onde a cada 1 m² construído de edificações é plantada 1 muda de árvore de espécie nativa ou em extinção, em um local público da cidade.

Ainda voltado para a parte da sustentabilidade ambiental, há também algumas medidas ou indicadores por obra, que a partir deles é possível gerenciar a utilização dos recursos e dar uma resposta quantitativa aos desperdícios gerados. Tais indicadores são, principalmente: consumo de água, emissão de CO₂ e produção de entulhos.

A partir desses indicadores são traçadas metas máximas de consumo para cada obra, sendo enfatizado pelo entrevistado que há uma busca constante pela redução dessas metas de consumo. Busca-se sempre otimizar os processos construtivos para garantir um caráter ambientalmente sustentável aos empreendimentos da empresa e, para eles, é fundamental esse controle, fazendo parte dos processos indispensáveis atualmente da empresa.

Em resumo, a partir da fala do entrevistado e das ações citadas que acontecem na Empresa A, o conceito de soluções sustentáveis para eles consiste no uso adequado e racional dos recursos naturais. Pois, a partir de medidas de reaproveitamento e reciclagem, prolongam-se o uso de matérias primas ou de resíduos, que em outras condições estariam retornando ao meio ambiente sem que houvessem sido exploradas suficientemente. Além disso, uma das medidas é o controle da geração de resíduos e a redução de agentes agressivos ao planeta.

Portanto, o significado de soluções sustentáveis na Empresa A, se dá a partir do conjunto de medidas, que buscam minimizar os impactos negativos ao meio ambiente, optando por alternativas de sistemas construtivos menos agressivos ao planeta. Dessa forma, é imprescindível experimentar inovações da construção civil, que troque as limitações dos sistemas convencionais por soluções sustentáveis e que garanta um caráter sustentável para suas obras.

4.2.2 Processo de implementação de soluções sustentáveis na Empresa A

O entrevistado relatou o processo de implementação das soluções sustentáveis citadas, afirmando que, em resumo, foi um processo gradual e que está em constante mudança. Ele afirmou que inicialmente buscou-se em literaturas e cases

de sucesso exemplos de práticas sustentáveis para descobrir e entender quais os métodos que estavam sendo adotados no mercado.

O entrevistado fez uma comparação interessante com o processo de implementação do *lean construction* na empresa. Em termos de tempo, não é recente a busca pela implementação dessa filosofia na empresa, o que ajudou a trazer as práticas sustentáveis de forma mais eficiente. O processo de traduzir esse conceito e aplicá-los é algo relativamente recente na empresa, tendo sido citado como exemplos os processos de controles ambientais de CO₂, água, e resíduos, os quais são parte do escopo da Empresa A há aproximadamente 8 anos.

Atualmente, todas as obras da Empresa A possuem o chamado ecopainel, ferramenta que mostra o consumo desses elementos (CO₂, água e resíduos) durante a execução de cada obra. De acordo com o entrevistado, essa ferramenta auxiliou no processo de implementação das práticas sustentáveis, assim como na adesão dos funcionários ao processo correto. O uso dessa ferramenta também ocorreu de forma graduação, onde iniciou-se com os resíduos, em seguida pensou-se em ampliar e veio a pegada hídrica, e então foi evoluindo para o controle de mais indicadores.

4.2.3 Adesão dos funcionários aos processos sustentáveis

Sabe-se que existe uma certa resistência dos funcionários à novas práticas, visto que pode ser difícil uma mudança de paradigma, alterando processos já conhecidos por eles, aos quais eles já estavam acostumados. Dessa forma, foi mostrado que na Empresa A existe diversos treinamentos para os operários de forma a melhorar o entendimento de todos sobre a importância das práticas sustentáveis e os benefícios que estas podem trazer, para eles e para a empresa.

A nível operacional, todos os operários, das diversas funções, entendem desde uma coleta seletiva até a destinação final dos resíduos. Por exemplo, um pedreiro não mistura o resíduo de gesso com o de alvenaria, ele acondiciona de forma separada e, assim, faz-se a coleta seletiva desde o nível operacional, e os resíduos já são encaminhados desde a descida dos pavimentos de forma separada.

4.2.4 Ferramentas e processos de caráter sustentável

Percebeu-se que a Empresa A está consciente da existência de tipos diferentes de sustentabilidade, pois suas ferramentas e processos buscam não somente o aspecto ambiental da sustentabilidade, mas também o econômico e o social. As ferramentas citadas no tópico anterior mostram isso, mas durante a entrevista outros exemplos foram ainda citados.

