

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO
CONVENCIONAL E RACIONALIZADA: ESTUDO DE CASO**

GEOVANNA CAMPOS DE SOUSA BASTOS
MARIA EDUARDA FERREIRA LIMA

GOIÂNIA
2023

**GEOVANNA CAMPOS DE SOUSA BASTOS
MARIA EDUARDA FERREIRA LIMA**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO
CONVENCIONAL E RACIONALIZADA: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica e de Artes, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil sob orientação da Prof.^a Me. Tatiana Renata Pereira Jucá.

Banca Examinadora:

Prof. Me. Janaína das Graças Araújo

Prof. Dr. Luiz Álvaro de Oliveira Júnior

GOIÂNIA

2023

**GEOVANNA CAMPOS DE SOUSA BASTOS
MARIA EDUARDA FERREIRA LIMA**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO
CONVENCIONAL E RACIONALIZADA: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em sua forma final pela Escola Politécnica e de Artes, da Pontifca Universidade Católica de Goiás, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, em ____/____/____.

Orientador(a): Prof.^a Me. Tatiana Renata Pereira Jucá.

Prof. Me. Janaína das Graças Araújo

Prof. Dr. Luiz Álvaro de Oliveira Júnior

**GOIÂNIA
2023**

AGRADECIMENTOS

É com profundo sentimento de gratidão que dedicamos este espaço para expressar nossos sinceros agradecimentos àqueles que tornaram possível a realização desta monografia.

Em primeiro lugar, agradecemos a Deus, fonte de sabedoria e guia constante em nossa jornada acadêmica. Sua graça e orientação foram a luz que iluminou nossos caminhos, proporcionando força e inspiração em todos os momentos.

À nossa amada família, expressamos nosso reconhecimento pela compreensão, apoio incondicional e amor que sempre nos envolveram. Seu encorajamento foi nossa motivação, e cada conquista alcançada é compartilhada com vocês.

À nossa dedicada orientadora, Tatiana Jucá, agradecemos por sua orientação perspicaz, paciência e dedicação incansável. Suas contribuições críticas foram fundamentais para a qualidade deste trabalho, e sua inspiração moldou nosso percurso acadêmico.

Aos amigos, verdadeiros companheiros de jornada, nossos agradecimentos por compartilharem risos, desafios e momentos de aprendizado. Sua amizade tornou essa jornada mais significativa.

Expressamos também nossa gratidão aos engenheiros e assistente responsáveis pelo fornecimento de dados, Caio Gracco, Barbara Azevedo Terra e Wislaner Mendes cuja colaboração foi essencial para enriquecer este trabalho. A expertise e disposição de vocês em compartilhar conhecimento foram fundamentais.

Este projeto é fruto do apoio coletivo, e agradecemos a todos que, de alguma maneira, contribuíram para o nosso crescimento acadêmico e pessoal.

Muito obrigada!

RESUMO

Uma etapa crítica no processo construtivo é a elevação das vedações verticais, tendo em vista que nelas, normalmente há interface com as instalações elétricas, hidrossanitárias, revestimentos, esquadrias, além de servir de suporte para a sustentação de peças, como bancadas, armários, aparelhos de ar-condicionado, dentre outros. A racionalização da alvenaria torna-se atrativa devido aos possíveis resultados positivos em diversas fases do cronograma da obra, por meio de um planejamento mais eficiente desse serviço. Esta pesquisa propõe uma análise da alvenaria racionalizada em bloco cerâmico em comparação com a alvenaria convencional, considerando critérios como produtividade, custo e concepção em projeto. A avaliação foi realizada em um caso real de uma edificação, em processo de execução, em que foram utilizadas as duas metodologias construtivas, convencional e racionalizada, em pavimentos distintos. A pesquisa adotou uma abordagem experimental, dada a novidade do método construtivo no setor. O projeto de modulação da alvenaria em blocos cerâmicos, composições unitárias de serviço e índices de produtividade relacionados são essenciais para a análise. Sendo que os principais resultados alcançados foram a produtividade e consumo de argamassa da alvenaria racionalizada com melhores indicadores se comparada a convencional, assim como a quantidade de famílias e custo dos blocos da racionalizada serem mais elevados que a da convencional, representando um custo de cerca de 20% a mais, além de uma geração de resíduos maior que o outro método comparado.

Palavras Chaves: Alvenaria Racionalizada; Alvenaria Convencional; Produtividade; Custo;

ABSTRACT

A critical stage in the construction process is the elevation of vertical enclosures, considering that they typically interface with electrical and plumbing installations, coatings, windows, and also serve as support for the suspension of elements such as countertops, cabinets, air conditioning units, among others. The rationalization of masonry becomes attractive due to potential positive outcomes in various phases of the project schedule, through more efficient planning of this service. This research proposes an analysis of rationalized masonry in ceramic block construction compared to conventional masonry, considering criteria such as productivity, cost, and design in the project. The evaluation was conducted in a real case of a building under construction, where both construction methodologies, conventional and rationalized, were used on separate floors. The research adopted an experimental approach, given the novelty of the construction method in the sector. The modular design of masonry in ceramic blocks, unitary service compositions, and related productivity indices are essential for the analysis. The main results achieved were the productivity and mortar consumption of rationalized masonry, showing better indicators when compared to conventional methods. However, the quantity of families and the cost of rationalized blocks were higher than conventional, representing an additional cost of approximately 20%, along with increased waste generation compared to the other method.

Keywords: Coordination; Productivity; Masonry; Rationalized; Cost; Conventional; Waste.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. Problema.....	9
1.2. Objetivos	9
1.3. Justificativa.....	10
2. REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1. Alvenarias e vedações	11
2.1.1. Alvenaria Convencional em Tijolo/bloco cerâmicos furado.....	11
2.1.2. Alvenaria Racionalizada em bloco cerâmico	12
2.2. Produtividade e custo.....	14
2.1. Resíduos de obra	15
3. METODOLOGIA CIÊNTEFICA	17
3.1. Compatibilização de projetos	19
3.2. Medição da produtividade	21
3.3. Consumo de argamassa de assentamento de blocos cerâmicos	21
3.4. Quantidade e custo dos blocos	23
3.5. Resíduos de obra: Classe A.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1. Compatibilização de projetos	26
4.2. Medição da produtividade	27
4.3. Consumo de argamassa de assentamento de blocos cerâmicos	30
4.4. Quantidade e custo utilizado dos blocos	31
4.5. Resíduos de obra: classe a.....	34
5. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

O sistema de vedação vertical, popularmente conhecido como paredes, na construção civil, possui suas raízes de utilização desde a pré-história, conforme mostram os indícios de estudos arqueológicos, nos quais o homem passou a compreender a importância do sistema de vedação em seus abrigos e edificações. Inicialmente visavam atender necessidades básicas como proteção contra as intempéries, delimitar seus espaços físicos e entre outros aspectos. Porém, conforme o desenvolvimento da sociedade o uso de materiais e técnicas para a realização do sistema de vedação vertical foi passando por constantes transformações, em que o uso de rochas, pedras naturais, argilas e outros materiais foram substituídos por materiais mais leves, a exemplo dos tijolos.

Atualmente, além das funções destacadas acima, tem-se também que as vedações verticais possuem função de embutir instalações elétricas e hidrossanitárias, servir de suporte para peças suspensas (bancadas, armários, aparelhos de ar-condicionado etc.), além de servir de atenuante térmico e acústico, conforme determinado na norma NBR 15575-1:2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013)

O dinamismo da construção civil e as novas necessidades em cada fase da sociedade, exigem constante aprimoramento das técnicas e materiais, na qual Rodrigues (2013) destaca que os novos processos e metodologias construtivas vêm sendo inseridas no novo contexto da construção civil em busca de competitividade no mercado e o lucro aliado a melhor entrega das edificações.

Com isso, o sistema de vedação vertical atual, confeccionado em alvenaria cerâmica convencional, é bastante empregado em grande parte das edificações contemporâneas devido as suas diversas vantagens, tanto técnicas quanto de popularidade de uso, o que facilita encontrar mão de obra disponível para sua confecção. Porém, com a aceleração do processo de urbanização o setor da construção civil se viu pressionado a investir em novas possibilidades de vedação afim de acompanhar a competitividade do mercado.

Sala (2008) caracteriza essa movimentação como necessária para o desenvolvimento de procedimentos que se adequem à realidade das obras, de forma que permita racionalizar e melhorar a produção de edifícios em termos de produtividade, custo e melhores entregas de execução por meio da alvenaria racionalizada, ao contrário do que ocorre no sistema cerâmico convencional.

1.1. Problema

O problema se situa na necessidade de alternativas ao sistema de vedação convencional em cerâmica como forma de aumentar a produtividade, diminuir custos do processo de execução e reduzir a geração de resíduos resultantes do serviço do vedo.

