

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS NEPOMUCENO TELES

COORDENAÇÃO DIMENSIONAL DO PROJETO DE ARQUITETURA PARA A
RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA

Jataí
2021



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico/Tecnológico - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Matheus Nepomuceno Teles

Matrícula: 20171020260207

Título do Trabalho: Coordenação dimensional do projeto de arquitetura para a racionalização construtiva.

Autorização - Marque uma das opções

- ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
- ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2** ou **3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Jataí, 01/02/2022.
Local Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

MATHEUS NEPOMUCENO TELES

**COORDENAÇÃO DIMENSIONAL DO PROJETO DE ARQUITETURA PARA A
RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA**

Trabalho apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dra. Francielle Coelho Santos

Jataí
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Teles, Matheus Nepomuceno.

Coordenação dimensional do projeto de arquitetura para a racionalização construtiva [manuscrito] / Matheus Nepomuceno Teles. -- Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, 2021.

62 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Francielle Coelho dos Santos.

Bibliografias.

1. Coordenação dimensional. 2. Racionalização construtiva. 3. Projeto de arquitetura. 4. Módulo. 5. Alvenaria de vedação. I. Santos, Francielle Coelho dos. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.

Bibliotecária – Rosy Cristina Oliveira Barbosa – CRB 1/2380 – Campus Jataí. Cód. F006/2022-2.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

Folha de Aprovação

MATHEUS NEPOMUCENO TELES

COORDENAÇÃO DIMENSIONAL DO PROJETO DE ARQUITETURA PARA A RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado, em 22 de Dezembro de 2021, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Francielle Coelho dos Santos
Presidente da banca / Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Me. Vitor Freitas Gonçalves
Membro Interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Eng. Civil. Bárbara Pereira da Silva Marçal
Membro Externo
Visualize Engenharia e Projetos Ltda

Jataí – GO
2021

Documento assinado eletronicamente por:

- **Matheus Nepomuceno Teles, MATHEUS NEPOMUCENO TELES - ESTUDANTE - IFG - CÂMPUS JATAÍ (10870883000306)**, em 24/01/2022 13:56:35.
- **Barbara Pereira da Silva Marçal, BARBARA PEREIRA DA SILVA MARÇAL - 214205 - ENGENHEIRO CIVIL - VISUALIZE ENGENHARIA E PROJETOS LTDA (41703167000104)**, em 14/01/2022 16:12:51.
- **Vitor Freitas Goncalves, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO**, em 23/12/2021 09:53:43.
- **Francielle Coelho dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 23/12/2021 09:23:20.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/12/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 232113

Código de Autenticação: b904faeb49



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua Maria Vieira Cunha, nº 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3605-0837 (ramal: 837)

RESUMO

A aplicação da coordenação dimensional propicia um instrumento de racionalização construtiva, visando melhorias e otimização do processo de produção. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa é estudar a aplicação da coordenação dimensional no projeto de arquitetura e analisar seus efeitos para a racionalização construtiva. A metodologia adotada inicialmente foi a realização de uma revisão bibliográfica sobre os aspectos conceituais relacionados aos principais assuntos referentes ao tema deste trabalho, e logo em seguida foi realizado um estudo de caso único. Este estudo de caso foi dividido em cinco etapas, sendo que a primeira consistiu na definição do módulo para o projeto através do levantamento dos tijolos e blocos cerâmicos usualmente comercializados na região de Jataí-Goiás, na próxima etapa foi definido o projeto para a aplicação dos conceitos tratados neste trabalho, em seguida na terceira etapa, foi realizada a modulação horizontal e vertical dos blocos cerâmicos das alvenarias do projeto, antes e depois da aplicação dos conceitos da coordenação dimensional, em que foi possível detectar as incompatibilidades de medidas do projeto original, e já na quarta etapa foram apresentadas as potencialidades advindas dessa aplicação da coordenação, e por fim foram apresentadas as diretrizes para a aplicação destes conceitos. Mediante a análise dos resultados deste estudo, pode-se concluir que a aplicação da coordenação dimensional é eficaz para o aumento da produtividade, redução de custos e para questões relacionadas a sustentabilidade. Assim esse trabalho de conclusão de curso contribuiu para enfatizar a importância da aplicação da coordenação dimensional no projeto arquitetônico para a racionalização construtiva.

Palavras-chave: Coordenação dimensional. Racionalização construtiva. Projeto de arquitetura. Módulo. Alvenaria de vedação.

ABSTRACT

The application of dimensional coordination provides an instrument for constructive rationalization, aimed at improving and optimizing the production process. In this sense, the objective of this research is to study the application of dimensional coordination in architectural design and analyze its effects on constructive rationalization. The methodology initially adopted was to carry out a literature review on the conceptual aspects related to the main issues related to the theme of this work, and then a single case study was carried out. This case study was divided into five stages, the first one being the definition of the module for the project through the survey of ceramic bricks and blocks usually sold in the region of Jataí-Goiás, in the next stage the project for the application of the concepts dealt with in this work, then in the third stage, the horizontal and vertical modulation of the ceramic blocks of the project masonry was performed, before and after the application of the dimensional coordination concepts, in which it was possible to detect the incompatibilities of measurements from the original project, and in the fourth stage, the potential arising from this application of coordination was presented, and finally, the guidelines for the application of these concepts were presented. By analyzing the results of this study, it can be concluded that the application of dimensional coordination is effective for increasing productivity, reducing costs and for issues related to sustainability. Thus, this course conclusion work contributed to emphasize the importance of applying dimensional coordination in architectural design for constructive rationalization.

Keywords: Dimensional coordination. Constructive rationalization. Architectural design. Module. sealing masonry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Ligação das alvenarias por amarração dos blocos cerâmicos.....	27
Figura 2.2 - Ligação das alvenarias por tela eletrossoldadas	27
Figura 2.3 - Respectivas medidas de largura (L), altura (H) e de comprimento (C) dos blocos e tijolos cerâmicos	28
Figura 2.4 – Fluxograma para elaboração do PPVVA	35
Figura 2.5- Dados de entrada para elaboração da etapa do estudo preliminar	36
Figura 2.6- Dados de entrada para elaboração de etapa do anteprojeto	36
Figura 2.7- Informações necessárias para a etapa de executivo	37
Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia adotada.....	39
Figura 4.1 Composição do módulo base	43
Figura 4.2 Composição de um vão modular.....	43
Figura 4.3 - Planta layout do apartamento que contem três suítes	45
Figura 4.4 - Planta layout do apartamento que contem duas suítes.....	45
Figura 4.5 - Planta do pavimento tipo do empreendimento	46
Figura 4.6 - Modulação horizontal da primeira fiada dos blocos, sem a aplicação da coordenação dimensional	48
Figura 4.7 - Modulação horizontal da segunda fiada dos blocos, sem a aplicação da coordenação dimensional	49
Figura 4.8 - Amarração entre alvenarias do tipo “cruz”, tipo “L” e tipo “T”.....	50
Figura 4.9 - Modulação horizontal da primeira fiada dos blocos, com a aplicação da coordenação dimensional	51
Figura 4.10 - Modulação horizontal da segunda fiada dos blocos, com a aplicação da coordenação dimensional	52
Figura 4.11 - Dimensões dos ambientes da planta de modulação da primeira fiada dos blocos sem coordenação.....	53
Figura 4.12 - Dimensões dos ambientes da planta de modulação da primeira fiada dos blocos com coordenação	53
Figura 4.13 - Áreas dos ambientes da planta de modulação da primeira fiada dos blocos sem coordenação	54
Figura 4.14 - Áreas dos ambientes da planta de modulação da primeira fiada dos blocos com coordenação	54
Figura 4.15 - Modulação vertical da alvenaria P-002 sem coordenação.....	56
Figura 4.16 - Modulação vertical da alvenaria P-002 com coordenação	56

Figura 4.17 - Modulação vertical da alvenaria P-003 sem coordenação.....	57
Figura 4.18 - Modulação vertical da alvenaria P-003 com coordenação	57
Figura 4.19 - Modulação vertical da alvenaria P-001 sem coordenação.....	58
Figura 4.20 - Modulação vertical da alvenaria P-001 com coordenação	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Definição e escopo do projeto do produto e do projeto para produção.....	25
Tabela 2.2 - Classificação das alvenarias	26
Tabela 2.3 - Dimensões nominais dos tijolos e blocos cerâmicos pré-estabelecidas por norma	29
Tabela 2.4 – Principais características da alvenaria determinadas pelos blocos	30
Tabela 2.5 – Normas brasileiras relacionadas com blocos cerâmicos e tijolos maciços cerâmicos	31
Tabela 2.6– Normas brasileiras relacionadas com argamassas de assentamento de alvenaria.	32
Tabela 2.7 – Exemplos dos principais equipamentos e ferramentas que auxiliam na produção de alvenaria.....	32
Tabela 2.8 – Escopos de PPVVA's de diversos autores.....	35
Tabela 4.1 - Levantamento dos tijolos e blocos cerâmicos comercializados na região de Jataí Goiás.....	41
Tabela 4.2 - Dimensões modulares do bloco base para o estudo	44
Tabela 4.3 Atividades técnicas para a elaboração de projetos de arquitetura e de engenharia	47
Tabela 4.4 - Comparativo das áreas dos ambientes das plantas de modulação antes e depois da aplicação da coordenação dimensional.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABDI-FEC - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial –Fundação Euclides Cunha

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BIM - *Building Information Modeling*

BR - Brasil

CAD - *Computer Aided Design*

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção

Covid-19 - Corona Virus Disease

FIBRA - Federações das Indústrias do Distrito Federal

IAI - Internacional Alliance of Interoperability

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFC - *Industry Foundation Classes*

NBR - Norma Brasileira

PIB - Produto Interno Bruto

PPVVA - Projeto para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	15
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivos geral.....	18
1.3.2 Objetivos Específicos	18
1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA.....	19
CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA	20
2.2 COORDENAÇÃO DIMENSIONAL E MODULAR	21
2.3 PROJETO DE PRODUÇÃO.....	23
2.4 ESTUDO DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO	25
2.4.1 Vedações verticais	25
2.4.2 Características dos elementos básicos constituintes de uma alvenaria	28
2.4.2.1 Blocos cerâmicos.....	28
2.4.2.2 Juntas de argamassa.....	31
2.4.2.3 Equipamentos e ferramentas empregados para a execução.....	32
2.5 PROJETO PARA PRODUÇÃO DE VEDAÇÕES VERTICAIS EM ALVENARIA (PPVVA)	33
2.5.1 Diretrizes para a elaboração do PPVVA	34
CAPÍTULO 3 METODOLOGIA.....	38
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	38
3.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	38
CAPÍTULO 4 RESULTADOS	41
4.1 DEFINIÇÃO DO MÓDULO DE PROJETO.....	41
4.2 DEFINIÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO	44
4.3 LANÇAMENTO DA MODULAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL	46
4.4 POTENCIALIDADES DA APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO DIMENSIONAL NO PROJETO DE ARQUITETURA	59
4.5 DIRETRIZES PARA A APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO DIMENSIONAL NO PROJETO DE ARQUITETURA	59
CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO.....	61
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	62
REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo possui a finalidade de apresentar o contexto no qual a pesquisa está inserida e a justificativa que explica a sua realização, além de apontar o objetivo geral e os objetivos específicos, bem como a forma como o texto ficou estruturado.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A construção civil é uma das indústrias que tem uma constante busca por aprimoramento, e é um dos termômetros da economia nacional tendo um importante impacto social. Segundo a Federação das Indústrias do Distrito Federal (FIBRA, 2017), a indústria da construção civil foi responsável por 6,2% do Produto Interno Bruto (PIB) do país e representou cerca de 34% do total das indústrias brasileiras, gerando em torno de 24% do total de vagas de empregos no país. Vale ressaltar ainda, que a área da construção de edifícios é a área de maior potencial na geração de riquezas do segmento, seguida pelas obras de infraestrutura.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sabe-se que mesmo com a pandemia causada pelo novo coronavírus (covid-19), o PIB do Brasil cresceu 7,7% no terceiro trimestre de 2020, e um dos setores que mais se destacou para esse resultado foi o da indústria 14,8%, em que a construção civil contribuiu com 5,6% (IBGE, 2020). Além disso, segundo dados do Ministério da Economia, o setor da construção civil foi o que mais gerou empregos no país nos primeiros dez meses de 2020, com a criação de 138.409 vagas formais (BRASIL, 2020).