Foi narrado pelo engenheiro entrevistado um procedimento adotado em relação a aquisição do cimento, o qual anteriormente era utilizado CP II E, porém, foi observado que o CP IV emite menos poluente durante o seu processo de fabricação, e não possui impacto negativo no ganho de resistência e segurança estrutural, tendo sido, portanto, escolhido em substituição ao uso do CP II E. Além da preocupação ambiental, o social também foi citado na entrevista, dito pela empresa como algo necessário e importante, como por exemplo a preocupação com a ergonomia dos operários. Ademais, os treinamentos que visam o incentivo ao cumprimento dos protocolos, garante maior organização nas repetições de etapas de serviços e com isso favorece a produtividade.

4.2.5 Como melhorar ainda mais o caráter sustentável do empreendimento

A busca pela melhoria contínua é algo que a Empresa A deixou claro estar nas diretrizes de seus processos diários. Uma das formas de melhorar ainda mais o caráter sustentável das obras dessa empresa é por meio de certificações, dentre eles um selo da prefeitura de Fortaleza, chamado fator verde. Para a obtenção desse selo, há a necessidade de seguir determinada diretriz, que foca em processos desde a compra de materiais, como por exemplo na aquisição de portas, qual a procedência da madeira utilizada na fabricação dessa esquadria, se é de replantio ou de reflorestamento e certificada, dentre outros critérios.

Narra-se, ainda, pelo entrevistado, que neste empreendimento em estudo, durante a etapa de projeto, os vãos de esquadrias foram, ao máximo, calculados com a maior área possível e da forma mais adequada para que o quesito de iluminação, que é um dos parâmetros inseridos no selo de fator verde, fosse atendido como uma prática sustentável. No momento de entrega das obras da Empresa A são avaliados, pela prefeitura, todos os parâmetros que apontam para o uso de práticas sustentáveis, de forma a atribuir com credibilidade a certificação à obra.

4.3 Vantagens e limitações percebidas

Apresentadas as ferramentas vistas em visita técnica e as percepções dos envolvidos na obra em estudo por meio da entrevista, faz-se necessária uma análise crítica dos processos adotados e soluções utilizadas em substituição aos processos convencionais. A Tabela 3 mostra essa análise em resumo, de forma a facilitar o entendimento e a opção por tais ferramentas em outras obras.

Tabela 3 – Vantagens e limitações percebidas no estudo

Ferramenta / processo	Descrição resumida	Vantagens percebidas	Limitações percebidas
Kanban	Controle de estoque a partir de um painel organizado com os horários de entrega dos materiais	Elimina o risco de ociosidade dos operários	Depende da adoção e aceitação dos funcionários.
Agilean	Software que auxilia na elaboração do planejamento da obra.	Didático e de fácil manuseio, otimiza o tempo de elaboração do planejamento.	Necessário treinamento do operador do sistema.
Compromisso verde	Adotar medidas no canteiro de obras que são analisadas pela prefeitura para garantir o selo de compromisso verde.	Premiação.	Requer planejamento prévio e custos de implementação
Triturador de resíduos	Processa resíduos tornando-os partículas menores para serem reutilizados.	Reduz a aquisição de novos agregados e diminui, em torno de 30%, os vazios dos resíduos que serão transportados.	Alto custo de aquisição.
Reutilização de água da lavagem das betoneiras	A água utilizada para lavagem das betoneiras era coletada, bombeada e reaproveitada.	Reduz o consumo de água.	É necessário um espaço disponível para colocação dos reservatórios e bomba.
Chapisco antes do assentamento	Os blocos são espalhados ao chão, de forma a simular um pano de alvenaria, em seguida são chapiscados.	Permite o andamento de etapas diferentes, reduz o desperdício de argamassa e elimina a	É necessário um espaço disponível no canteiro de obra.

		necessidade de limpeza no local final de aplicação.	
Corte dos blocos cerâmicos	Os blocos cerâmicos por onde passam tubulação elétrica ou de água são cortados ainda no canteiro, antes de serem assentados.	Elimina o desperdício de tempo do operário em não ter que quebrar o bloco e elimina o deslocamento com resíduos.	Planejamento prévio da quantidade de blocos e espaço em canteiro.