1.2. Objetivos

O estudo visa compreender e analisar os elementos essenciais para a adaptação bem-sucedida da alvenaria racionalizada em bloco cerâmico na construção civil contemporânea. Para isso, o trabalho inclui a identificação e avaliação dos aspectos que requerem ajustes no contexto atual da construção. Além disso, busca-se estabelecer parâmetros robustos para a análise de dados relacionados aos custos e à produtividade da execução da alvenaria racionalizada, comparando-a com métodos convencionais em situações reais. O estudo também se propõe a avaliar tanto as vantagens quanto as dificuldades associadas à implementação da alvenaria racionalizada em bloco cerâmico no sistema construtivo de vedação. O objetivo final é proporcionar parâmetros da perspectiva atual, de forma que contribuam para o desenvolvimento e aprimoramento desse método construtivo.

1.3. Justificativa

A alvenaria de vedação teve seu início no Oriente Médio entre 8.000 e 4.000 a.C. Naquela época, os primeiros materiais utilizados para sua execução eram a argila seca ao sol e os blocos de arenito. Com o passar dos anos, muitas pesquisas foram feitas sendo essas as responsáveis pelo desenvolvimento e atualização dos tipos de alvenaria e, conseqüentemente, para a construção civil.

Com o avanço do setor, tem-se apresentado diversos obstáculos no processo de produção, sendo um dos mais impactantes a escassez de mão de obra qualificada, a qualidade de materiais com características artesanais, como é o caso dos blocos, além do alto custo de produção das etapas de serviços.

Diante desses obstáculos, tem-se a alvenaria racionalizada em blocos cerâmicos que se destaca dos demais tipos, como por exemplo as realizadas em bloco estrutural de concreto e *Drywall*, principalmente por oferecer uma maior produtividade e qualidade de execução, já que a mesma se correlaciona com outras diversas frentes de serviço e a partir disso se pode reduzir etapas no cronograma da obra, além da sua relação com o planejamento e gestão da obra. Esse tipo de método construtivo também possui melhor desempenho técnico, já que proporciona redução no peso da estrutura em razão dos blocos serem mais leves e maior economia no quesito ambiental por gerar menos resíduos, retrabalho e desperdício.

Dessa forma, pode haver um crescente uso da alvenaria racionalizada em bloco cerâmico como alternativa à alvenaria convencional a fim de proporcionar um melhor desenvolvimento no sistema construtivo de vedação e competitividade de mercado.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Alvenarias e vedações

A vedação vertical é um sistema construtivo, que possui diversas funções em sua composição. Dentre suas funções, pode-se destacar como as principais a delimitação, limitação e compartimentação do edifício, de forma a controlar o ambiente contra interferências térmicas e acústicas, assim como servir de suporte para acabamentos cerâmicos e pintura, instalações elétricas e hidrossanitários.

O sistema de vedações e alvenaria, possui um papel crucial no desenvolvimento construtivo da edificação, já que por meio dele é possível traçar o cronograma de execução dos serviços subsequentes que necessitam da existência dele, desta forma se faz necessário o estudo e planejamento do melhor tipo de vedação afim de alcançar melhores indicadores de custo, produção, desempenho e compatibilização na obra.

Dentre os tipos existentes no mercado de sistemas de vedação, pode-se destacar o de alvenaria em tijolo furado, que é o de uso mais tradicional, assim como os sistemas racionalizados que dentre eles pode-se citar o de bloco cerâmico racionalizado.

2.1.1. Alvenaria Convencional em Tijolo/bloco cerâmicos furado.

Segundo Cassar (2018), a alvenaria convencional em tijolos cerâmicos é o método construtivo mais utilizado para execução das etapas de vedação e compartimentação de edifícios, não somente graças ao desempenho exigido, como também por conta da sua relação custo-benefício, facilidade na disponibilidade de recursos no mercado nacional e aceitação por parte dos usuários.

A alvenaria convencional pode ser definida como o sistema de vedação constituído por tijolos cerâmicos furados, que segundo Milito (2008) são peças moldadas em arestas retilíneas por meio de cerâmica vermelha, que se classificam como blocos de vedação e possuem como característica principal a vedação, sem nenhuma finalidade de suportação de cargas, exceto o peso próprio de acabamentos e outros itens como mobiliários e instala es.

Conforme citado por Ramalho e Corrêa (2003), apesar desse tipo de sistema construtivo ser o mais difundido e utilizado, por conta de materiais simples e de fácil acesso, como é o caso dos tijolos e cimentos, apresenta características onerosas no que tange à baixa produtividade e aos altos gastos com a mão de obra, devido ao retrabalho e falta de compatibilização entre subsistemas.

Tal detalhe é reforçado por Gomes et al. (2016) que exemplifica algumas características de desvantagens desse sistema, como é o caso do alto desperdício de material utilizado, o que impacta diretamente no alto custo de execução, assim como na falta de padronização do produto, dificuldade de fiscalização e controle do padrão de qualidade do serviço. O que faz da vedação vertical em tijolo cerâmico, um item que exige maior planejamento e organização da produção afim de um melhor aproveitamento, conforme pontuado por Franco (1998).

2.1.2. Alvenaria Racionalizada em bloco cerâmico

Sabbatini (1978) define o movimento da racionalização construtiva como um conjunto de ações com objetivo de tornar racional a atividade construtiva, ou seja, de forma a admitir várias soluções a fim de otimizar o processo. Isto pode torná-lo complexo, mas de fundamental importância para a atividade construtiva, de forma que reflitam melhorias econômicas, de produtividade e social, a partir do produto.

Conforme a NBR 15270-1:2017 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017), Alvenaria racionalizada conceitua-se como uma:

“Alvenaria, participante ou não da estrutura, construída a partir de um projeto específico (Projeto de produção e/ou modulação”) contendo compatibilização com instalações, coordenação modular e demais detalhes necessários para uma execução com o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.”

Porém, apesar da racionalização ser entendida como ação de substituição de materiais e equipamentos tradicionais por outras opções de maior qualidade aliada a um melhor desempenho. Franco (1998) explica que ela não se resume somente a esse fator, mas sim a um processo de melhor planejamento desde a etapa de

concepção do empreendimento, a fim de ter processo de execução com um planejamento prévio e conseqüentemente melhores resultado no produto.

Para isso, Barros (1996) propõe como premissas fundamentais para implantação da racionalização. Sendo diretrizes essenciais como o desenvolvimento de:

- **Atividade de projeto:** que envolve a concepção de projetos de forma compatibilizada, desde arquitetura até instalações prediais;
- **Documentações de controle:** ligada à elaboração de projetos, notas técnicas e documentações necessárias com riqueza de detalhes e alinhamento entre disciplinas, possibilitando maior controle e consultas posteriores;
- **Gestão de recursos humanos:** está interligada ao enriquecimento da capacidade das pessoas que compõe o desenvolvimento do produto, tanto na fase de gestão quanto produção, visando qualificar, adequar e realizar os recursos humanos como forma de conquistar melhor desempenho como um todo;
- **Setor de suprimentos:** integração direta entre a equipe de suprimentos e a de produção, a fim de suprir de forma ágil, tecnológica e eficiente os recursos físicos de materiais e de equipamentos necessários para produção;
- **Controle da produção:** de forma a ter uma melhor planejamento e gestão do empreendimento, de modo que seja possível avaliar durante o processo as dificuldades existentes, corrigir eventuais falhas e distorções, com objetivo de retroalimentar e evoluir o sistema.

Diante do exposto acima, Rodrigues (2013) elege como principais vantagens da realização da alvenaria racionalizada, as seguintes:

- **Blocos de melhor qualidade:** uso de blocos produzidos com maior precisão e padronização;
- **Características dimensionais dos blocos:** facilitam a passagem de instalações, melhorando a integração de sistemas;

- **Planejamento prévio da alvenaria:** existência do projeto de modulação que otimiza a disposição dos blocos;
- **Compatibilização de disciplinas:** coordenação eficiente entre estrutura, alvenaria e instalações prediais;
- **Uso de blocos compensadores:** evita quebras na execução, contribuindo para a eficiência construtiva;
- **Redução de desperdício de materiais:** maior eficiência no uso de blocos pré-fabricados, minimizando resíduos;
- **Melhores condições de limpeza e organização:** processo construtivo mais limpo e com melhor gerenciamento de espaço.

Porém, apesar de ser um sistema com diversas vantagens que possibilitam um melhor desempenho, há desafios que devem ser analisados para ter certeza da viabilidade ou não a depender do conceito do empreendimento. Costa (2021) elenca como as principais desvantagens o alto custo de materiais, devido a ser um tipo de bloco com fabricação e fornecedores pontuais e ainda pouco difundido, assim como a baixa produtividade inicial, que está relacionada a mão de obra com experiência maior em processo convencionais de alvenaria e vedações.