Apesar do aumento dos preços dos insumos da construção civil, e até mesmo a falta deles no mercado, segundo a Agência Brasil, neste ano de 2021 a construção civil deverá ter, o maior crescimento para o setor em oito anos (CBIC, 2021). Segundo projeções divulgadas pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), o PIB do segmento deve avançar 4% neste ano de 2021, depois de recuar 2,8% em 2020 devido a Pandemia do novo coronavírus (covid-19).

Neste sentido, frente a um mercado consumidor cada vez mais exigente quanto a qualidade dos produtos e serviços oferecidos pela indústria da construção, a necessidade da sobrevivência das construtoras em um mercado altamente competitivo, as preocupações referentes a sustentabilidade somado com insumos cada vez mais caros, faz com que os profissionais da

construção busquem maneiras de desenvolvimento e implantação de novas tecnologias, capacitação de novos profissionais, enfim, à busca da melhoria na eficiência total do processo construtivo.

No cenário atual da construção civil, um dos desafios das construtoras têm sido a implementação das novas tecnologias, as quais podem fornecer o ganho de eficiência e produtividade.

Considerando, portanto, o crescimento do setor da indústria da construção civil, juntamente com o aumento dos preços dos insumos e a necessidade da adequação tecnológica do processo construtivo, este trabalho se destina a compreensão do papel do controle das alvenarias de vedações, demonstrando assim, uma forma de racionalizar a alvenaria através da coordenação dimensional do projeto de arquitetura.

1.2 JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil apesar de ter um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico de um país, também é responsável por altos níveis de impactos ambientais devido à grande demanda por matérias-primas e a geração de resíduos.

Diante disso, se faz necessária a procura por alternativas para se construir mais com o uso de recursos de forma mais sustentável, adotando para isso, conceitos da racionalização construtiva, e tendo como consequência desse processo, além da redução da geração de resíduos, o ganho de produtividade, com a redução de prazos e de custos com mão de obra e insumos, mantendo ainda o padrão de qualidade requerido para o empreendimento, ou seja a busca de alternativas que procurem mudar o método artesanal de construção para um método industrializado eficiente.

Analisando o papel que o subsistema das vedações verticais (subsistema constituído pelos vedos, revestimentos e esquadrias) exerce numa edificação, observa-se que esse subsistema ocupa uma posição estratégica para o planejamento e organização da etapa de produção, devido à sua interface com grande parte dos demais subsistemas do edifício, tais como: instalações prediais, estrutura, vedações horizontais, impermeabilização entre outros (FRANCO, 1998; PEÑA, 2003).

Esse papel é contemplado por Franco (1998, p. 95), que afirma:

(...) além de condicionar fortemente o desempenho do edifício, sua posição, que possui interfaces com os revestimentos, esquadrias, instalações prediais, impermeabilização e estrutura, faz com que sua otimização seja fundamental para a racionalização do edifício como um todo (...) e os ganhos advindos da racionalização da vedação vertical não são só obtidos na execução das paredes ou painéis, mas também em todos os subsistemas que lhe fazem interface. Estas interfaces, por outro lado, quando mal resolvidas são fontes constantes de desperdícios, retrabalhos e de problemas patológicos.

O subsistema de vedação vertical corresponde, em custo, de 3% a 6% de todo o edifício. Considerando a sua interface com os demais subsistemas, este custo passa para mais de 20% do custo total do edifício (BARROS, 1998).

Ainda segundo Barros (1998), os princípios da racionalização construtiva proporcionam a aplicação adequada de todos os recursos envolvidos no processo de produção, por meio da adequação tecnológica e da mudança organizacional dos processos tradicionais de construção.

A coordenação modular contribui para a integração de todo o processo construtivo, sendo uma ação rumo a industrialização e racionalização da construção civil. Quando aplicado na concepção do projeto, favorece a produtividade e a redução de desperdícios no canteiro de obras (CIRQUEIRA, 2015).

Battagin (2013) em entrevista ao Mapa da Obra, a representante da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Inês Battagin, fala sobre as vantagens advindas da ABNT NBR 15873:2010 – Coordenação modular para edificações, em que ela diz que a norma reúne cerca de outras 25 normas técnicas que tratam de coordenação modular, vindo assim, de encontro aos anseios de industrialização da construção civil, visando padronizar as dimensões de peças de forma a evitar dificuldades de ajustes e retrabalhos em obra. Ainda na entrevista, Inês diz que a norma estabelece que os espaços internos das edificações devam ser coordenados, horizontal e verticalmente, de forma a possibilitar o uso correto de todos os itens que compõe a edificação, para assim obter um melhor desempenho e qualidade dos serviços.

Sendo assim, esse estudo se deu devido às preocupações em relação a maior eficiência e a compatibilidade entre elementos, além das pressões por maior segurança, qualidade, sustentabilidade e redução de prazos e custos na construção de alvenarias de vedação.

Segundo Lucini (2001) o Projeto para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria (PPVVA) se apresentou como uma boa prática de engenharia, onde são definidas condições necessárias para superar a atual precariedade de edificações, contratação, medição e controle sobre execução de alvenaria e execução dos vãos. Portanto, o tradicional método brasileiro de executar alvenaria, de forma empírica ou sem projeto, cada vez mais se torna insustentável, do ponto de vista econômico, e com a atual oferta imobiliária é necessário construir mais com menos e melhor.

Este estudo se justifica, portanto, pela relevância que a aplicação dos conceitos da coordenação dimensional na fase de concepção do projeto arquitetônico pode exercer para a racionalização das alvenarias de vedações nos empreendimentos da indústria da construção civil.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos geral

Seguindo do ponto de vista de que a indústria da construção está sempre buscando novas tecnologias e técnicas com o intuito de obter maior eficiência e eficácia para o sucesso de seus empreendimentos, esse trabalho tem como objetivo estudar a aplicação da coordenação dimensional no projeto de arquitetura e analisar seus efeitos para a racionalização construtiva.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar no mercado local os tipos usuais de tijolos e blocos cerâmicos de alvenarias de vedação;
- Obter um projeto arquitetônico já existente para servir de base para o estudo;
- Modular horizontalmente a primeira e segunda fiada das alvenarias do projeto de arquitetura, antes e depois da aplicação dos conceitos da coordenação dimensional no projeto;
- Modular verticalmente os blocos cerâmicos de três amostras de alvenarias do projeto de arquitetura, antes e depois da aplicação dos conceitos da coordenação dimensional no projeto;
- Diagnosticar as potencialidades da coordenação dimensional no projeto de arquitetura.
- Apresentar as diretrizes para a aplicação da coordenação dimensional.

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

Este trabalho de conclusão do curso foi estruturado em cinco capítulos, iniciando por este primeiro, no qual foi introduzido o assunto, apresentadas as justificativas da escolha do tema e os objetivos geral e específicos da pesquisa, decorrendo ainda sobre a estruturação do texto.

No capítulo 2 discute-se sobre o referencial teórico a respeito dos principais assuntos relacionados com o tema da pesquisa, como: racionalização construtiva, coordenação dimensional e modular, projeto de produção, estudo da alvenaria de vedação e o Projeto para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria (PPVVA).

A caracterização da pesquisa e sua delimitação é apresentada no terceiro capítulo, onde é discutido sobre a metodologia adotada para a realização do trabalho.

No quarto capítulo foram apresentados os resultados obtidos através do estudo de caso. Como os resultados obtidos nas etapas de definição do módulo de projeto através do levantamento dos tijolos e blocos cerâmicos usualmente comercializados na região de Jataí-Goiás, definição do projeto arquitetônico para ser utilizado como base para a aplicação dos conceitos do estudo, modulação horizontal e vertical dos blocos cerâmicos antes e depois da aplicação dos conceitos da coordenação dimensional no projeto, as potencialidades da aplicação da coordenação dimensional no projeto de arquitetura e as diretrizes para a aplicação da coordenação dimensional no projeto de arquitetura.

Já no quinto capítulo são apresentadas as considerações finais quanto ao cumprimento dos objetivos proposto pela pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem a intenção de apresentar a revisão bibliográfica dos principais assuntos tratados neste trabalho de conclusão de curso. Inicialmente serão mostrados os conceitos referentes à racionalização construtiva. Logo em seguida, é tratado a respeito da importância da adoção da coordenação dimensional em um projeto arquitetônico. Complementarmente é tratado sobre um estudo dos elementos constituintes de uma alvenaria de vedação formada por blocos cerâmicos com juntas de argamassa. E por fim são expostas as definições e as diretrizes para a elaboração de um PPVVA.

2.1 RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA

A racionalização construtiva é entendida como sendo todas as ações que objetivam otimizar os recursos empregados na indústria da construção, conferindo assim, melhor desempenho e qualidade ao produto que contribuirão para um retorno social e ambiental mais condizente com os custos reais envolvidos em todo o processo produtivo da construção civil (SABBATINI, 1989 *apud* Barros 1998)¹.

O conceito de racionalização não é recente; há muito tempo fala-se em racionalizar uma determinada coisa ou atividade. É um termo que tem um significado bem definido, tanto coloquialmente, como no meio técnico, ou seja, o termo racionalização pode ser entendido como o ato ou o efeito de racionalizar alguma coisa, tornar racional, tornar mais eficientes os processos de trabalho ou a organização de empreendimentos (BARROS, 1998, p.3).

A implementação das medidas de racionalização construtiva pode ser aplicada a qualquer método, processo ou sistema construtivo e, no caso do processo tradicional, significa a implementação de medidas de padronização de componentes, simplificação de operações e aumento da produtividade que podem trazer grandes reduções de custo. No entanto, a maior parte destas medidas têm de ser adotadas ainda na etapa de projeto, pelas implicações quanto a dimensões, especificações e detalhes que são incorporadas (MELHADO, 1994).

¹ SABBATINI, Fernando H. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas Construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia. São Paulo, 1989. 321p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Para que se possa ter um maior potencial de racionalização da produção, Barros (1998) afirma que é preciso que se resgate para a etapa de projeto a responsabilidade pela adequação técnica e pela exequibilidade das propostas que serão encaminhadas aos canteiros de obra. É preciso também, que se proporcione a esses canteiros, os meios adequados à condução do processo de produção, segundo o sistema produtivo de cada empresa.

Segundo Franco (1998), o projeto de vedação vertical é uma peça de extrema importância para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas, e este projeto deve ser concebido dentro de uma visão sistêmica, não se restringindo unicamente à melhoria do comportamento dos componentes de vedação vertical, mas inserindo o funcionamento da vedação vertical no edifício e a sua produção na organização e racionalização dos demais subsistemas que compõem a edificação.

Segundo Lucini (2001), a racionalização está vinculada à coordenação modular devido:

- a repetição de técnicas e processos;
- a redução de variedade de tipos e dimensões de componentes;
- a compatibilidade dimensional e tecnológica entre componentes;
- o intercâmbio de componentes;
- a produção seriada de componente e de montagem tipificada;
- a autonomia de etapas de execução e de montagem de componentes;
- o detalhamento e especificação técnica sistematizada;
- o controle eficiente de custo e de produção;
- o aumento da produtividade na fabricação e montagem, etc.

A racionalização construtiva, portanto, deve ser aplicada à edificação antes mesmo da fase de execução, e ser aplicada nas fases de planejamento e de concepção do projeto, já que são nessas fases que consegue-se prover de forma sistêmica os conceitos da racionalização, podendo assim, obter de forma eficaz seus benefícios.

2.2 COORDENAÇÃO DIMENSIONAL E MODULAR

A Coordenação Modular enquanto ferramenta de compatibilização de medidas foi concebida após a 1ª Guerra Mundial com vistas à rápida reconstrução dos países devastados pela guerra

e, desde então, esta ferramenta tem comprovado suas vantagens relativas à racionalização da construção (CIRQUEIRA, 2015).