Fonte: O autor (2021)

5 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo principal analisar processos de uso de práticas sustentáveis em obra de edificação residencial de múltiplos pavimentos, com foco na redução e controle de desperdícios. Pode-se afirmar que tal objetivo foi concluído com sucesso, pois a visita técnica gerou resultados detalhados e que podem contribuir com o processo de tomada de decisão em futuras obras.

Para atingir esse objetivo, primeiramente caracterizou-se o objeto de estudo do estudo de caso em questão. Pode-se concluir que as ferramentas observadas se enquadram na tipologia em estudo, que se trata de uma obra residencial multifamiliar. Em outras palavras, em tipologias diferentes, não se pode garantir a eficiência e o caráter sustentável das ferramentas aqui apresentadas. Com isso, é interessante analisar, em trabalhos futuros, tipologias diferentes para verificar se serão eficientes da mesma forma. Por exemplo, talvez em uma casa unifamiliar não seja interessante a aplicação do chapisco de forma antecipada, visto que não há um grande deslocamento do canteiro até o local de assentamento dos blocos.

Também pode-se concluir que essas ferramentas analisadas são ferramentas adotadas no processo de construção e que beneficiam tanto a empresa como os operários. Há também outras ferramentas a serem utilizadas durante o tempo de execução da obra, que também possuem caráter sustentável, e ainda outras aplicadas no período de uso da edificação. Entretanto, este trabalho limitou-se somente àquelas utilizadas durante a execução e acompanhadas durante a visita técnica.

Buscou-se também apresentar ferramentas e métodos construtivos que contribuem para a natureza sustentável da obra em estudo. Em resumo, pode-se concluir que:

- a) Kanban: mostrou-se altamente eficaz em sua proposta de aumento da produtividade, pois a partir da organização na entrega de materiais, reduziu-se o risco de haver ociosidade por falta de material. No entanto, requer a aceitação dos operários.
- b) Agilean: Mostrou-se eficiente na substituição das planilhas convencionais por um sistema que unifica todos, porém é necessário investir em treinamento e tempo para operar o sistema e se habituar ao processo.

- c) Triturador de resíduos: Mostrou-se eficiente, é um equipamento necessário em uma obra, pois reutilizou os resíduos gerados e transportou o que sobrou em menor volume. Garantiu economia à empresa. Entretanto, possui alto custo para adquirir e com manutenções, sendo viável apenas para construtoras que o utilize em várias obras, especialmente pela receita de várias obras proporcionar o retorno financeiro mais rápido dessa aquisição.
- d) Reaproveitamento de água: Tal prática é bastante relevante, observando-a pelo viés econômico, pois em termos práticos reduz o custo do consumo de água. Além disso, possui preocupação com a consciência ambiental. Porém, é necessário ter espaço para a colocação dos reservatórios e planejar a logística para não interferir nos demais processos.
- e) Corte dos blocos: Muito eficaz esta prática, pois com a corte antecipado, evita-se grandes deslocamento com resíduos e limpeza. No entanto, é necessário haver espaço no canteiro de obras para executar os cortes.
- f) Chapisco antes do assentamento do bloco: Esta prática apresentou-se eficaz, pois facilita o controle da qualidade e evita desperdícios no local de assentamento. Entretanto, assim como outras citadas anteriormente, necessita de espaço no canteiro para execução do método.

Pode-se concluir, assim, que todas as ferramentas se apresentaram eficientes na proposta de garantir um caráter sustentável durante o processo de construção da obra em estudo. Pois as vantagens superaram as limitações e nesta obra foram eficientes. Porém, também pode-se afirmar que é necessário ter sempre uma análise crítico-quantitativa para confirmar o real percentual de eficiência das ferramentas e processos supracitados.

Por fim, tem-se como sugestão de continuidade do presente estudo, a análise quantitativa, da redução dos desperdícios gerados a partir das ferramentas e processos abordados no presente estudo. Além disso, pode-se utilizar as ferramentas e processos apresentados para comparar com o estudo de outros.

REFERÊNCIAS

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Manual da construção industrializada**. 2015

BAPTISTA, Roberto Manuel Rodrigues. **Estudo comparativo entre dois tipos de soluções de revestimento interior de fachadas de edifícios: gesso projetado versus estrutura autoportante revestida a placa de gesso cartonado**. 2018. Dissertação (Mestrado em engenharia civil e do ambiente) – Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 2018.