2.2. Produtividade e custo

De acordo com Souza (2000), produtividade se trata da eficiência de transformar entradas em saídas em um processo produtivo, na qual trazendo para a realidade da construção civil, em específico para o serviço de alvenaria e vedações, está relacionado a mão de obra empregada para determinada atividade e o quanto de produto como pode ser exemplificado na **Figura 1**.

Figura 1 - Processos de entradas e saídas: Alvenaria e vedações



Fonte: Adaptado Souza, 2000

Souza (2011) conceitua esse processo de mensuração da produtividade, no que se refere ao processo de elevação de alvenaria, como:

“A coleta dos homens-hora consiste em apropriar a quantidade de trabalhadores que se dedicaram ao serviço de alvenaria analisando quanto foi produzido e em quanto tempo foi produzido.” (SOUZA, 2011)

A partir desse conceito, Souza (2006) propõe a adoção de um novo modelo para uma melhor gestão e padronização da produtividade, na qual utiliza indicador de Razão Unitária De Produção (RUP), e um segundo modelo para análise desse indicador em um período acumulado, que é a Razão Unitária De Produção Acumulada (RUP cum).

Porém, conforme referido por Mattos (1965), a produtividade deve ser analisada por diversas óticas, já que a variação do seu índice pode depender do serviço realizado, da tipologia de material e equipamentos empregados, assim como do grau de maturidade e treinamento da equipe responsável pela execução, isso relacionado a fatores externos como apoio logístico e disponibilidade para realização deles.

Marder (2001) justifica a importância do estudo de produtividade da mão de obra, como item indispensável para o processo de gestão da obra, como forma de ter indicadores relacionado a diretamente a planilha orçamentaria do empreendimento e duração das atividades previstas, como forma de traçar estratégias e se posicionar perante à competitividade do mercado.

2.1. Resíduos de obra

Figueiró (2009) caracteriza o serviço de alvenaria como sendo uma das etapas de construção responsável pela maior parte dos desperdícios de materiais no processo de execução de uma obra, sendo essencial a adoção de ações que controlam e minimizam a geração desses resíduos provenientes.

Durante a execução da alvenaria convencional com blocos cerâmicos, é frequente a necessidade de quebra de tijolos ou blocos para adaptá-los às áreas de elevação com dimensões menores que as apresentadas pelos blocos inteiros. Desta forma, Souza, (2005), relaciona o alto índice de desperdício, a questões de perdas

de materiais associada à necessidade de materiais além da quantidade necessária, sendo inevitável o desperdício seja em “sobras de materiais” ou resíduos de obra.

Os resíduos de obra provenientes do serviço de alvenaria em blocos cerâmicos sejam eles executados através do processo convencional ou racionalizado, são caracterizados como Resíduos classe A, que podem ser descritos como:

“Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregado, decorrentes de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de edificações, e da fabricação ou demolição de pré-moldados produzidos em canteiros” (EVANGELISTA; COSTA; ZANTA, 2010)

A construção civil possui um papel economicamente muito importante no país, porém vale destacar que o setor é um dos maiores responsáveis pela grande geração de resíduos provenientes de obras. Conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pelo Decreto nº 7404/2010 (BRASIL, 2010), os responsáveis por esses resíduos, decorrentes das atividades executadas em obras, possuem um papel social de manejo, destinação e tratamento correto deles, a fim de oportunizar um melhor gerenciamento ambiental.

3. METODOLOGIA CIÊNTIFICA

Para desenvolvimento do estudo de caso, com intuito de atingir os objetivos propostos inicialmente, foi realizada uma pesquisa de caráter experimental a fim de analisar índices de produtividade dos serviços ligados diretamente e/ou indiretamente ao sistema de vedação, assim como itens de gestão para melhor realização da mesma e conseqüentemente melhor produto em ambos os sistemas construtivos, sendo eles o convencional e racionalizado ambos em bloco cerâmico.

O edifício analisado, ainda em estágio de execução, está localizado na cidade de Goiânia, estado de Goiás, caracterizado como um empreendimento residencial de padrão econômico conforme os critérios da construtora. O empreendimento é composto por quatro torres constituídas cada uma delas por vinte pavimentos-tipo, um pavimento térreo e três pavimentos garagem. Na execução desse edifício está sendo utilizada nos pavimentos tipos, exceto área de escada, alvenaria racionalizada de bloco cerâmico em sua totalidade tanto nas alvenarias internas, quanto externas.

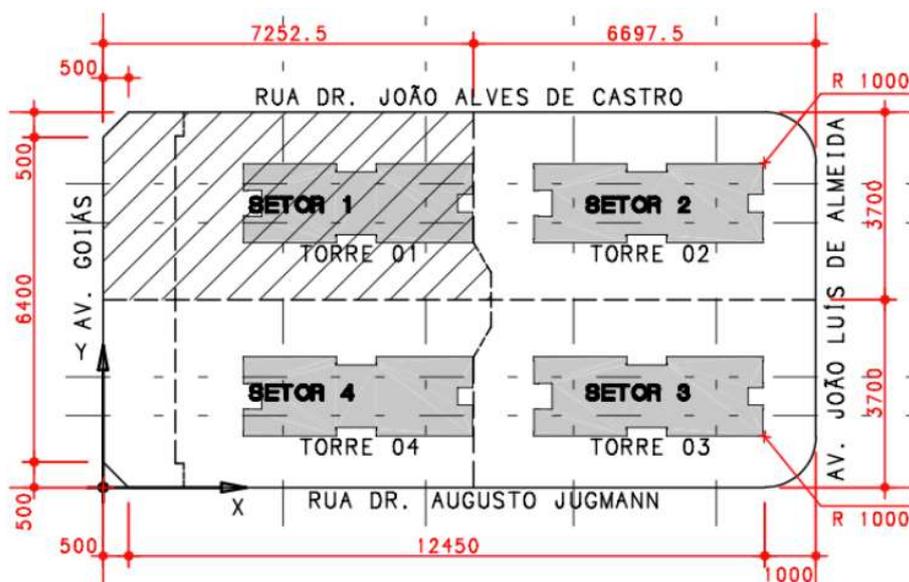
Apesar de o empreendimento possuir mais de uma torre em sua composição, foi utilizada para fins de pesquisa, somente a torre quatro. Logo, nesta torre encontram-se dois pavimentos em que as elevações de alvenaria interna foram executadas em bloco cerâmico convencional e, a partir disso, a análise foi realizada. É possível visualizar nas **Figura 2** e na **Figura 3** a visão geral da obra e seu mapa de setores.

Figura 2 - Vista geral do empreendimento



Fonte: Autoras, 2023.

Figura 3 - Mapa das torres



Fonte: Construtora responsável pelo empreendimento, 2023.

Cabe destacar que o empreendimento foi construído por uma construtora e incorporadora que possui um sistema de gestão da qualidade certificado com base nos requisitos da NBR ISO 9001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015) e nível A do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat do Ministério Do Desenvolvimento Regional, (2021). No **Quadro 1** são

apresentadas as principais características construtivas do empreendimento em estudo.

Quadro 1 - Características do empreendimento pesquisado, em bloco racionalizado e convencional

Área do terreno (m ²)		10.255,08
Área construída total (m ²)		86.000,01
Área construída/pavimento (m ²)		621,02
Nº de pavimentos		24,00
Nº de pavimentos tipo		20,00
Tipo de alvenaria utilizada		Racionalizada e Convencional
Famílias de blocos usados internamente	Racionalizado (18 pvtos-tipo)	<ul style="list-style-type: none"> - Bloco cerâmico racionalizado 09x19x39cm - Bloco cerâmico racionalizado 14x19x39cm - Meio bloco cerâmico racionalizado 09x19x19cm - Meio bloco cerâmico racionalizado 14x19x19cm - Compensador 04 cm bloco cerâmico racionalizado 09x19x04cm - Compensador 09 cm bloco cerâmico racionalizado 09x19x09cm - Compensador 04 cm bloco cerâmico racionalizado 14x19x04cm - Compensador 09 cm bloco cerâmico racionalizado 14x19x09cm - Bloco de concreto 09x19x39cm - Bloco de concreto 14x19x39cm - Bloco de concreto 19x19x39cm - Meio bloco de concreto 14x19x19cm - Meio bloco de concreto 19x19x19cm - Tijolo furado 09x19x19cm
	Convencional (2 pvtos tipo)	<ul style="list-style-type: none"> - Tijolo furado 09x19x19cm - Tijolo furado 14x19x19cm - Bloco de concreto 09x19x39cm - Bloco de concreto 14x19x39cm - Bloco de concreto 19x19x39cm - Meio bloco de concreto 14x19x19cm - Meio bloco de concreto 19x19x19cm
Área de vedação vertical interna		545 m ²