Em 2010, foi publicada a ABNT NBR 15.873:2010 – Coordenação modular para edificações, em substituição a outras 25 normas que tratavam também sobre coordenação modular, retomando assim os anseios da industrialização da construção no Brasil. A mesma permanece vigente até hoje.

Coordenação Modular é a coordenação dimensional mediante o emprego de um módulo básico ou de um multimódulo. “O módulo básico é a menor unidade de medida linear da coordenação modular, representado pela letra M, cujo valor normalizado é $M = 100 \text{ mm}$ ” (ABNT 2010, p.1). O uso da coordenação modular visa “coordenar as dimensões de todas as etapas que cabem à indústria da construção civil desde a fabricação de componentes, projetos, execução, até a manutenção, trazendo otimização, simplificação e racionalização aos processos” (BARBOZA; LIMA, 2009 p. 12).

Muito se confunde a respeito da diferença entre coordenação dimensional e coordenação modular. A norma de Coordenação Modular, define Coordenação Dimensional como a “inter-relação de medidas de elementos e componentes construtivos e das edificações que os incorporam, usada para seu projeto, sua fabricação e sua montagem” (ABNT, 2010, p.1) e Coordenação Modular como “coordenação dimensional mediante o emprego do módulo básico ou de um multimódulo” (ABNT, 2010, p. 1).

Assim, a Coordenação Modular é uma Coordenação Dimensional, mas o inverso não é sempre verdade. O termo Coordenação Dimensional é um termo mais amplo, pois admite qualquer medida como módulo fundamental, enquanto Coordenação Modular é um termo mais restrito, pois limita-se ao emprego do módulo básico, cuja medida é precisamente 100 mm.

Por um lado, ela permite a introdução de procedimentos padronizados na execução e aumenta a precisão com que se produz a obra, facilitando a introdução de técnicas que exigem maior precisão. Por outro lado, agiliza a execução do projeto, já que possibilita a criação de métodos de execução e a padronização de detalhes (FRANCO, 1992).

Andrade (2000, p.15) afirma que “o principal objetivo da coordenação modular é reunir as diferentes indústrias da construção civil em torno de uma unidade dimensional padrão,

determinada pelo módulo, e que possam unir-se entre si e com os outros no processo de montagem do edifício”.

Sendo assim, Barros (1998) relata que quando não se faz a coordenação prévia da alvenaria com os demais subsistemas a ela relacionados, o potencial de racionalização do conjunto diminui.

Quando se define a medida de um módulo básico por norma, se faz com que haja a inter-relação de medidas dos elementos e componentes construtivos e das edificações que os incorporam, servindo assim de orientação para que os projetistas possam ter um referencial de medida para a definição das dimensões de projeto. Servindo também de orientação para as indústrias na concepção e produção dos componentes. Portanto, vale ressaltar a importância da adequação dos elementos e componentes aos critérios da norma ABNT NBR 15270-1:2017 Componentes Cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria.

2.3 PROJETO DE PRODUÇÃO

A fase de concepção do projeto merece especial destaque, já que é o principal articulador e indutor de todas as ações em um empreendimento. Essa etapa do processo construtivo é responsável por buscar uma solução criativa e eficiente, que traduza e documente todos os requisitos do cliente e do usuário através da concepção, desenvolvimento e detalhamento das características físicas e tecnológicas, para fins de execução (FRANCO, 1998).

Farah (1992, p.36) afirma que:

como tendência geral, os projetos, na construção tradicional, indicam apenas a forma final do edifício (projeto arquitetônico) ou as características técnicas de elementos da edificação (projeto estrutural, de fundações, de instalações, etc.), não descendo a detalhes da execução, nem estabelecendo prescrições relativas ao modo de executar e à sucessão de etapas de trabalho. O projeto é antes de mais nada, um projeto de produto, que não se traduz em especificações relativas ao ‘como produzir’. O próprio projeto do produto é, por outro lado, pouco preciso, deixando à etapa da execução a definição final das características que o produto deve ter, inclusive quanto ao tipo de material ou componente a ser utilizado em cada etapa.

Complementarmente à essa ótica de Farah (1992), em decorrência das alterações de mercado e da introdução de conceitos como os de racionalização construtiva, desempenho, produtividade, construtibilidade e qualidade, outros requisitos foram atribuídos ao projeto. De acordo com

estes conceitos, os projetos de edifícios precisam conter além das definições do produto, as definições de seu processo construtivo, ou seja, o projeto passa a ser encarado sob a ótica do processo de produção (PEÑA, 2003).

Diferentemente, portanto, dos projetos do produto, cabe aos projetos de produção esclarecerem o “como fazer”, apresentando para isso as técnicas, materiais e ferramentas a se adotar para a execução do empreendimento.

Para Barros (1996, p.11), o projeto para produção se constitui de:

(...) um conjunto de elementos de projeto elaborado segundo características e recursos próprios da empresa construtora, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições dos itens essenciais à realização de uma atividade ou serviço e, em particular: especificação dos detalhes e técnicas construtivas a serem empregados, disposição e sequência de atividades de obra e frentes de serviço e uso e características de equipamentos.

Os projetos para produção, além de detalhar tecnicamente o produto de forma sistemática, têm a responsabilidade de detalhar todo o processo produtivo e definir indicadores de tolerância e de controle, subsidiando todas as informações de suporte técnico e organizacional da obra, tornando-se assim uma ferramenta de gestão da produção e da qualidade (PENA, 2003).

O projeto para produção tem a potencialidade de minimizar as incertezas na fase de execução da obra, pela antecipação das atividades de execução em projeto, aplicada aos diversos subsistemas do edifício (PERALTA, 2002).

No entanto, para os projetos de produção a linguagem de projeto deve ser outra. Segundo Cardoso (1998) e Peralta (2002), ela deve respeitar aspectos como: apresentação ampla dos desenhos e de fácil leitura, voltados para as equipes de produção, permitindo sua compreensão pela mão de obra que a executa; agrupamento num único desenho das informações sobre interfaces entre subsistemas que nele aparecem (por exemplo, na elevação de uma parede devem aparecer os componentes, o traço da argamassa de assentamento, as juntas que serão preenchidas, o posicionamento dos grampos de fixação entre alvenaria e pilar, os embutimentos das instalações, a fixação das esquadrias etc.); apresentação de informações como elas serão empregadas (por exemplo, cotas acumuladas); eliminação de redundâncias; emprego de papel em formato facilmente manipulável (A3).

Na Tabela 2.1, Aquino e Melhado (2005) mostram as diferenças entre projetos do produto e projetos para a produção, com seus respectivos objetivos e escopos.

Tabela 2.1 - Definição e escopo do projeto do produto e do projeto para produção.

Projetos	Projeto do Produto(nível conceutivo)	Projeto para produção(nível produtivo)
Objetivo	Objetiva definir características e dimensões do produto concebido, na forma de um registro gráfico-descritivo das especificações técnicas a serem atendidas pelos produtos entregues.	Objetiva definir como e com quais recursos deverá ser produzido o produto. Constitui-se em uma ferramenta organizacional de caráter essencial.
Escopo	Especificações do produto: • Especificações para aquisição e entrega do produto; • Parâmetros de desempenho; • Definição dos padrões de qualidade; • Tolerâncias admissíveis para a qualidade.	• Definição dos materiais e componentes a serem empregados; Definições relacionadas ao planejamento e execução, tais como: • Técnicas e métodos construtivos; • Soluções para as interfaces; • Equipamentos utilizados; • Sequências de execução; • Logística de produção; • Definição dos parâmetros para a gestão e controle do processo de produção.

Fonte: AQUINO; MELHADO (2005).

Para o desenvolvimento dos projetos para a produção, necessariamente, o projetista deve ter contato com os meios de produção, com os materiais, ferramentas, equipamentos e com as técnicas construtivas, ou seja, ter a aproximação com o processo executivo da obra, possibilitando assim, a percepção da capacidade de limitações da mão de obra e apontando diretrizes para o seu aperfeiçoamento e formação de profissionais plenos (SILVA, 2003).

2.4 ESTUDO DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO

2.4.1 Vedações verticais

Segundo Sabbatini (1998) são muitas as tipologias possíveis de serem empregadas como vedação vertical em edifícios com estrutura usual reticulada de concreto armado: da parede tradicional de alvenaria de bloco cerâmico com reboco, aos painéis pré-fabricados com revestimento incorporado ou da divisória em lambris às de gesso acartonado, ou ainda, da parede de bloco de vidro às fachadas cortinas de alumínio e vidro, são incontáveis as possibilidades de escolha.

As vedações verticais de alvenaria das edificações, basicamente são um conjunto de blocos, tijolos ou peças sobrepostas unidas por uma argamassa, formando um elemento vertical, o qual apresenta a finalidade de separar ambientes, suportar cargas gravitacionais, servir de abrigo

para os sistemas prediais, proporcionar conforto térmico e acústico, e proteger contra os intemperes do meio externo (SILVA, 2003).

Existe uma grande diversidade de classificação das alvenarias, as principais são quanto a função estrutural, quanto ao tipo do material utilizado, componentes de ligação e proteção. Na Tabela 2.2 serão apresentadas tais classificações.

Tabela 2.2 - Classificação das alvenarias

CLASSIFICAÇÃO	TIPO
Capacidade de suporte	Alvenaria Resistente: alvenaria estrutural não armada; Alvenaria estrutural armada não protendida; Alvenaria estrutural protendida. Alvenaria de vedação
Componentes da alvenaria	Alvenaria de blocos de concreto. Alvenaria de tijolos cerâmicos Alvenaria de blocos cerâmicos Alvenaria de blocos de sílico-calcários Alvenaria de blocos de concreto celular Alvenaria de tijolos se solo estabilizado Alvenaria de pedra
Componentes de ligação	Junta seca (sem argamassa de preenchimento entre as unidades de alvenaria) Junta tomada
Revestimento	Aparente Preenchida

Fonte: Adaptado de SABBATINI et al., (1998).

Para cada empreendimento se faz necessário um estudo de caso, contemplando os contras e os prós de cada modelo construtivo, levando em consideração a disponibilidade de materiais e mão de obra da região, e o tempo disponível para a execução dessa etapa da obra. Analisando as particularidades de cada modelo, deve-se escolher o quão melhor atende as necessidades da obra.

Nesse estudo, a atenção concentra-se nas edificações constituídas por paredes de alvenaria de vedação composta por blocos cerâmicos, juntas de argamassa (componente do subsistema vedação vertical) em estruturas reticuladas de concreto armado.

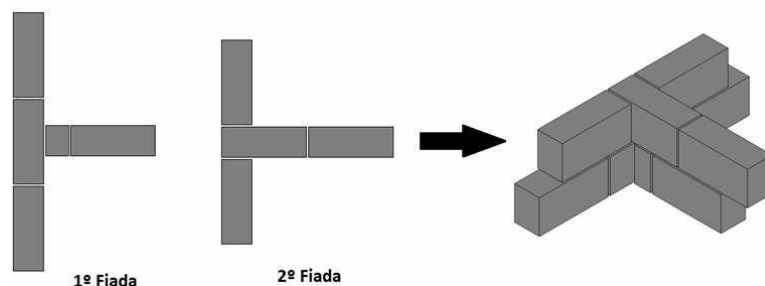
Segundo Silva (2003, p. 96): “[...] as paredes de alvenaria são constituídas, basicamente, pelas unidades de alvenaria (tijolo ou bloco) e pelas juntas de argamassa, sendo suas características resultantes das características destes componentes e da interação entre eles, ou seja, das características de aderência do conjunto [...]”.

Além dos elementos básicos, bloco cerâmico e juntas de argamassa, as paredes de alvenaria por fazerem interface com os outros subsistemas da edificação, podem agrupar outros elementos

essenciais para a funcionalidade do edifício, como os sistemas prediais (instalações elétricas e hidráulica, ar condicionado, Tv e etc.), esquadrias e elementos estruturais como vergas e contravergas.

Vale ressaltar que nos encontros entre alvenarias, a situação mais desejável é a que haja travamento entre os componentes através de uma ligação por amarração dos blocos como na Figura 2.1, devido a distribuição das tensões, mas quando isso não é possível deve ser previsto telas metálicas eletrossoldadas nas juntas de argamassa (LORDSLEEM JÚNIOR , 2000).