BEZERRA, Daniel Abreu et al. Resíduos na construção civil: um estudo de caso na cidade de Fortaleza, Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 11., 2020, Vitória.

DA SILVA, Diogo Hilário et al. Construção sustentável na engenharia civil. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 4, n. 2, p. 89, mar.2018. DOI: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5204>. Acesso em 01 jun. 2021.

DOS REIS, Haniel Abreu et al. **Reaproveitamento de água subterrânea em construção civil**. Anuário de Produções Acadêmico-científicas dos discentes do Centro Universitário Araguaia, v. 7, n. 1, p. 74-79, 2018.

DUARTE, Paula Beatriz Mendes et al. Gestão da qualidade na construção civil: uma análise do programa Brasileiro de qualidade e produtividade no habitat (PBQP-H) E DA ISO 9001. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, mar. 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/viewFile/8009/6938>. Acesso em: 01 jun. 2021.

FARIAS, Lucas Menezes de; MARINHO, Jefferson Luiz Alves. Construções sustentáveis: Perspectivas sobre práticas utilizadas na construção civil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, mar. 2020. v. 6, n. 3, p. 16023-16033. Disponível

em <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/8257>. Acesso em 01 jun. 2021.

Guedes: construção civil passou toda a crise gerando empregos. **O povo online**, 3 dez. 2020. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2020/12/03/guedes--construcao-civil-passou-toda-a-crise-gerando-empregos.html>. Acesso em: 01 jun. 2021.

HERBERTS, Lucas. **Impactos da construção enxuta na gestão de segurança do trabalho em obras**. 2018.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford: Stanford university, 1992.

LACERDA, J. F. S. B.; GOMES, J. de O. Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil: análise do estado da arte. **Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial** - ISSN - 1983-1838, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 167–186, 2014. DOI: 10.18624/e-tech.v7i2.469. Disponível em: <https://etech.sc.senai.br/edicao01/article/view/469>. Acesso em: 2 jun. 2021.

LIMA, Adriana Sampaio; CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Fortaleza, v. 18, n. 2, p. 169-176, jun. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/YT8cTwjz46YT6SMFprKtYTf/?lang=pt>. Acesso em: 01 jun.2021

MATSUDA, Aline Sayuri Maeda. **Relação entre construção enxuta e sustentabilidade para redução de resíduos sólidos da construção civil**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia civil) – Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2018.

MENEZES, R. R. et al. **Reciclagem de resíduos da construção civil para a produção de argamassas**. **Cerâmica**, v. 55, n. 335, p. 263-270, 2009.

MORELLI, Denise Damas de Oliveira et al. **Desempenho de paredes verdes como estratégia bioclimática**. 2016. Tese (Doutorado em arquitetura, tecnologia e cidade) – Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2016.

NUNES, Gabriel de Freitas; SOUSA, Patrick Philippi de. **Potencial de redução de desperdício na construção civil com a substituição de sistemas construtivos convencionais por industrializados**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina.

PEREIRA, Adriana Soares et al. **Metodologia da pesquisa científica**. 2018.

PIRES, Eduardo José Gomes. **Avaliação de novas tecnologias para revestimento de fachadas**. 2017. Dissertação (Mestrado integrado em engenharia química) – Universidade do Porto, 2017.

RAMPAZZO, Lino. **Metodologia científica**. Edições Loyola, 2005.

ROCHA, João Pedro de Almeida. **Inovação orientada à sustentabilidade: desenvolvimento de um protótipo de argamassa estabilizada modificada para revestimento em paredes de alvenaria**. 2017. Monografia (especialização em engenharia de produção) – Universidade tecnológica federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

RODRIGUES, Clarissa Ribeiro de Sá; FUCALE, Stela. **Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil**. Ambiente Construído, v. 14, n. 1, p. 99-111, 2014.

SANTOS, Larissa Layla Marques dos et al. Construção enxuta aplicada a construção civil. **Revista Expressão Da Estácio**, São Paulo, v. 4, n. 1, 2021.

SOUZA, MFSM de; RODRIGUES, Rafael Bezerra; MASCIA, Nilson Tadeu. Sistemas estruturais de edificações e exemplos, 2008. São Paulo, 2008.

VIEIRA, Geilma Lima; DAL MOLIN, Denise Carpena Coutinho. **Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Ambiente Construído**, v. 4, n. 4, p. 47-63, 2004.