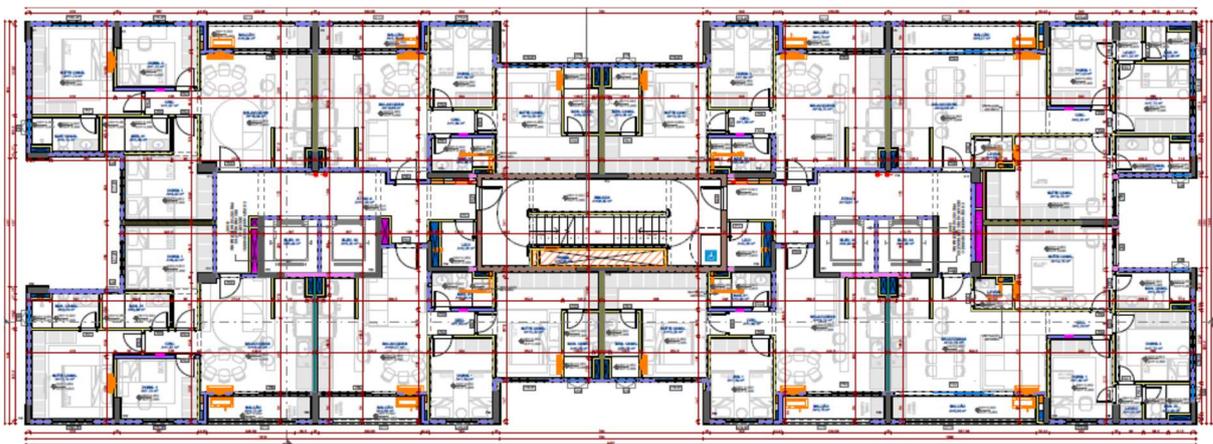
Fonte: Autoras, 2023.

3.1. Compatibilização de projetos

Na **Figura 4** é possível visualizar a planta baixa do pavimento-tipo, assim como é interessante destacar que os projetos da modelação da alvenaria racionalizada

foram feitos, conforme pode-se ver um pequeno exemplo na **Figura 5**, ao contrário de uma obra em alvenaria convencional em que, geralmente, essa especificação segue apenas as premissas descritas na disciplina de arquitetura;

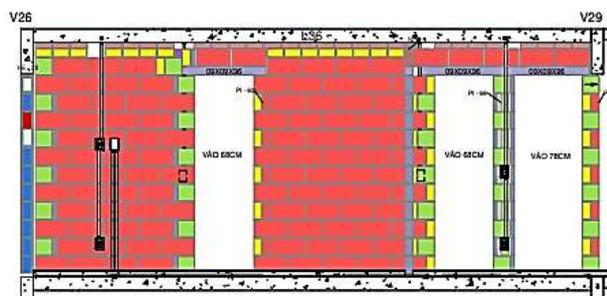
Figura 4 - Planta baixa do pavimento-tipo



Fonte: Construtora responsável pelo empreendimento, 2022.

Figura 5 - Planta de modelagem alvenaria Racionalizada

LEGENDA	
	BLOCO CERÂMICO - 14X19X39
	BLOCO CERÂMICO - 09X19X39
	BLOCO CERÂMICO - 19X19X39
	BLOCO CONCRETO - 14X19X39
	BLOCO CONCRETO - 19X19X39
	MEIO BLOCO CERÂMICO - 14X19X19
	MEIO BLOCO CERÂMICO - 09X19X19
	MEIO BLOCO CERÂMICO - 19X19X19
	MEIO BLOCO CONCRETO - 14X19X19
	MEIO BLOCO CONCRETO - 19X19X19
	CANALETA CERÂMICA PAREDE 14 CM - 14X19X29
	CANALETA CERÂMICA PAREDE 19 CM - 14X19X29
	COMPENSADOR 9 CM PAREDE 09 CM - 09X19X09
	COMPENSADOR 9 CM PAREDE 14 CM - 14X19X09
	COMPENSADOR 9 CM PAREDE 14 CM - 14X19X09
	COMPENSADOR 4 CM PAREDE 09 CM - 09X19X04
	COMPENSADOR 4 CM PAREDE 14 CM - 14X19X04
	COMPENSADOR 4 CM PAREDE 14 CM - 14X19X04
	COMPENSADOR 9 CM PAREDE 09 CM - 09X09X19
	COMPENSADOR 9 CM PAREDE 14 CM - 14X09X19
	COMPENSADOR 9 CM PAREDE 19 CM - 19X09X19
	DETALHE ELÉTRICO VISTA ATRÁS
	DETALHE ELÉTRICO VISTA FRENTE



1 PI-10
1 : 50

Fonte: Construtora responsável pelo empreendimento, 2022.

3.2. Medição da produtividade

A medição da produtividade foi realizada ao final de cada dia anotando-se a quantidade de alvenaria construída, em m², correspondente ao respectivo colaborador, em uma planilha de controle de serviço. Vale ressaltar que o controle realizado, foi um procedimento interno que a própria construtora adotou para a análise de indicadores da produtividade.

Logo, foi analisada a quantidade de dias necessários para se executar um pavimento completo, sendo quatro pavimentos executados como objetos de análise desse indicador, nos quais os 6º e 8º pavimentos foram executados em alvenaria racionalizada, enquanto os 11º e 14º pavimentos foram executados em alvenaria convencional.

Adotou-se a Razão Unitária de Produtividade diária- RUP_d (SOUZA, 2006) para o cálculo do indicador RUP_d (Razão Unitária de Produtividade diária), conforme indicado na (1).

$$RUPd = \frac{Hh}{Qs} \quad (1)$$

Em que:

- RUP_d = Razão Unitária de Produtividade diária (h/m²);
- H_h = Homem hora total;
- Q_s = Quantidade de serviço no dia em m².

Já a Razão unitária de produtividade acumulada (RUP_{cum.}), segundo Souza (2006) é obtida acumulando as horas trabalhadas e a quantidade de serviço.

3.3. Consumo de argamassa de assentamento de blocos cerâmicos

Outro ponto estudado foi o consumo total da argamassa de assentamento dos blocos racionalizados e convencionais em quatro pavimentos sendo eles o 6º e o 8º pavimentos em alvenaria racionalizada, e os 11º e 14º pavimentos em alvenaria convencional. Essa coleta foi feita com base na quantidade de “gircas” usadas, conforme indicado na **Figura 6**

Figura 6 - "Girica", utilizada para transporte de argamassa de assentamento de blocos.



Fonte: Autoras, 2023.

Ao longo de cada dia, foram anotadas a quantidade total de giricas utilizadas, sendo que cada uma possui capacidade de 5 sacos de argamassa ensacada, o que equivale a 200 kg no total.

Nas **Figura 7** e na **Figura 8** são apresentados, respectivamente, imagens da elevação de alvenaria racionalizada e convencional.

Figura 7 - Execução da elevação da alvenaria racionalizada



Fonte: Autoras, 2023.

Figura 8 - Execução da elevação da Alvenaria Convencional

Fonte: Autoras, 2023.

3.4. Quantidade e custo dos blocos

Para calcular a quantidade, em unidade, de blocos utilizados nos pavimentos analisados, foi registrada, diariamente, a quantidade de paletes de blocos de cada família usados na elevação da alvenaria interna durante o período compreendido entre 01/08/2023 e 05/10/2023.

No **Quadro 2** é possível identificar a quantidade de blocos de cada família que contém em cada palete.

Quadro 2 - quantidade de blocos por palete relacionado as famílias

Especificação dos blocos	Família	Quantidade/ palete
Bloco cerâmico racionalizado 09	09x19x39cm	42
Bloco cerâmico racionalizado 14	14x19x39cm	28
Meio bloco cerâmico racionalizado 09	09x19x19cm	84
Meio bloco cerâmico racionalizado 14	14x19x19cm	56
Compensador 04 cm de bloco 09	09x19x04cm	294
Compensador 09 cm de bloco 09	09x19x09cm	168
Compensador 04 cm de bloco 14	14x19x04cm	196
Compensador 09 cm de bloco 14	14x19x09cm	112
Tijolo 09	09x19x19cm	105
Tijolo 14	14x19x19cm	70

Fonte: Autoras, 2023.

Diante disso, para saber a quantidade total de blocos, multiplicou-se a quantidade de paletes encontrados pelo quantitativo de blocos por palete.

De acordo com o **Quadro 2**, pode-se notar a presença de vários outros blocos na composição dos serviços de alvenaria racionalizada, porém, a fim de diminuir os recortes dos blocos e obter um maior aproveitamento destes, utiliza-se o meio bloco e os compensadores. Enquanto na alvenaria convencional é apenas o bloco cerâmico.