Figura 2.1 - Ligação das alvenarias por amarração dos blocos cerâmicos

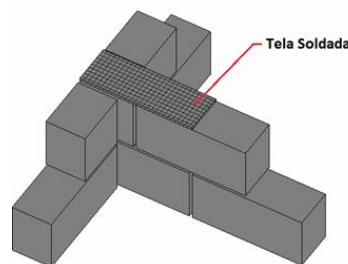


Fonte: MONTEIRO (2011)

Na Figura 2.2 estão apresentadas um modelo de ligação das alvenarias por tela eletrossoldadas. Essas telas deverão ter as seguintes dimensões:

- Malha quadrada de 15x15 mm e fio de 1,65mm;
- Malha losangular de metal expandido de 12x25 mm e cordão de 1,0 ou 1,2 mm;
- Comprimento: igual a duas vezes a espessura da parede mais estreita;
- Largura: equivalente à espessura da parede mais estreita, menos 30 mm.

Figura 2.2 - Ligação das alvenarias por tela eletrossoldadas



Fonte: MONTEIRO (2011)

2.4.2 Características dos elementos básicos constituintes de uma alvenaria

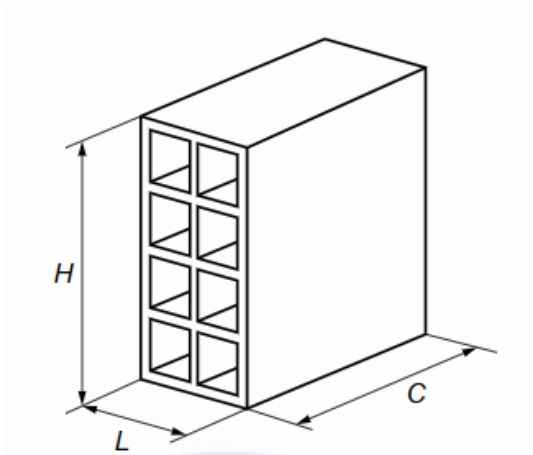
2.4.2.1 Blocos cerâmicos

Os blocos cerâmicos representam a maior parte da composição da parede, são em formato de paralelepípedo, possuem furos perpendiculares a uma de suas faces, são produzidos com argila e queimados em forno, apresentando coloração avermelhada. As fábricas onde os tijolos são produzidos são chamadas olarias. No mercado, encontramos blocos com dimensões e resistências variadas.

Estes componentes cerâmicos são comercializados conforme sua classe de aplicação (alvenaria de vedação (VED) ou estrutural (EST)) e através de suas dimensões nominais, que segundo a ABNT NBR 15270-1:2017 Componentes Cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria, essas dimensões são os valores da largura (L), altura (H) e comprimento (C), que identificam um bloco ou tijolo, diferentemente de suas dimensões efetivas que são os valores das dimensões reais e das dimensões modulares as quais atendem a um módulo básico.

Na Figura 2.3 a seguir são representadas as respectivas medidas da largura (L), altura (H) e comprimento (C) desses elementos cerâmicos.

Figura 2.3 - Respectivas medidas de largura (L), altura (H) e de comprimento (C) dos blocos e tijolos cerâmicos



Fonte: ABNT (2017)

Essas dimensões nominais são pré-estabelecidas por norma e constam na Tabela 2.3 a seguir:

Tabela 2.3 - Dimensões nominais dos tijolos e blocos cerâmicos pré-estabelecidas por norma

Dimensões nominais dos tijolos e blocos (cm)			
Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
		Bloco principal	Meio bloco
9	9	19	9
		24	11,5
	14	19	9
		24	11,5
		29	14
	19	19	9
		24	11,5
		29	14
		39	19
11,5	11,5	24	11,5
	14	24	11,5
	19	19	9
		24	11,5
		29	14
		39	19
14	9	24	11,5
		29	14
	19	19	9
		24	11,5
		29	14
		39	19
19	19	19	9
		24	11,5
		29	14
		39	19
24	24	24	11,5
		29	14
		39	19

Fonte: ABNT (2017)

De acordo com essa mesma norma, o que difere um tijolo para um bloco cerâmico é que os tijolos possuem alturas inferiores a 115 mm e já os blocos possuem alturas superiores a essa medida (ABNT, 2017).

Os blocos cerâmicos correspondem a cerca de 85% a 95% do volume da alvenaria de vedação, e são responsáveis por determinarem as características de desempenho, projeto e de produção das alvenarias (SABBATINI, 2002). As principais características estão detalhadas na Tabela 2.4 a seguir:

Tabela 2.4 – Principais características da alvenaria determinadas pelos blocos

DESEMPENHO	PROJETO	PRODUÇÃO
• isolamento térmico; • isolamento acústico; • resistências mecânicas; • vida útil, durabilidade, etc.	• modulação; • coordenação dimensional; • embutimento de tubulações;	• grau de racionalização na produção; • produtividade – peso e dimensões; • técnicas de execução - formato; • precisão dimensional – revestimentos e demais componentes.

Fonte: SABBATINI (2002)

Para obter uma alvenaria uniforme e racionalizada, é imprescindível que se analise a qualidade do bloco desde a sua precisão e estabilidade dimensional, como também sua durabilidade, resistência à ação de agentes agressivos de acordo com as normas técnicas específicas para cada bloco (PEÑA, 2003).

As principais propriedades exigidas para tijolos e blocos segundo Carasek (2010) são relacionadas a seguir:

- resistência à compressão compatível com as exigências de projeto;
- dimensões adequadas para o levantamento da alvenaria;
- permeabilidade compatível com as condições de exposição a que a alvenaria estará submetida;
- variação volumétrica (em função de gradientes de temperatura e de umidade) compatível com as condições de exposição/uso a que a alvenaria estará submetida;
- características de superfície e distribuição de poros compatível com a argamassa a ser utilizada para o assentamento e/ou revestimento da alvenaria.

Além disso, os blocos e tijolos cerâmicos devem ser devidamente identificados com os dados do fabricante, dimensões nominais, indicação de rastreabilidade (lote ou data de fabricação) e telefone do serviço de atendimento ao cliente ou correio eletrônico ou endereço do fabricante, além de possuir características físicas, mecânicas, visuais e geométricas que atendem aos critérios de avaliação de aparência especificados em comum acordo entre fabricante e comprador. Vale ressaltar ainda que a tolerância máxima de desvio de medida das faces permitida desses elementos (largura, altura e comprimento) é de 5 mm (ABNT, 2017).

As normas brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) relacionadas a blocos cerâmicos e tijolo maciço cerâmico estão apresentadas na Tabela 2.5 a seguir:

Tabela 2.5 – Normas brasileiras relacionadas com blocos cerâmicos e tijolos maciços cerâmicos

Número	Ano	Título
NBR 15270-1	2017	Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria- Parte 1: Requisitos
NBR 15270-2	2017	Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria- Parte 2: Métodos de ensaios.

Fonte: Autoria Própria (2021)

A parte 1 da NBR 15270 tem como objetivo especificar os requisitos dimensionais, propriedades físicas e mecânicas de blocos e tijolos cerâmicos a serem utilizados em obras de alvenaria com ou sem função estrutural, e executadas de forma racionalizada ou não, já a parte 2, especifica os métodos para a execução dos ensaios dos blocos e tijolos cerâmicos estruturais e de vedação (ABNT, 2017).

2.4.2.2 Juntas de argamassa

As juntas de argamassa são elementos construtivos responsáveis pela ligação entre os blocos cerâmicos, possuem as propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo ainda conter aditivos e adições minerais (CARASEK, 2010).

As principais funções das juntas de argamassa na alvenaria citadas por Carasek (2010), são:

- unir as unidades de alvenaria de forma a constituir um elemento monolítico, contribuindo na resistência aos esforços laterais;
- distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos;
- selar as juntas garantindo a estanqueidade da parede à penetração de água das chuvas;
- absorver as deformações naturais, como as de origem térmica e as de retração por secagem (origem higroscópica), a que a alvenaria estiver sujeita.

De acordo com a ABNT NBR 8545:1984 Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos, diz que “as juntas de argamassa devem ser no máximo de 10 mm e não devem conter vazios”.

Já de acordo com a ABNT NBR 16590:2017 Composto polimérico para assentamento de alvenaria de vedação Parte 1: Requisitos, diz que “o composto polimérico deve ser aplicado em no mínimo dois cordões na horizontal, sendo a espessura anterior ao assentamento de 10 mm sobre a superfície de assentamento (do bloco ou tijolo)”.

Na Tabela 2.6 estão apresentadas as principais normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) relacionadas a argamassas de assentamento de alvenarias:

Tabela 2.6– Normas brasileiras relacionadas com argamassas de assentamento de alvenaria

Número	Ano	Título
NBR 13276	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.
NBR 13277	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água.
NBR 13278	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.
NBR 13279	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.
NBR 13280	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.
NBR 13281	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.
NBR 15259	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.
NBR 15261	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear)

Fonte: Autoria Própria (2021)

2.4.2.3 Equipamentos e ferramentas empregados para a execução

Na construção civil há vários equipamentos e ferramentas que podem ser empregados para a execução de uma alvenaria, entre eles pode-se destacar os seguintes materiais mencionados na Tabela 2.7 a seguir:

Tabela 2.7 – Exemplos dos principais equipamentos e ferramentas que auxiliam na produção de alvenaria

FUNÇÃO	EQUIPAMENTO/FERRAMENTA
Controle geométrico	Trena, Fio de prumo, mangueira de nível, escantilhão, esquadro, régua com nível de bolha, régua de alumínio, nível a laser, nível alemão, linha de pedreiro.
Produção	Colher de pedreiro, bisnaga, palheta, broxa, caixotes para argamassa, argamassadeira mecânica, betoneira, marreta de borracha.
Transporte	Grua, elevador de carga, carrinho de mão, carrinho de transporte de blocos, carrinho de transporte de caixotes de argamassa, carrinho especial de transporte de argamassa.
Sustentação Provisória	Andaimes de aço, andaimes de madeira.
Equipamentos de proteção Individual	Botas, luvas, capacete, protetor auricular.

Fonte: adaptado de NAKAMURA, 2008; CARRARO, 1998

2.5 PROJETO PARA PRODUÇÃO DE VEDAÇÕES VERTICAIS EM ALVENARIA (PPVVA)

Conforme já visto anteriormente sobre a importância dos projetos de produção para o ganho de eficiência em um empreendimento, somado com a alta relevância que o subsistema das vedações verticais tem para a racionalização da construção e conhecendo um pouco mais a respeito das partes constituintes das alvenarias e as potencialidades de racionalização advindas da aplicação da coordenação dimensional na fase de projeto, este tópico possui o intuito de apresentar a aplicação dos conceitos da racionalização construtivas e da coordenação dimensional em um projeto para produção de vedações verticais.

Segundo Peña (2003), o projeto para produção de vedações verticais “traz incorporada uma síntese dos demais projetos do empreendimento, já compatibilizados, numa linguagem técnica voltada para a gestão racionalizada da produção, estabelecendo uma interface única entre todos os agentes envolvidos”.

Ainda segundo essa autora para a concepção do PPVVA devem ser definidas as soluções técnicas, os materiais a serem utilizados, a sequência de elaboração e os procedimentos executivos. Estas definições devem partir de uma análise estrutural e dimensional, da análise crítica dos projetos e da análise das interfaces dos demais subsistemas com a alvenaria.

Para Franco (1998, p.129), o projeto de vedação vertical é uma peça de extrema importância para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas e deve ser concebido dentro de uma visão sistêmica, “não se restringindo unicamente à melhoria do comportamento dos componentes da vedação vertical, mas inserindo o funcionamento da vedação vertical no edifício e a sua produção na organização e racionalização dos demais subsistemas que compõe a edificação”.

A partir dessas análises é que serão definidos os materiais e procedimentos para a etapa de produção, como o tipo de bloco cerâmico (módulo) a ser utilizado, tipo e espessura da argamassa, tipos de fixação da alvenaria com os elementos estruturais, tipo de amarração entre as alvenarias, detalhamento das instalações das esquadrias, posicionamento das vergas e contravergas, definição dos locais de passagem das instalações prediais etc. (PEÑA, 2003).