E por fim, realizou-se a análise do custo unitário dos blocos racionalizados e convencionais e o custo total desses materiais, mostrando a diferença financeira entre esses métodos. Para composição do custo unitário, foi utilizada uma cotação do mês de junho de 2023, **Figura 9**. Já o custo total consiste na multiplicação da quantidade total de blocos e o preço unitário.

Figura 9 - Orçamento dos blocos cerâmicos

DESCRIÇÃO	VALOR POR MILHEIRO
Bloco racionalizado 09x19x39	R\$2.200,00
Bloco racionalizado 14x19x39	R\$2.900,00
Bloco racionalizado 19x19x39	R\$4.200,00
½ Bloco racionalizado 09x19x19	R\$1.350,00
½ Bloco racionalizado 14x19x19	R\$1.800,00
½ Bloco racionalizado 19x19x19	R\$2.300,00
Bloco compensador 09x19x04 – 7 peças	R\$3.200,00
Bloco compensador 14x19x04 – 7 peças	R\$4.200,00
Bloco compensador 19x19x04 – 7 peças	R\$5.200,00
Bloco compensador 09x19x09 - 4 peças	R\$3.200,00
Bloco compensador 14x19x09 – 4 peças	R\$4.200,00
Bloco compensador 19x19x09 – 4 peças	R\$5.200,00
Tijolo 09x19x19	R\$800,00
Tijolo 09x19x29	R\$1.300,00
Tijolo 11,5x19x19	R\$1.000,00
Tijolo 12,5x19x19	R\$1.050,00
Tijolo 14x19x19	R\$1.150,00
Tijolo 14x19x29	R\$2.100,00
Tijolo 19x19x19	R\$1.500,00

Fonte: Autoras, 2023.

3.5. Resíduos de obra: Classe A

Com o objetivo de quantificar e determinar indicadores comparativos de geração de resíduos para sistemas de alvenaria convencional e racionalizada em bloco cerâmico, foi implementado um procedimento interno, que consistiu na realização de limpeza e organização do pavimento ao final de cada dia, após execução dos serviços.

Para quantificação dos resíduos dentro do pavimento executado, foram utilizadas caixas sem fundo, confeccionadas na obra com tabuas de madeira, tendo como dimensões 1,5 m de comprimento, 1,5 m de largura e 0,20 m de profundidade, totalizando desta forma caixas com volume de 0,45 m³ cada, conforme representada na **Figura 10**.

Figura 10 - Caixa usada para mensurar quantidade de resíduos de obra, classe A.



Fonte: Autoras, 2023.

Tais resíduos eram concentrados durante o processo de limpeza em regiões específicas e a caixa posicionada em sua proximidade, de forma que todo o material fosse transferido para o interior dela até que estivesse preenchida em sua totalidade, não sendo permitido esses resíduos ultrapassarem seus limites de volume, como pode-se verificar na **Figura 11**.

Figura 11 - Caixa de coleta de resíduos.



Fonte: Autoras, 2023.

A coleta de quantidade de resíduos gerados era feita diariamente avaliando-se visualmente o preenchimento das caixas dispostas nos pavimentos em análise. Os registros eram feitos adotando-se o critério de meia caixa preenchida, de forma que alguns dias não foram registrados o quantitativo de resíduos coletados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Compatibilização de projetos

O empreendimento analisado possui todos os projetos necessários, inclusive o de modelagem da alvenaria racionalizada em bloco cerâmico. Este projeto foi solicitado após os outros já estarem prontos, ou seja, a alvenaria em bloco racionalizado teve que se adequar aos demais projetos. Contudo, para garantir eficiência deste tipo de bloco em obra, os projetos, principalmente estrutural e de instalações, que necessitam se adequar ao bloco racionalizado, pois precisam caminhar juntos.

Embora a construção da obra pesquisada tenha sido pensada desde o início para ocorrer em alvenaria racionalizada os projetos não tiveram uma compatibilização adequada o que resultou na dificuldade de execução. O engenheiro, juntamente com os assistentes e estagiários, viram a necessidade de fazer um estudo da dimensão dos septos do bloco racionalizado a fim de verificar quais tubulações poderiam ser passadas internamente, sendo elas as tubulações de elétrica (eletrodutos flexíveis) e hidráulicas (tubo PVC), com isso, todas as tubulações passaram tanto no bloco de 9 cm quanto no de 14 cm e outro estudo realizado foi a verificação da quantidade de bloco que seria necessário para a vedação de vão a vão tanto horizontal quanto verticalmente com a preocupação em minimizar a quebra de blocos e a espessura do encunhamento.

Logo, todas essas informações deveriam estar no projeto de modelagem contratado, alinhado, assim informações como o pé direito da edificação, dimensões e tipo de material das instalações, ação que não foi realizada e gerou dificuldades nas etapas do serviço.

4.2. Medição da produtividade

A coleta de dados de produtividade ocorreu entre 02/08/2023 e 05/10/2023, e mostra apenas o serviço de elevação de alvenaria interna tanto para a alvenaria racionalizada quanto para a convencional, indicados nas **Tabela 1** e **Tabela 2** respectivamente.

Tabela 1 - RUP do serviço de elevação de alvenaria interna com bloco racionalizado

DATA	HH DIÁRIO UNITÁRIO	QTDE. COLABORADORES	HH DIÁRIO TOTAL	ÁREA (M ²)	RUP DIÁRIA	RUP ACUMULADO (H/M ²)
02/AGO	9	1	9	84,57	0,11	0,11
03/AGO	9	1	9	76,79	0,12	0,11
04/AGO	8	1	8	55,65	0,14	0,12
08/AGO	9	1	9	56,57	0,16	0,13
09/AGO	9	1	9	75,98	0,12	0,13
10/AGO	9	1	9	93,82	0,10	0,12
11/AGO	8	1	8	77,09	0,10	0,12
14/AGO	5	1	5	21,13	0,24	0,12
15/AGO	9	1	9	53,8	0,17	0,13
16/AGO	9	1	9	37,26	0,24	0,13
17/AGO	9	1	9	58,84	0,15	0,13
18/AGO	8	1	8	30,68	0,26	0,14
21/AGO	9	1	9	47,18	0,19	0,14
22/AGO	9	1	9	46,8	0,19	0,15
23/AGO	9	1	9	47,38	0,19	0,15
24/AGO	9	1	9	48,54	0,19	0,15
25/AGO	8	1	8	38,54	0,21	0,15
28/AGO	9	1	9	20,54	0,44	0,16
29/AGO	9	1	9	57,59	0,16	0,16
30/AGO	9	1	9	51,61	0,17	0,16
31/AGO	4	1	4	6,03	0,66	0,16

Fonte: Autoras, 2023.

Tabela 2 - RUP do serviço de elevação de alvenaria interna com bloco convencional

DATA	HH DIÁRIO UNITÁRIO	QTDE. COLABORADORES	HH DIÁRIO TOTAL	ÁREA (M ²)	RUP DIÁRIA	RUP CUM. (H/M ²)
08/SET	8	1	8	77,54	0,10	0,10
11/SET	9	1	9	83,03	0,11	0,11
12/SET	9	1	9	23,74	0,38	0,14
13/SET	9	1	9	86,09	0,10	0,13
14/SET	9	1	9	93,06	0,10	0,12
15/SET	8	1	8	69,62	0,11	0,12
16/SET	9	1	9	36,78	0,24	0,13
18/SET	9	1	9	73,5	0,12	0,13
20/SET	9	1	9	47,72	0,19	0,13
21/SET	9	1	9	43,31	0,21	0,14
22/SET	8	1	8	34,59	0,23	0,14
23/SET	9	1	9	27,04	0,33	0,15
25/SET	9	1	9	42,62	0,21	0,15
26/SET	9	1	9	42,15	0,21	0,16
27/SET	9	1	9	44,85	0,20	0,16
28/SET	9	1	9	53,06	0,17	0,16
29/SET	8	1	8	31,68	0,25	0,16
02/OUT	9	1	9	43,98	0,20	0,17
03/OUT	9	1	9	45,53	0,20	0,17
04/OUT	9	1	9	47,89	0,19	0,17
05/OUT	9	1	9	40,54	0,22	0,17

Fonte: Autoras, 2023.

Dessa forma, analisando-se as tabelas observou-se uma RUP baixa, o que significa uma mão de obra eficiente, pois, quanto menor esse indicador, maior é a produtividade. Em comparação ao serviço com bloco racionalizado e convencional, a variação foi muito pequena, a quantidade de serviço executado foi praticamente a mesma, ou seja, não se pode afirmar que a produtividade do bloco racionalizado foi maior já que foram muito parecidas.