Durante a elaboração deste projeto de produção devem ser analisados e aplicados os conceitos da coordenação dimensional dos blocos, avaliando suas dimensões, espessuras das juntas de

argamassa, dimensões e posições dos vãos das esquadrias, revestimentos, impermeabilização, vergas e contravergas etc. A adoção destes conceitos na etapa de projeto, permite ajustar as medidas de todos os componentes da alvenaria e dos subsistemas a ela relacionados, aumentando assim a racionalização da produção e diminuindo com isso problemas com incompatibilidades e improvisações na fase de execução.

A introdução do PPVVA nas etapas iniciais de desenvolvimento do processo de projeto amplia o seu potencial de racionalização, permitindo atitudes mais globais como, por exemplo, a adoção de uma modulação para todos os projetistas eliminando situações de ajustes dimensionais. Sendo assim, idealmente, o PPVVA deve ser introduzido no processo de projeto juntamente aos demais projetistas (PEÑA, 2003, p.89).

2.5.1 Diretrizes para a elaboração do PPVVA

Cada projetista possui seu método para a elaboração do escopo do PPVVA. Essa flexibilização da concepção do projeto se justifica pelas mais variadas situações construtivas e particularidades das construtoras e dos empreendimentos, mas sempre visando um objetivo comum, que é a racionalização da produção.

Na Tabela 2.8 apresentada a seguir, Chalita (2011) apresenta os conteúdos dos escopos de alguns PPVVA's propostos por diversos autores.

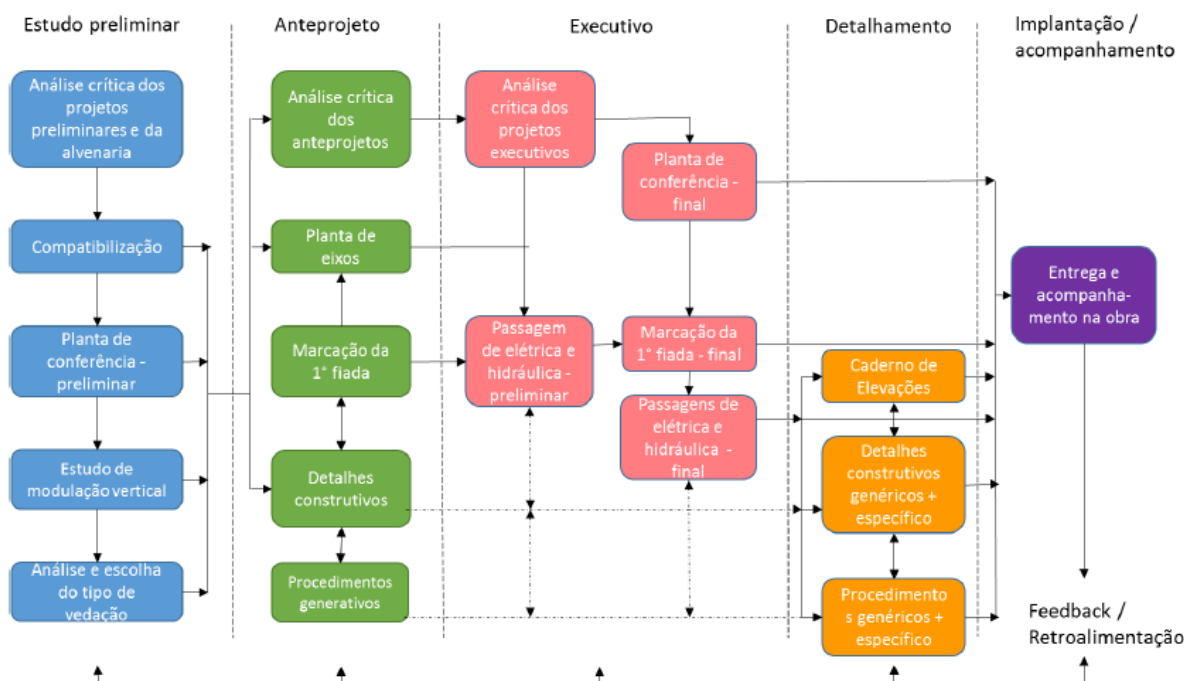
Na Figura 2.4, detalhada por Franco e Peña (2006), é proposto um fluxograma para a elaboração de um PPVVA, com o intuito de balizar o seu desenvolvimento, servindo como referência para projetistas e também como ferramenta de controle de contratação e análise crítica para as empresas construtoras. Já nas Figuras 2.5, 2.6 e 2.7 os mesmos autores apresentam os dados de entrada para a elaboração das fases do estudo preliminar, anteprojeto e executiva do projeto.

Tabela 2.8 – Escopos de PPVVA's de diversos autores

Elemento Do Projeto Para Produção De Vedações Verticais (PPVVA)	BARRO (1998)	SILVA (2003)	PEÑA (2003)	AQUINO (2004)	MELHADO <i>et al.</i> (2005)	MANUAL (2008)
Planta de Conferência			X		X	
Planta de locação dos eixos de alvenaria	X		X	X	X	X
Planta de caminhamento de elétrica	X		X	X	X	X
Planta de furações hidráulicas	X		X	X	X	X
Planta de marcação de 1ª fiada	X	X	X	X	X	X
Planta de marcação de 2ª fiada	X	X	X			
Caderno de elevações	X	X	X	X	X	X
Caderno de detalhes recomendações e especificações técnicas	X	X	X	X	X	X
Quantitativos de materiais				X	X	X
Quantitativos de peças pré-moldadas				X	X	X
Planejamento e controle de produção					X	

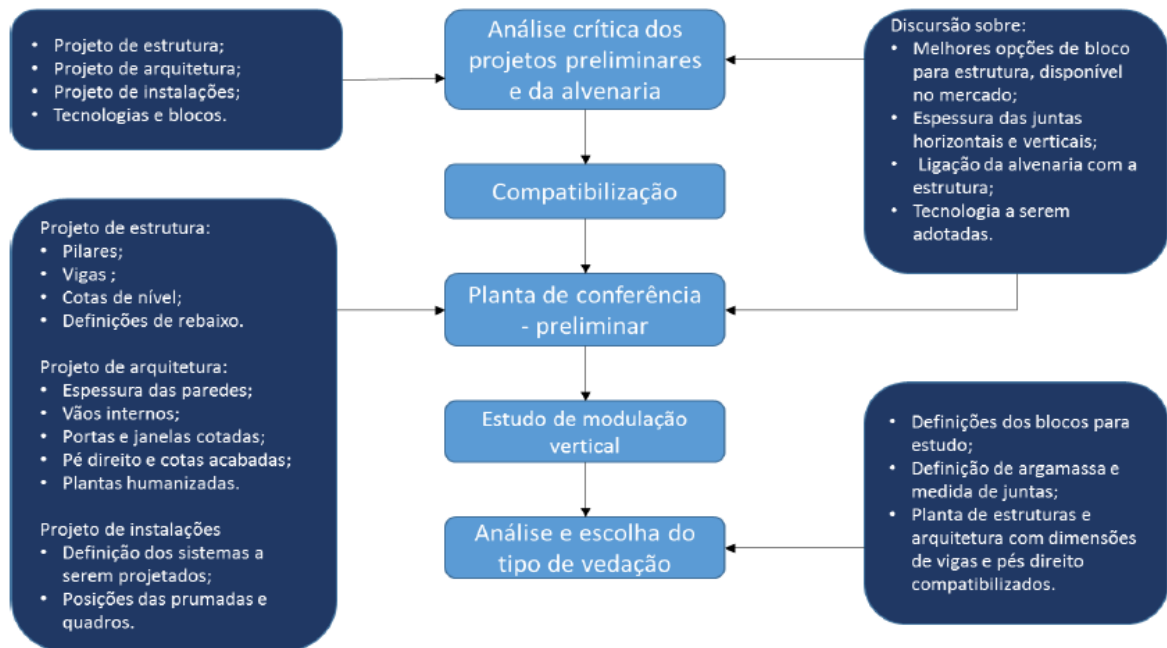
Fonte: Adaptado, Chalita (2011)

Figura 2.4 – Fluxograma para elaboração do PPVVA



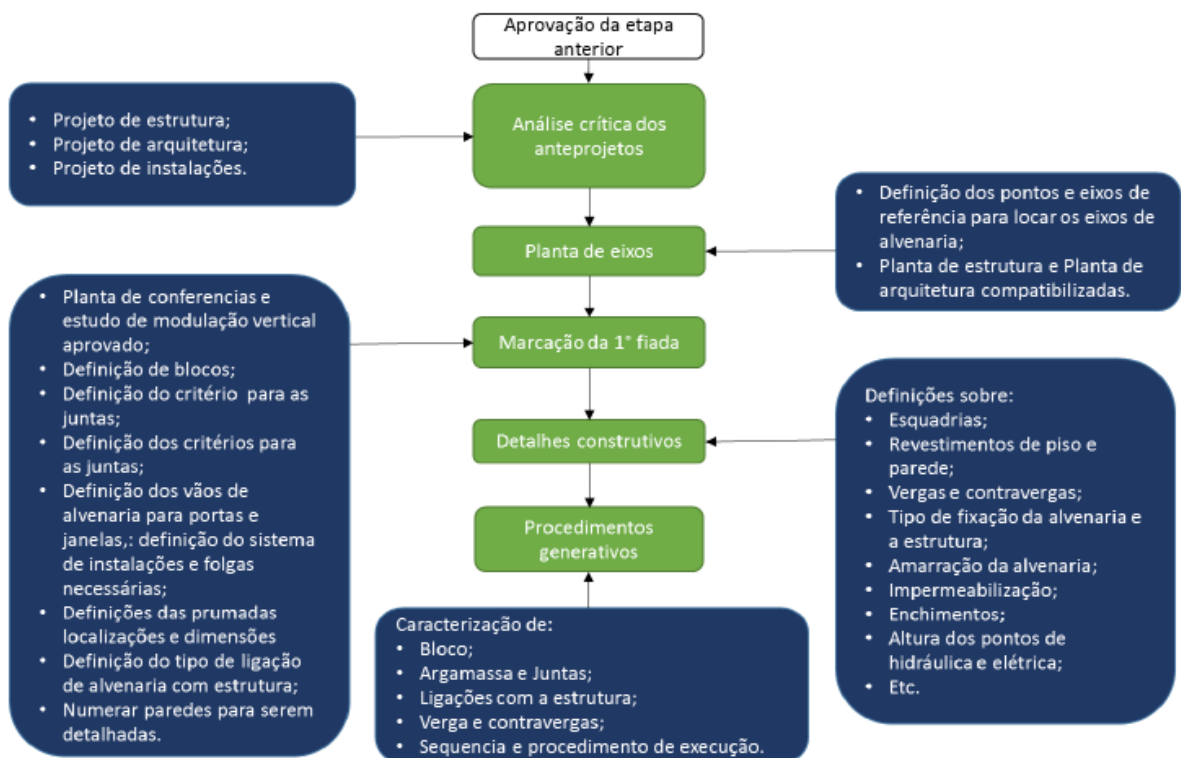
Fonte: Adaptado de FRANCO; PEÑA (2006).