Foi feito também um comparativo do mesmo período informado no cálculo da Razão unitária de produtividade, do mesmo serviço mencionado acima também, mas identificando cada colaborador e suas respectivas produtividades de serviço em m² durante o período analisado, conforme pode ser visualizado na **Tabela 3**.

Tabela 3 - Quantidade de alvenaria interna em bloco cerâmico, em m², com por colaborador: Racionalizada x Convencional

Pedreiro	RACIONALIZADA			CONVENCIONAL		
	Data	Qtde. (m ²)	Qtde. média	Data	Qtde. (m ²)	Qtde. média
Colaborador 01	02/ago	84,57	72,21	08/set	77,54	67,92
	03/ago	76,79		11/set	83,03	
	04/ago	55,65		12/set	23,74	
	08/ago	56,57		13/set	86,09	
	09/ago	75,98		14/set	93,06	
	10/ago	93,82		15/set	69,62	
	11/ago	77,09		16/set	36,78	
	14/ago	21,13		18/set	73,5	
Colaborador 02	15/ago	53,8	43,58	20/set	47,72	43,6
	16/ago	37,26		21/set	43,31	
	17/ago	58,84		22/set	34,59	
	18/ago	30,68		23/set	27,04	
	21/ago	47,18		25/set	42,62	
	22/ago	46,8		26/set	42,15	
	23/ago	47,38		27/set	44,85	
	24/ago	48,54		28/set	53,06	
	25/ago	38,54		29/set	31,68	
	28/ago	20,54		02/out	43,98	
	29/ago	57,59		03/out	45,53	
	30/ago	51,61		04/out	47,89	
	31/ago	6,03		05/out	40,54	

Fonte: Autoras, 2023.

Verificando-se os resultados encontrados na **Tabela 3**, por quantidade de serviço e o colaborador responsável, pode-se relacionar o mesmo ao fato de que, por se tratar de um método diferente em que a mão de obra não está acostumada, o processo da adaptação demanda tempo e pode afetar essa produtividade, já que cada colaborador possui características individuais de experiência com o serviço de alvenaria tanto racionalizada, como é o caso do **Colaborador 01** que já possui experiência previa com alvenaria estrutural em bloco de concreto, quanto convencional, na qual o **Colaborador 02** já possui um longo período de experiência no sistema de alvenaria em bloco cerâmico convencional.

Outro fator que afeta a produtividade no caso da alvenaria racionalizada é o fato de que durante a elevação desta há também o embutimento das instalações. Para esse tipo de serviço a mão de obra precisa ser qualificada e experiente. E na obra pesquisada, por não possuir essa qualificação, os pedreiros de alvenaria convencional, por conta própria, buscaram informações e aperfeiçoamento para executar o bloco racionalizado, fato que pode ter afetado diretamente nessa produtividade.

4.3. Consumo de argamassa de assentamento de blocos cerâmicos

Na **Tabela 4**, pode-se visualizar a relação dos dias trabalhados com a quantidade total de giricas e o total em kg usado em bloco racionalizado e convencional, respectivamente.

Tabela 4 - Quantidade total de argamassa de assentamento de bloco: racionalizado e Convencional

Pedreiro	PVTO	RACIONALIZADA			PVTO	CONVENCIONAL				
		Data	Qtde. (un.)	Qtde. (kg)		Data	Qtde. (un.)	Qtde. (kg)		
Colaborador 01	06º PVTO	02/ago	8,00	1.600	11º PVTO	08/set	6,00	1.200		
		03/ago	7,00	1.400		11/set	9,50	1.900		
		04/ago	5,00	1.000		12/set	4,31	863		
		07/ago	0,63	125		13/set	9,00	1.800		
		08/ago	6,00	1.200		14/set	9,50	1.900		
		09/ago	7,00	1.400		15/set	8,31	1.663		
		10/ago	7,00	1.400		16/set	5,00	1.000		
		11/ago	7,00	1.400		18/set	7,00	1.400		
		14/ago	5,00	1.000		20/set	6,00	1.200		
		15/ago	6,50	1.300		21/set	6,00	1.200		
		16/ago	7,00	1.400		22/set	5,00	1.000		
		17/ago	7,00	1.400		23/set	2,00	400		
		18/ago	4,00	800		25/set	5,00	1.000		
		21/ago	6,00	1.200		26/set	5,00	1.000		
Colaborador 02	08º PVTO	22/ago	6,00	1.200	14º PVTO	27/set	3,00	600		
		23/ago	5,00	1.000		28/set	5,00	1.000		
		24/ago	6,00	1.200		29/set	4,00	800		
		25/ago	5,00	1.000		02/out	5,00	1.000		
		28/ago	2,00	400		03/out	5,50	1.100		
		29/ago	6,00	1.200		04/out	5,00	1.000		
		30/ago	6,00	1.200		05/out	6,00	1.200		
		31/ago	1,00	200						
		TOTAL				24.025	24.226			

Fonte: Autoras, 2023.

Conforme é visualizado na **Tabela 4**, a diferença do consumo de argamassa de assentamento da elevação de alvenaria em bloco racionalizado e convencional foi de 137 kg a menos para o bloco racionalizado. Ou seja, chega-se a uma conclusão de que a espessura das juntas é tecnicamente padronizada de 1 cm, o que justifica a diferença mínima desse consumo. O bloco racionalizado teve um consumo um pouco menor devido ao fato de ser minuciosamente calculado a espessura da argamassa de assentamento, de acordo com a quantidade de blocos e sua respectiva dimensão, tornando um trabalho mais detalhista e econômico.

4.4. Quantidade e custo utilizado dos blocos

Na **Tabela 5** e na **Tabela 6** a seguir, pode-se observar o quantitativo total de blocos e paletes considerados por pavimentos analisados da construção.

Tabela 5 - Quantitativo dos blocos utilizados na alvenaria racionalizada, P = Paletes; A = Blocos Avulsos

LOCAL	Pavimento	Material	Qtde. Paletes	Qtde. (un.)
Alvenaria Interna	6º pavimento	Bloco cerâmico racionalizado 09	70P + 18A	2.936,00
		Bloco cerâmico racionalizado 14	44P + 3A	1.173,00
		Meio bloco cerâmico racionalizado 09	19P + 58A	1.583,00
		Meio bloco cerâmico racionalizado 14	12P + 14A	658,00
		Compensador 04 cm de bloco 09	5P+22A	1.456,00
		Compensador 09 cm de bloco 09	2P + 35A	301,00
		Compensador 04 cm de bloco 14	1P	196,00
		Compensador 09 cm de bloco 14	9P	231,00
	8º pavimento	Bloco cerâmico racionalizado 09	68P + 34A	2.890,00
		Bloco cerâmico racionalizado 14	45P + 14A	1.034,00
		Meio bloco cerâmico racionalizado 09	19P + 25A	1.597,00
		Meio bloco cerâmico racionalizado 14	8P + 29A	464,00
		Compensador 04 cm de bloco 09	1P + 12A	281,00
		Compensador 09 cm de bloco 09	5P + 12A	508,00
		Compensador 04 cm de bloco 14	3P + 1A	567,00
		Compensador 09 cm de bloco 14	6P	540,00
TOTAL				16.415

Fonte: Autoras, 2023.

Tabela 6 - Quantitativo dos blocos utilizados na alvenaria Convencional, sendo P = Paletes; A = Blocos Avulsos

LOCAL	Pavimento	Material	Qtde. Paletes	Qtde. (un.)
Alvenaria Interna	11º pavimento	Bloco cerâmico convencional 09	92P	9.559,00
		Bloco cerâmico convencional 14	54P	3.764,00
	14º pavimento	Bloco cerâmico convencional 09	94P	9.713,00
		Bloco cerâmico convencional 14	45P	3.120,00
TOTAL				26.156,00

Fonte: Autoras, 2023.

É notório verificar nas **Tabela 5** e **Tabela 6** a diferença de quase 10.000 blocos a menos para a alvenaria racionalizada. Isso se tornou possível pois o objetivo da alvenaria racionalizada é reduzir recortes e blocos, e para isso, utiliza-se os meio blocos e compensadores. Com um projeto mais bem elaborado, como falado anteriormente, é possível diminuir esse consumo e obter o melhor aproveitamento do vão e blocos.

E, para finalizar, na **Tabela 7** e a **Tabela 8** mostram o comparativo do custo dos blocos para executar 2 pavimentos em alvenaria racionalizada e convencional.

Tabela 7 - Comparativo do custo do material de alvenaria racionalizada

Material	Família	Unidade	6º e 8º PAVIMENTO (545 m ² de alvenaria interna/pavimento)		
			Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
Bloco cerâmico racionalizado 09	09x19x39cm	UN	R\$ 2,20	5.826,00	R\$ 12.817,20
Bloco cerâmico racionalizado 14	14x19x39cm	UN	R\$ 2,90	2.207,00	R\$ 6.400,30
Meio bloco cerâmico racionalizado 09	09x19x19cm	UN	R\$ 1,35	3.180,00	R\$ 4.293,00
Meio bloco cerâmico racionalizado 14	14x19x19cm	UN	R\$ 1,80	1.122,00	R\$ 2.019,60
Compensador 04 cm de bloco 09	09x19x04cm	UN	R\$ 0,46	1.737,00	R\$ 794,06
Compensador 09 cm de bloco 09	09x19x09cm	UN	R\$ 0,80	809,00	R\$ 647,20
Compensador 04 cm de bloco 14	14x19x04cm	UN	R\$ 0,60	763,00	R\$ 457,80
Compensador 09 cm de bloco 14	14x19x09cm	UN	R\$ 0,80	771,00	R\$ 616,80
TOTAL					R\$ 28.045,96

Fonte: Autoras, 2023.

Tabela 8 - Comparativo do custo do material de alvenaria convencional

Material	Família	Unidade	11° e 14° PAVIMENTO (545 m ² de alvenaria interna /pavimento)		
			Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
Bloco cerâmico convencional 09	09x19x19cm	UN	R\$ 0,80	19.272,00	R\$ 15.417,60
Bloco cerâmico convencional 14	14x19x19cm	UN	R\$ 1,15	6.884,00	R\$ 7.916,60
TOTAL					R\$ 23.334,20

Fonte: Autoras, 2023.

Em suma, devido ao aumento das famílias na alvenaria racionalizada para execução, e pelo custo do bloco ser mais elevado, o preço total da convencional ficou menor, o que era de se esperar já que a outra utiliza de muitas outras especificações. Em porcentagem, por custo de bloco apenas, a alvenaria racionalizada é mais ou menos 20% mais cara que a convencional. Sendo interessante uma melhor análise para uma tomada de decisão sobre o do sistema de acordo ao sistema adotada para alvenaria.

Analisando o custo juntamente com o consumo de argamassa de cada método, pode-se notar uma diferença de mais ou menos 20% entre a alvenaria racionalizada e a convencional. Já que o consumo de argamassa foi praticamente o mesmo entre ambos os processos, isso pode ser visto nas **Tabela 9** e **Tabela 10**

Tabela 9 - Comparativo do custo do material de alvenaria racionalizada

Material	Família	Unidade	6° e 8° PAVIMENTO (545 m ² de alvenaria interna/pavimento)		
			Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
Bloco cerâmico racionalizado 09	09x19x39cm	UN	R\$ 2,20	5.826,00	R\$ 12.817,20
Bloco cerâmico racionalizado 14	14x19x39cm	UN	R\$ 2,90	2.207,00	R\$ 6.400,30
Meio bloco cerâmico racionalizado 09	09x19x19cm	UN	R\$ 1,35	3.180,00	R\$ 4.293,00
Meio bloco cerâmico racionalizado 14	14x19x19cm	UN	R\$ 1,80	1.122,00	R\$ 2.019,60
Compensador 04 cm de bloco 09	09x19x04cm	UN	R\$ 0,46	1.737,00	R\$ 794,06
Compensador 09 cm de bloco 09	09x19x09cm	UN	R\$ 0,80	809,00	R\$ 647,20
Compensador 04 cm de bloco 14	14x19x04cm	UN	R\$ 0,60	763,00	R\$ 457,80
Compensador 09 cm de bloco 14	14x19x09cm	UN	R\$ 0,80	771,00	R\$ 616,80
Argamassa		KG	R\$ 0,35	24.025,00	R\$ 8.408,75
Total Material					R\$ 36.454,71

Fonte: Autoras, 2023.

Tabela 10 - Comparativo do custo do material de alvenaria convencional

Material	Família	Unidade	11° e 14° PAVIMENTO (545 m ² de alvenaria interna/pavimento)		
			Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
Bloco cerâmico convencional 09	09x19x19cm	UN	R\$ 0,80	19.272,00	R\$ 15.417,60
Bloco cerâmico convencional 14	14x19x19cm	UN	R\$ 1,15	6.884,00	R\$ 7.916,60
Argamassa		KG	R\$ 0,35	24.162,50	R\$ 8.456,88
Total Material					R\$ 31.791,08

Fonte: Autoras, 2023.

4.5. Resíduos de obra: classe a

Neste contexto, os dados relativos à variação na geração de resíduos foram compilados e apresentados esses nas tabelas **Tabela 11** e na **Tabela 12** para avaliação da influência do pedreiro responsável e do sistema construtivo na quantidade de resíduos gerados.

Tabela 11 - Geração de resíduos, em m³, por método construtivo: Racionalizado

RESIDUO	SISTEMA CONSTRUTIVO	PEDREIRO	PAVIMENTO	DATA	QUANTIDADE				
					RESÍDUOS (caixa)	RESÍDUOS (m ³)	TOTAL (m ³)		
CLASSE A (INERTES)	RACIONALIZADA	Colaborador 01	6 PVTO	04/ago	1,00	0,45			
				08/ago	2,50	1,13			
				09/ago	2,00	0,90	4,73		
				11/ago	1,00	0,45			
				14/ago	4,00	1,80			
		Colaborador 02	8 PVTO	21/ago	1,00	0,45			
				25/08/	2,00	0,90	2,25		
				31/ago	2,00	0,90			
				TOTAL			15,5	6,975	

Fonte: Autoras, 2023.

Tabela 12 - Geração de resíduos, em m³, por método construtivo: Convencional

RESIDUO	SISTEMA CONSTRUTIVO	PEDREIRO	PAVIMENTO	DATA	QUANTIDADE		
					RESÍDUOS (caixa)	RESÍDUOS (m ³)	TOTAL (m ³)
CLASSE A (INERTES)	CONVENCIONAL	Colaborador 01	11 PVTO	12/set	1,00	0,45	3,38
				15/set	1,00	0,45	
				18/set	5,50	2,48	
		Colaborador 02	14 PVTO	28/set	2,00	0,90	1,80
				02/out	1,00	0,45	
				03/out	1,00	0,45	
TOTAL					11,5	5,175	

Fonte: Autoras, 2023.

Como abordado anteriormente, há disparidades nas produtividades entre os pedreiros variando em conformidade com o sistema construtivo adotado, influenciando diretamente na geração de resíduos. É observável que o Colaborador 01 apresenta um desempenho produtivo superior, o que está intrinsecamente relacionado à sua contribuição mais substancial para a geração de resíduos. Essas características podem ser atribuídas não apenas à sua eficiência no trabalho, mas também à falta de experiência inicial dos profissionais no processo racionalizado. Além disso, a persistência da cultura da alvenaria convencional entre os trabalhadores pode estar contribuindo para práticas que resultam em maiores desperdícios, mesmo quando adotam o método racionalizado. Essa análise ressalta a importância de não considerar apenas fatores técnicos, mas também aspectos comportamentais e culturais ao avaliar a implementação de novos processos construtivos.

Em síntese pode-se verificar no **Tabela 13** a geração de resíduos analisadas, por sistema construtivo executado no pavimento, tendo como referência a média diária.

Tabela 13 - Comparação de geração de resíduos, em alvenaria racionalizada e convencional.

RESIDUO	SISTEMA CONSTRUTIVO	QUANTIDADE		DIAS ANALISADO	MÉDIA DIÁRIA
		RESÍDUOS (caixa)	RESÍDUOS (m ³)		
CLASSE A (INERTES)	RACIONALIZADA	15,50	6,98	8,00	0,87
	CONVENCIONAL	11,50	5,18	6,00	0,86

Fonte: Autoras, 2023.

Observe-se que, embora o sistema construtivo racionalizado seja concebido com premissas e características específicas para a redução da geração de resíduos na obra, os indicadores de média diária de resíduos classe A no empreendimento em análise se aproximaram consideravelmente dos valores apresentados no sistema convencional de alvenaria em bloco cerâmico, conforme apresentado na **Tabela 13**. Este achado sugere a necessidade de uma análise mais aprofundada, considerando outros fatores que possam influenciar diretamente nesse resultado. A variabilidade dos dados pode ser atribuída a múltiplos elementos, sendo crucial destacar a influência da mão de obra, conforme mencionado anteriormente. A compreensão desses fatores adicionais é essencial para uma interpretação mais completa e precisa dos resultados, fornecendo dados importantes para decisões futuras no contexto construtivo.

O **Quadro 3** apresenta um panorama geral sobre os resultados obtidos nesta pesquisa.

Quadro 3 - Compilado de resultados obtidos na pesquisa.