Figura 2.5- Dados de entrada para elaboração da etapa do estudo preliminar



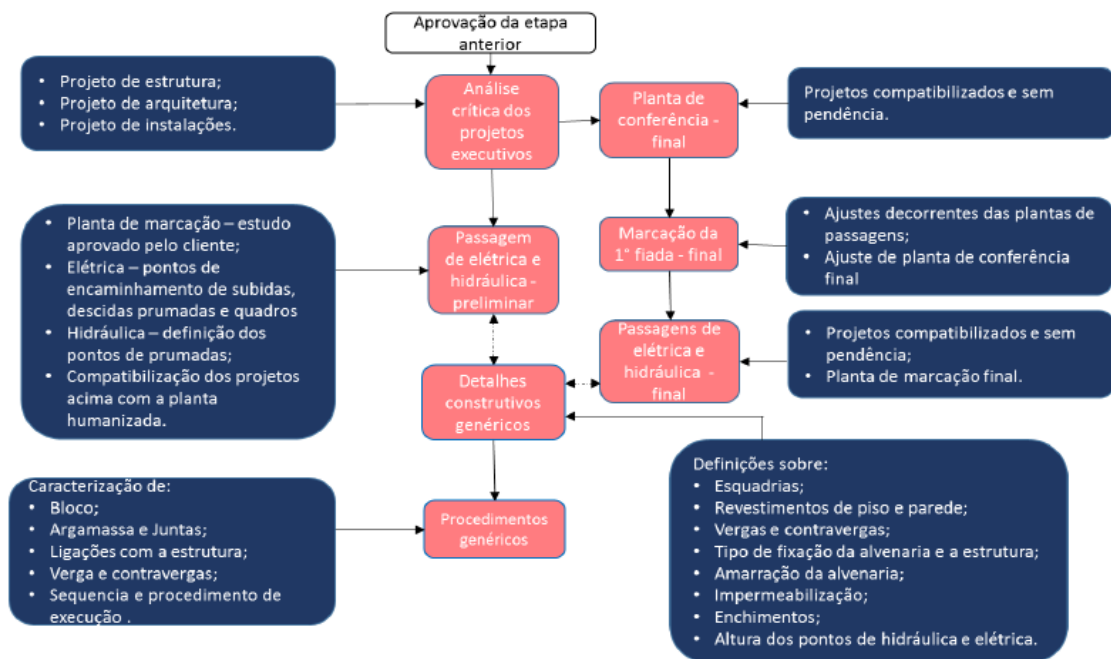
Fonte: Adaptado de FRANCO; PEÑA (2006).

Figura 2.6- Dados de entrada para elaboração de etapa do anteprojeto



Fonte: Adaptado de FRANCO; PEÑA (2006).

Figura 2.7- Informações necessárias para a etapa de executivo



Fonte: Adaptado de FRANCO; PEÑA (2006).

Antes de iniciar a execução da alvenaria de vedação, as equipes de produção devem estar familiarizadas com o projeto para produção da alvenaria. O projeto para produção deve estar sempre à mão durante a execução da alvenaria de vedação (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2008).

CAPÍTULO 3 METODOLOGIA

O presente capítulo tem como propósito apresentar a metodologia adotada para a elaboração deste trabalho de conclusão de curso. Inicialmente discute-se sobre a caracterização do estudo prático adotado. Logo em seguida é apresentada a delimitação da pesquisa, em que é discutida a respeito da estratégia teórica adotada e a sequência de etapas que foram seguidas para a constituição do estudo de caso.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Como forma de materializar as informações adquiridas na revisão bibliográfica, neste trabalho de conclusão de curso será realizado um estudo de caso, em que segundo Yin (2010) consiste numa investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes.

Este estudo de caso visa a investigação de um caso específico, bem delimitado e contextualizado em tempo e lugar, para que se possa realizar uma busca circunstanciada de informações (VENTURA, 2007).

As fontes de evidências que geralmente são utilizadas nos estudos de caso podem ser realizadas através de diversos procedimentos quantitativos e qualitativos, como: observação, análise de documentos, entrevista formal ou informal, história de vida, aplicação de questionário com perguntas fechadas, levantamentos de dados, análise de conteúdo etc. Há uma pluralidade de procedimentos que podem ser incorporados (VENTURA, 2007).

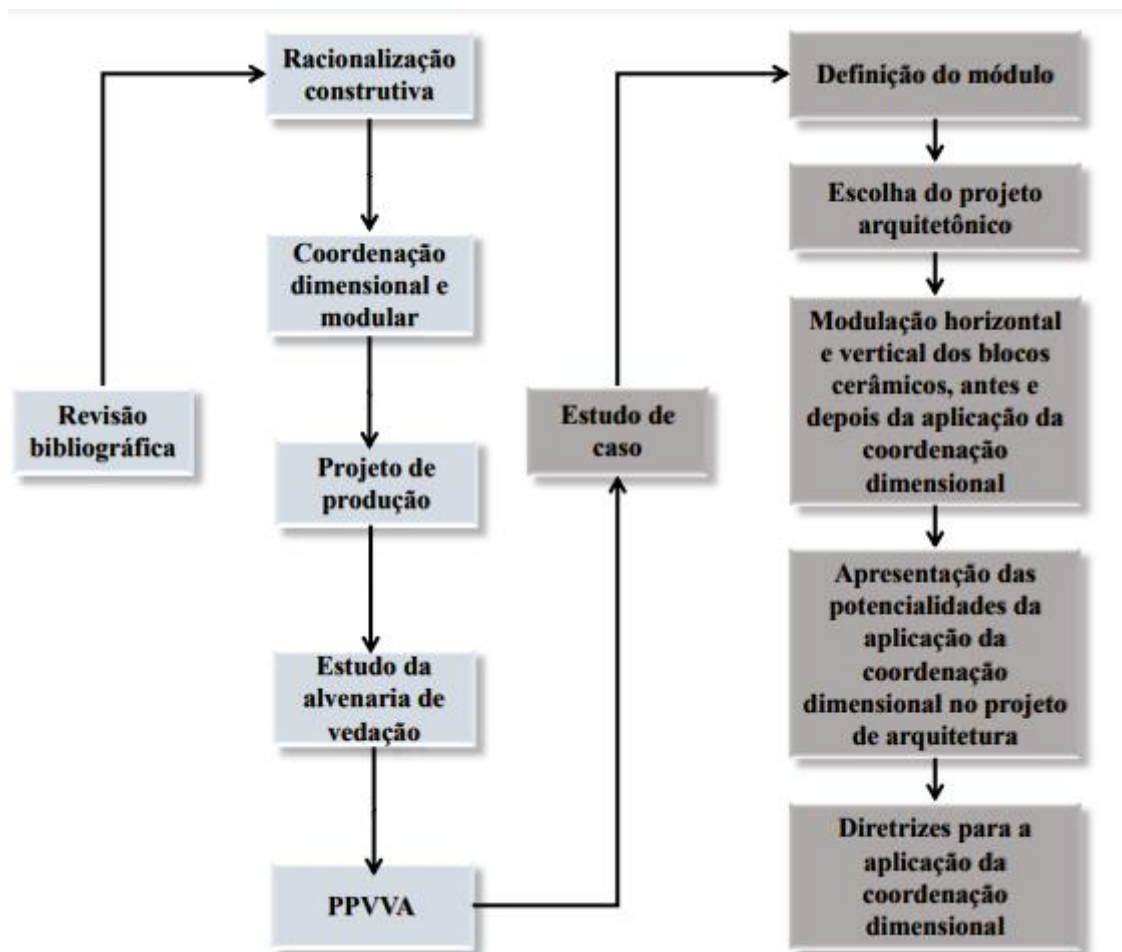
3.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Para a elaboração desta pesquisa, a metodologia adotada inicialmente foi a realização de uma pesquisa bibliográfica através de livros, artigos, monografias e dissertações, sobre os aspectos conceituais relacionados aos principais assuntos referentes ao tema, como a racionalização construtiva, coordenação modular e dimensional, projeto de produção, estudo da alvenaria de vedação de blocos cerâmicos com juntas de argamassa, e o PPVVA, fundamentando assim, o embasamento teórico necessário para o entendimento do tema pelo autor.

Após a conclusão do referencial teórico, dotado de um maior conhecimento a respeito dos objetivos esperados da pesquisa e possuindo as justificativas necessárias que explicam a relevância desta pesquisa para a racionalização da indústria da construção civil, foi realizado a segunda parte, que consiste no estudo de caso.

Este estudo de caso foi dividido em cinco etapas. Na Figura 3.1 a seguir é apresentado o resumo da metodologia adotada para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia adotada.



Fonte: Autoria própria (2021).

Na primeira etapa do estudo de caso, foi realizado um levantamento dos tijolos e blocos cerâmicos usualmente comercializados na região de Jataí Goiás, assim como também foi realizado a definição do bloco base para o estudo e a definição de suas dimensões modulares.

Depois na segunda etapa foi escolhido e descrito um projeto arquitetônico de um empreendimento que serviu de base para a aplicação dos conceitos tratados neste trabalho de conclusão de curso.

Já na terceira etapa, foi realizada a modulação horizontal e vertical dos blocos cerâmicos das alvenarias de um dos apartamentos do projeto arquitetônico escolhido. Essa modulação foi concebida em dois momentos distintos: antes e depois da aplicação dos conceitos da coordenação dimensional, tornando possível assim, ser realizado um comparativo das dimensões e áreas dos ambientes do projeto antes e depois da aplicação destes conceitos.

Para a aplicação dessa coordenação dimensional no projeto arquitetônico, pensando na modulação horizontal da primeira e segunda fiada dos blocos cerâmicos, adotou-se como medida diretiva para as alvenarias dos ambientes do projeto, medidas múltiplas de 15cm, referente a medida do meio bloco modular adotado.

Já para a modulação vertical, foram realizadas a modulação de três amostras de alvenarias do projeto, sendo uma alvenaria com a abertura de uma porta, outra com a abertura de uma janela e por fim uma parede cega (sem aberturas). Essa modulação vertical, teve como medida vertical diretiva, as medidas múltiplas de 20 cm, referente a medida da altura do bloco modular.

Tanto a modulação horizontal quanto a vertical dos blocos cerâmicos, foram concebidas através do *software* AutoCAD da Autodesk.

Na quarta etapa, foram apresentadas as potencialidades provindas dessa aplicação da coordenação dimensional no projeto de arquitetura.

E por fim, na quinta etapa foram apresentadas as diretrizes para a aplicação dessa coordenação dimensional no projeto arquitetônico.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados alcançados no estudo de caso deste trabalho de conclusão de curso. Inicialmente será exposto o levantamento dos tijolos e blocos cerâmicos usualmente comercializados na região de Jataí Goiás, assim como a definição do módulo base para o estudo. Em seguida será descrito o projeto arquitetônico escolhido para a aplicação dos conceitos desta pesquisa. Logo depois serão apresentadas as modulações das alvenarias do projeto arquitetônico escolhido antes e depois da aplicação dos conceitos da coordenação dimensional. Por fim, são apresentados os resultados da aplicação da coordenação dimensional no projeto arquitetônico e as diretrizes para a sua aplicação.

4.1 DEFINIÇÃO DO MÓDULO DE PROJETO

Para a definição do módulo de projeto, foi necessário realizar o levantamento dos tijolos e blocos cerâmicos usualmente comercializados na região de Jataí-Goiás. Após ser realizado o levantamento, chegou-se a seguinte Tabela 4.1 apresentada a seguir, lembrando que todos os fornecedores consultados fornecem para o município de Jataí-Goiás.

Tabela 4.1 - Levantamento dos tijolos e blocos cerâmicos comercializados na região de Jataí Goiás

Blocos LxHxC (cm)	Empresa	Cerâmica Rezende Maia	Cerâmica Progresso	Cerâmica Líder	Cerâmica Tapuia	HF Tijolos	Cerâmica SS
	Cidade	Mineiros	Mineiros	Jataí	Goiânia	Goiânia	Anápolis
9x14x24		x	x	x			x
9x14x29		x			x	x	
9x19x19					x	x	x
9x19x24		x	x	x			
9x19x29		x			x	x	
11,5x14x24		x	x	x	x	x	
11,5x14x29					x	x	
11,5x19x19					x	x	x
11,5x19x24		x					
11,5x19x29					x	x	
14x19x19					x		x
14x19x24		x					
14x19x29		x		x	x		x
19x19x29					x	x	

Fonte: Autoria própria (2021)

Para esse levantamento foi realizado uma consulta nas lojas de materiais de construções e olarias da região, com o intuito de descobrir os tipos e dimensões dos tijolos e blocos cerâmicos produzidos e comercializados. Vale lembrar que esses elementos possuem critérios de aceitação conforme descrito na revisão bibliográfica, e precisam atender a alguns requisitos gerais e específicos determinados pela norma NBR15270-1. Porém a caracterização não é o objeto de estudo dessa pesquisa.

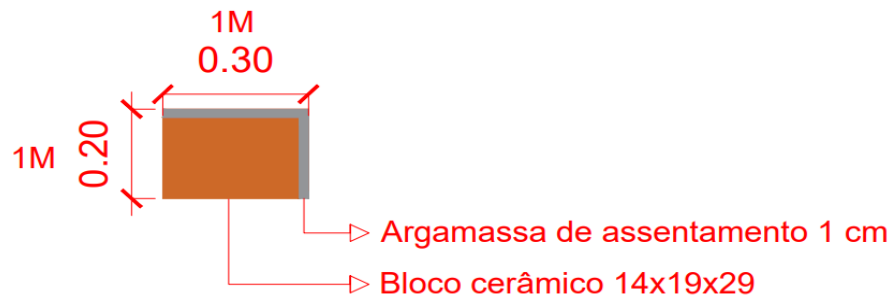
Vale ressaltar que, para a produção de alvenarias racionalizadas, existem os blocos específicos para esse fim, que segundo a ABNT (2017) são os componentes da alvenaria que possuem os furos perpendiculares às faces que os contêm, produzidos para ser assentados com os furos na vertical, facilitando assim a passagem dos elementos dos subsistemas que fazem interface com a alvenaria, como eletrodutos, encanação, tubos de ar condicionado etc, sem a necessidade de realizar cortes na alvenaria, porém esses blocos não são comercializados na região, por isso não foram considerados para o estudo.

Contudo, através do levantamento dos elementos cerâmicos das alvenarias de vedação e analisando a planta baixa do projeto arquitetônico escolhido, definiu-se como módulo base para o estudo o bloco cerâmico de vedação 14X19x29 cm, devido este bloco possuir medidas modulares de largura e comprimento múltiplas e por se tratar de um bloco usualmente comercializados na região.

Para se obter a medida modular do bloco, foi realizado um ajuste de coordenação, que segundo a ABNT NBR 15873:2010 - Coordenação modular para edificações, consiste na “diferença entre a medida nominal e a medida de coordenação correspondente. O ajuste de coordenação garante espaço para deformações, tolerâncias e materiais de união quando for o caso”. Então para chegar na medida modular do bloco escolhido para o estudo, será acrescido a sua medida nominal uma folga perimetral de 1 cm que será preenchida por argamassa de assentamento, conforme demonstrado na equação abaixo. Na Figura 4.1 é exemplificada essa formula:

$$\text{Medida modular do bloco} = \text{Medida nominal do bloco} + 1 \text{ cm} \quad (1)$$

Figura 4.1 Composição do módulo base

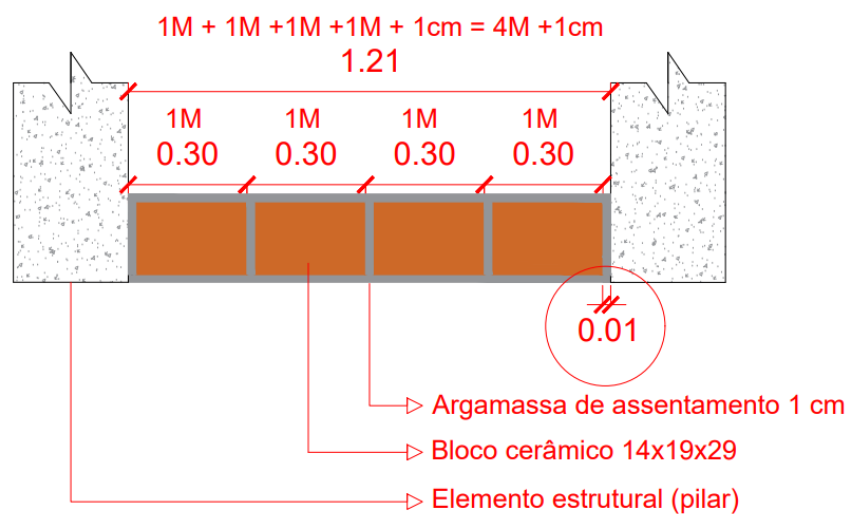


Fonte: Autoria própria (2021)

Já para edificações coordenadas modularmente os espaços de coordenação dos vãos serão sempre o número de blocos modulares mais a espessura de 1 cm destinada para a última junta vertical. Sendo que: n corresponde à quantidade de módulos necessários no vão. Na Figura 4.2 é exemplificada essa fórmula:

$$\text{Medida de um vão modular} = n \times \text{Medida modular do bloco} + 1 \text{ cm} \quad (2)$$

Figura 4.2 Composição de um vão modular



Fonte: Autoria própria (2021)

De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – Fundação Euclides Cunha (ABDI-FEC) (2009), vale ressaltar que:

a diferença de 1 cm entre a medida nominal e a medida modular de um vão em alvenarias de blocos de concreto ou cerâmicos não pode ser considerada ‘disponível à vedação’, pois ela existe não apenas para a junta de argamassa mas também para absorver tolerâncias de fabricação, marcação e montagem dos blocos. (ABDI-FEC, 2009, p.47)

Sendo assim, os blocos escolhidos para o estudo terão as seguintes medidas modulares especificadas na Tabela 4.2:

Tabela 4.2 - Dimensões modulares do bloco base para o estudo

Bloco	Dimensões nominais (cm)			Espessura de argamassa (cm)	Dimensões coordenadas (cm)		
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)		Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)
Inteiro	14	19	29	1	15	20	30
Meio Bloco	14	19	14		15	20	15

Fonte: Autoria própria (2021)

4.2 DEFINIÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO

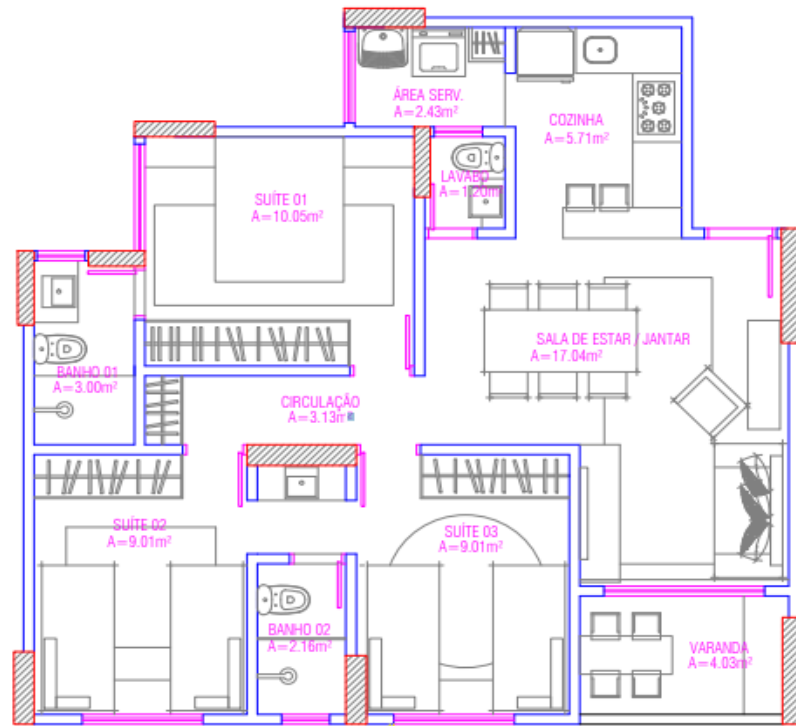
O projeto arquitetônico obtido para o estudo consiste em um projeto de um empreendimento composto por três edifícios residenciais localizados na região metropolitana de Goiânia, com área total construída igual a 37.757,21 m², distribuídos em três torres, totalizando 288 unidades habitacionais, sendo que cada torre possui vinte e quatro pavimentos tipos, além de mezanino, térreo, subsolo e cobertura.

Todas as torres possuem as mesmas características internas dos pavimentos tipos, sendo constituídos de quatro apartamentos, sendo dois deles de duas suítes, com área de 64,2 m² cada e dois de três suítes, de 76,3 m² cada, além do hall dos elevadores, totalizando assim 362,9 m² de área construída por pavimento tipo.

A obra tem sua estrutura caracterizada por pilares, vigas e lajes de concreto armado e a vedação sendo com alvenaria de blocos cerâmicos (o prédio é estruturado e as paredes só têm a função de vedação).

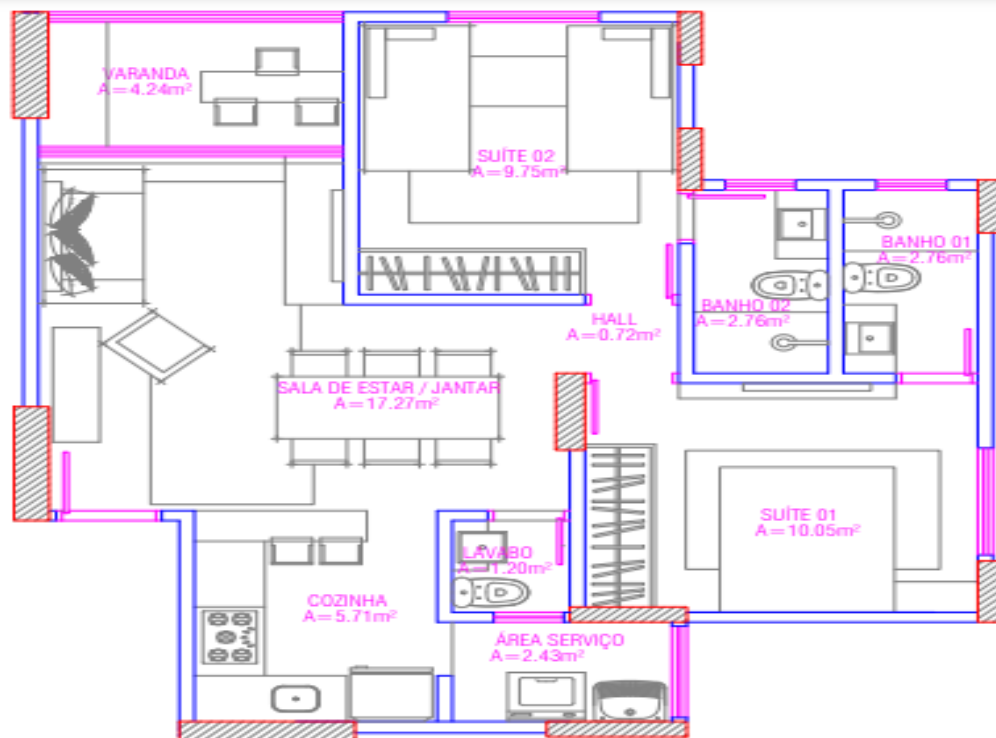
Os layouts dos apartamentos que contem três suítes (Figura 4.3), duas suítes (Figura 4.4) e a planta do pavimento tipo do empreendimento (Figura 4.5), estão apresentados a seguir.

Figura 4.3 - Planta layout do apartamento que contém três suítes



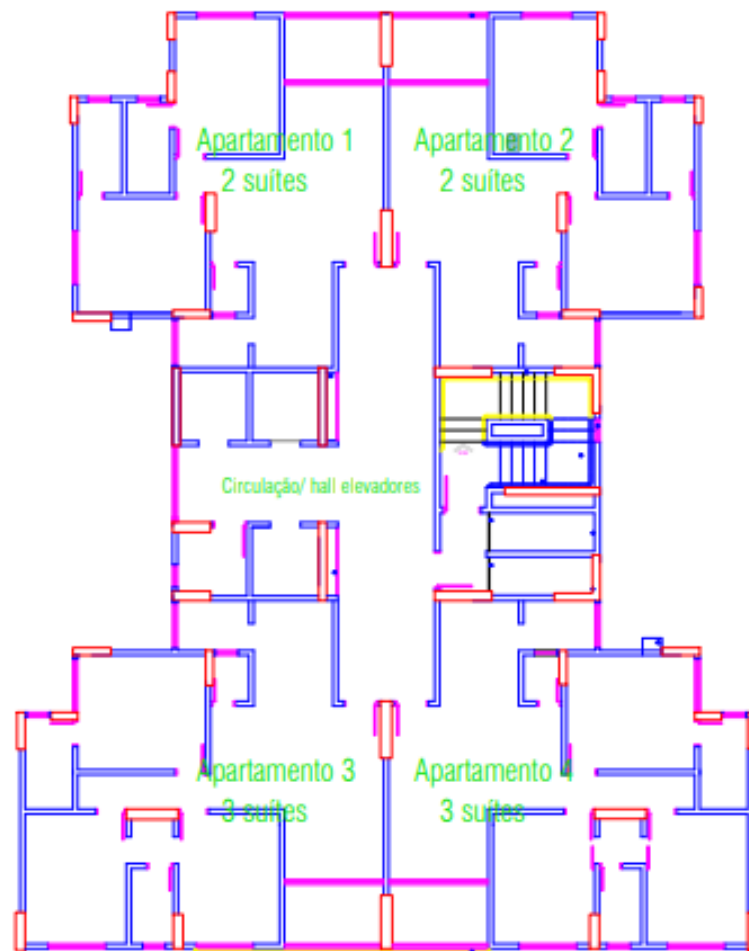
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 4.4 - Planta layout do apartamento que contém duas suítes



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 4.5 - Planta do pavimento tipo do empreendimento



Fonte: Autoria própria (2021)

Para esse estudo, os conceitos aqui tratados serão aplicados nas alvenarias do apartamento que possui três suítes.