Serviço	RACIONALIZADA	CONVENCIONAL
RUP CUM.	0,16	0,17
CONSUMO DE ARGAMASSA (KG)	24.025	24.162
QUANTIDADE DE BLOCOS (UN)	16.415	26.156
CUSTO TOTAL DE BLOCOS	R\$ 28.045,96	R\$ 23.334,20
QUANTIDADE DE RESÍDUOS (M ³)	6,98	5,18

Fonte: Autoras, 2023.

5. CONCLUSÃO

Com base nas informações apresentadas, é possível concluir que a falta de compatibilização adequada entre os projetos, especialmente os estruturais e de instalações, gerou desafios na execução da alvenaria em bloco racionalizado no empreendimento analisado. Há necessidade de pensar a construção desde o início com a alvenaria racionalizada, na qual a falta de alinhamento entre o projeto de modelagem contratado e as dimensões e materiais das instalações dificultou as etapas do serviço.

No que se refere a medição da produtividade do serviço de elevação de alvenaria interna, tanto com bloco racionalizado quanto convencional, a produtividade analisada por meio da Razão Unitária de Produção (RUP) revelou que a alvenaria racionalizada apresentou resultados semelhantes à convencional. Contudo, é notável que a adaptação dos trabalhadores ao novo método pode ter impactado os resultados, já que qualificação da mão de obra e o tempo de adaptação são fatores cruciais para o sucesso da alvenaria racionalizada.

No que diz respeito ao consumo de argamassa de assentamento, a diferença entre o bloco racionalizado e o convencional é mínima, indicando uma padronização na espessura das juntas. Isso sugere que, na obra analisada, a técnica construtiva e o cálculo detalhado da espessura das juntas contribuíram para um consumo eficiente de argamassa em ambos os métodos.

Quanto à quantidade e custo dos blocos, a alvenaria racionalizada apresenta uma significativa redução no número total de blocos utilizados, destacando a eficiência do método em minimizar recortes e aproveitar melhor o material. Entretanto, ao considerar o custo total, a alvenaria racionalizada é cerca de 20% mais cara que a convencional, principalmente devido ao maior custo unitário dos blocos específicos utilizados.

No que se refere a resíduos, surpreendentemente, a geração de resíduos no sistema racionalizado não apresentou uma redução significativa em relação ao convencional. A influência da experiência da mão de obra e a resistência à mudança são fatores que devem ser considerados ao interpretar esses resultados, já que a maior quantidade de geração de resíduos do colaborador 1, pode estar relacionada

diretamente ao aprimorado desempenho produtivo do colaborador, relacionado a sua carga de experiência e qualificação.

Em última análise, a implementação da alvenaria racionalizada em bloco cerâmico mostrou-se uma alternativa viável, porém, com desafios que vão além dos aspectos técnicos, envolvendo a qualificação da mão de obra e a necessidade de uma compatibilização eficaz entre os projetos. O estudo ressalta a importância de uma abordagem ampla, considerando não apenas os aspectos técnicos, mas também os humanos e gerenciais na adoção de novas tecnologias construtivas

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:Edificações Habitacionais - Desempenho, Parte 1: Requisitos Gerais.** , 19 jul. 2013. Disponível em: <www.abnt.org.br>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE - REQUISITOS.** Associação Brasileira de Normas TécnicasRio de Janeiro, out. 2015. Disponível em: <www.abnt.org.br>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-1/2017: Componentes cerâmicos - Blocos e Tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos.** , 29 nov. 2017. Disponível em: <www.abnt.org.br>. Acesso em: 18 set. 2023
- BARROS, M. M. B. DE. **METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS RACIONALIZADAS NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS.** Tese (Doutorado)—São Paulo: Universidade de São Paulo, ago. 1996.
- BRASIL. DECRETO Nº 7404.2010, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2010, INSTITUE A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS). **Diário Oficial da União**, p. 1–20, 23 dez. 2010.
- CASSAR, B. C. **ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS PARA EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS: ALVENARIA CONVENCIONAL X LIGHT STEEL FRAME.** Rio de Janeiro: [s.n.].
- COSTA, L. F. DA. **ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA EXECUÇÃO DE ALVENARIA RACIONALIZADA COM UTILIZAÇÃO DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA – ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIO EM JOÃO PESSOA.** João Pessoa: [s.n.]. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25468>>. Acesso em: 2 nov. 2023.
- EVANGELISTA, P. P. DE A.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 3, p. 23–40, set. 2010.
- FIGUEIRÓ, W. O. **Racionalização do Processo Construtivo de Edifícios em Alvenaria Estrutural MONOGRAFIA.** Belo Horizonete: [s.n.].
- FRANCO, L. S. **O PROJETO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS: CARACTERÍSTICAS E A IMPORTÂNCIA PARA A RACIONALIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO.** (Epusp/PCC, Ed.)Anais. **Anais...**São Paulo : 1198. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001006187>>. Acesso em: 9 out. 2023

FRANCO, L. S. **O PROJETO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS: CARACTERÍSTICAS E A IMPORTÂNCIA PARA A RACIONALIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO**. São Paulo - SP: [s.n.]. Disponível em:

<<https://repositorio.usp.br/item/001006187>>. Acesso em: 20 maio. 2023.

GOMES, C. E. M. et al. Overview: O light steel frame como alternativa para produção de moradias. **Construção metálica**, v. v 2016, p. 1–3, abr. 2016.

MARDER, T. S. **A PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA NO SERVIÇO DE ALVENARIA NO MUNICÍPIO DE IJUÍ**. Ijuí: [s.n.]. Disponível em:

<https://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/tcc-titulos/2001/A_Produtividade_da_Mao_de_Obra_no_Servico_de_Alvenaria_no_Municipio_de_Ijuí.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2023.

MATTOS, A. D. **COMO PREPARAR ORÇAMENTOS DE OBRAS**. 1º edição ed. São Paulo: Editora PINI, 1965.

MILITO, J. A. DE. Técnicas de Construção – Alvenaria. – Notas de Aula. Em:

Técnicas de Construção – Alvenaria. – Notas de Aula – Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS). Sorocaba - SP: [s.n.]. p. 1–30.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **REGIMENTO GERAL DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE DE EMPRESAS DE SERVIÇOS E OBRAS DAS CONSTRUÇÃO CIVIL**. Brasília: SIAC, 2021.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001342073>>. Acesso em: 1 nov. 2023.

RODRIGUES, M. D. L. **GANHOS NA CONSTRUÇÃO COM A ADOÇÃO DA ALVENARIA COM BLOCOS CERÂMICOS MODULARES**. RIO DE JANEIRO - RJ: [s.n.]. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11422/9591>>. Acesso em: 7 abr. 2023.

SABBATINI, F. H. **DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS, PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS - FORMULAÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA**. Tese (Doutorado)—São Paulo : Universidade de São Paulo, 1978.

SALA, H. B. **CONTROLE DE QUALIDADE GEOMÉTRICA DE EXECUÇÃO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO RACIONALIZADA EM BLOCO CERÂMICO - ESTUDO DE CASO COM IMPLEMENTAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE CONTROLE E AVALIAÇÃO DE TOLERÂNCIAS**. SÃO PAULO - SP : [s.n.].

Disponível em: <https://poli-integra.poli.usp.br/wp-content/uploads/2022/11/2008_Halysson-Bobic-Sala.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2023.

SOUZA, E. M. C. DE. **ALVENARIA DE VEDAÇÃO RACIONALIZADA COM BLOCOS CERÂMICOS EM EDIFICAÇÕES - ESTUDO DE CASO**. Recife - PB: [s.n.]. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/45504>>. Acesso em: 4 jun. 2023.

SOUZA, U. E. L. DE. **Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil**. (ANTAC, Ed.) Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...**S.I.: ANTAC, 2000. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001127147>>. Acesso em: 28 nov. 2023

SOUZA, U. E. L. DE. **Como Aumentar a Eficiência da Mão-de-obra MANUAL DE GESTÃO DA PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Editora PINI ed. São Paulo: [s.n.]. v. 1

SOUZA, U. E. L. **COMO REDUZIR PERDAS NO CANTEIROS: MANUAL A DE GESTÃO DE CONSUMO DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. São Paulo: PINI, 2005.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A)s estudante Geovanna Campos de Sousa Bastos do Curso de Engenharia Civil, matrícula 2019.1.0025.0094-8, telefone: 62 99135-6717 e-mail geovannacampos2010@hotmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO CONVENCIONAL E RACIONALIZADA: ESTUDO DE CASO, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado Texto(PDF) para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 20 de Dezembro de 2023.

Assinatura do autor: Geovanna Campos de Sousa Bastos

Nome completo do autor: GEOVANNA CAMPOS DE SOUSA BASTOS

Assinatura do professor-orientador: _____

Nome completo do professor-orientador: TATIANA RENATA FERREIRA JUCÁ