4.3 LANÇAMENTO DA MODULAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL

A norma ABNT NBR 13531/1995 – Elaboração de projetos de edificação, fixa as atividades técnicas para a elaboração de projetos de arquitetura e de engenharia exigíveis para a construção de edificações, e propõe a seguinte sequência de elaboração de projeto: levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto básico e projeto executivo, cuja definições estão na Tabela 4.3 a seguir.

Tabela 4.3 Atividades técnicas para a elaboração de projetos de arquitetura e de engenharia

ETAPA	DESCRIÇÃO
Levantamento	Coleta de informações de referência que representem as condições preexistentes, de interesse para instruir a elaboração do projeto;
Programa de necessidades	Determinação das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho (necessidades e expectativas dos usuários) a serem satisfeitas pela edificação a ser concebida;
Estudo de Viabilidade	Elaboração de análise e avaliações para seleção e recomendação de alternativas para a concepção da edificação e de seus elementos, instalações e componentes;
Estudo Preliminar	Concepção e representação do conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, necessários à compreensão da configuração da edificação, podendo incluir soluções alternativas;
Anteprojeto	Concepção e representação das informações técnicas provisórias de detalhamento da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, necessárias ao inter-relacionamento das atividades técnicas de projeto e suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos e de prazos dos serviços de obra implicados;
Projeto legal	Representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação, pelas autoridades competentes, da concepção da edificação e de seus elementos e instalações, com base nas exigências do alvará ou das licenças e demais documentos indispensáveis para as atividades de construção;
Projeto Básico	Etapa opcional destinada à concepção e à representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, ainda não completas ou definitivas, mas consideradas compatíveis com os projetos básicos das atividades técnicas necessárias e suficientes à licitação (contratação) dos serviços de obra correspondentes;
Projeto Executivo	Concepção e representação final das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, completas, definitivas, necessárias e suficientes à licitação (contratação) e à execução dos serviços de obra correspondentes.

Fonte: Autoria própria (2021)

Portanto, para a viabilização desse estudo da influência da aplicação da coordenação dimensional no projeto de arquitetura para a racionalização construtiva, faz-se necessário a aplicação dos conceitos tratados neste trabalho nas etapas do estudo de viabilidade, estudo preliminar e anteprojeto. Já que são nessas fases que os efeitos destes conceitos implicarão para a racionalização construtiva sem afetar as outras etapas e os projetos complementares do empreendimento.

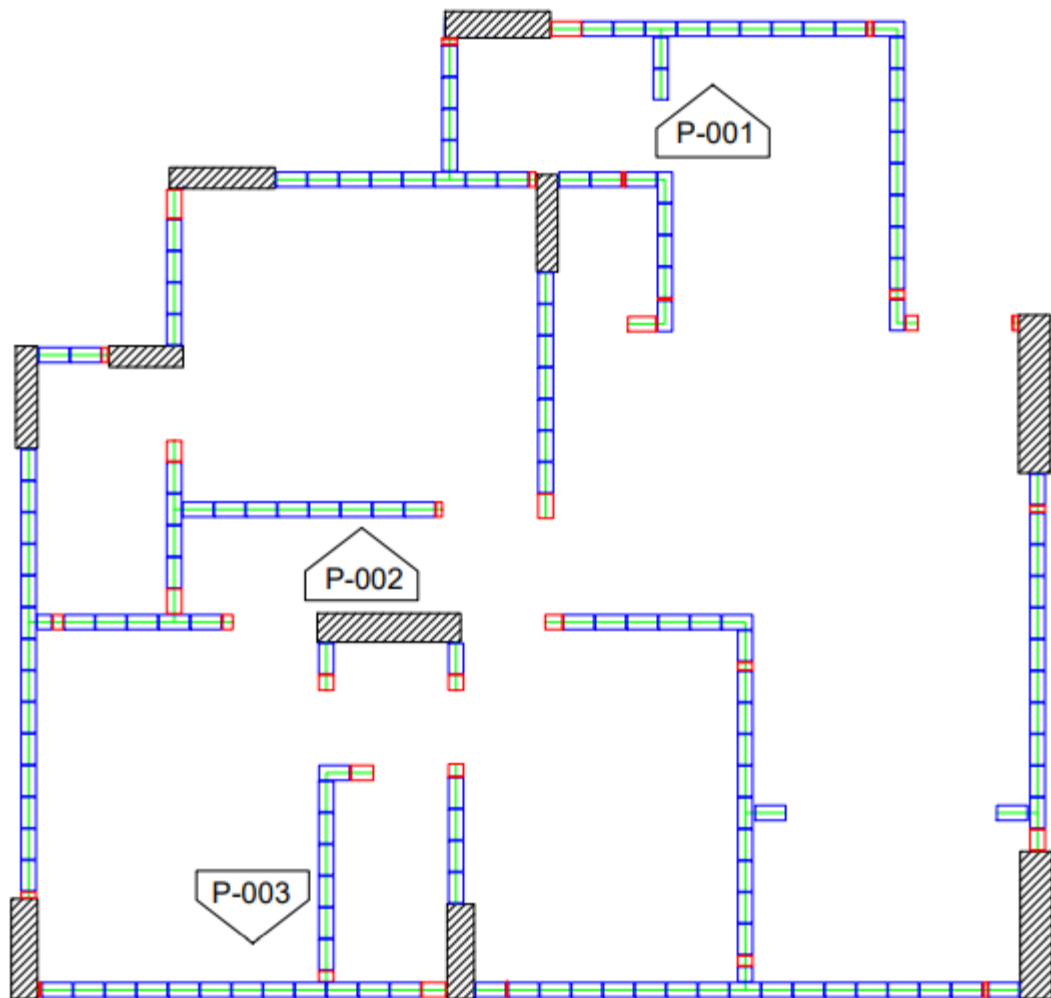
Pois, para a fase do estudo de viabilidade, faz-se necessário um levantamento prévio dos elementos cerâmicos normatizados disponíveis na região e passíveis de serem utilizados nos projetos coordenados. Já para a fase do estudo preliminar necessita-se adotar como ferramenta diretiva de projeto um “pensar modular”, adotando assim medidas horizontais e verticais de vãos coordenados, já que é nessa fase que são concebidos os primeiros esboços e croquis do projeto. E por fim, na fase de anteprojeto, que é a etapa destinada à concepção e representação da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, é essencial adotar componentes e elementos construtivos (esquadrias, pilar, viga e etc.) os quais as medidas sejam múltiplas das

medidas modulares dos elementos cerâmicos adotados, afim de evitar incompatibilidades de medidas.

Então, após a definição do projeto arquitetônico e do módulo base para o estudo, foram aplicados os conceitos da coordenação dimensional e da racionalização construtiva no projeto arquitetônico, levando em consideração as medidas modulares do bloco.

Para isso, primeiramente foi realizado a modulação horizontal da primeira e segunda fiada dos blocos das alvenarias do projeto arquitetônico, sem a aplicação da coordenação dimensional, sendo assim possível detectar todas as incompatibilidades de medidas no projeto. Vale ressaltar que, nessa etapa, os vãos das alvenarias ficaram limitados ao lançamento dos elementos estruturais do projeto original. Essa modulação horizontal da primeira e segunda fiada dos blocos de alvenaria constam nas Figura 4.6 e Figura 4.7, respectivamente.

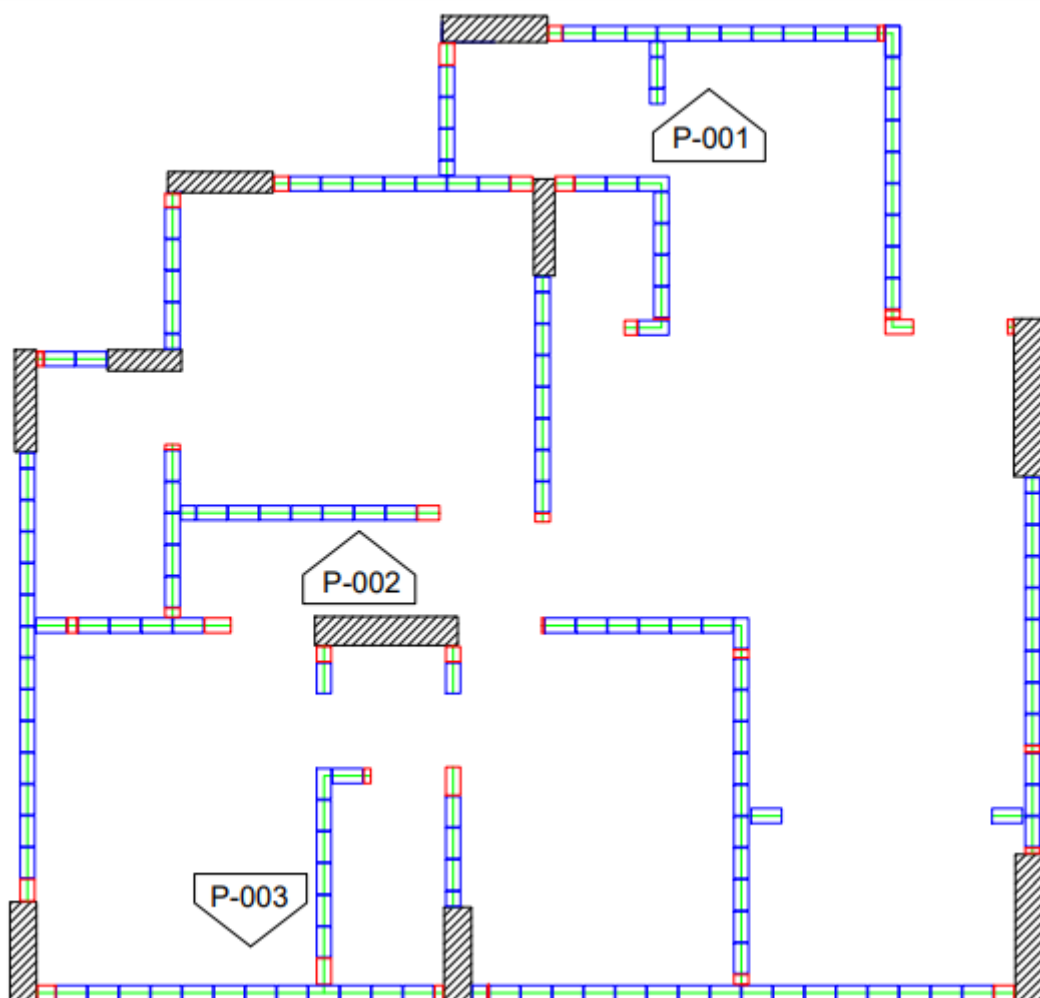
Figura 4.6 - Modulação horizontal da primeira fiada dos blocos, sem a aplicação da coordenação dimensional



Fonte: Autoria própria (2021)

Para o entendimento das modulações a seguir, vale ressaltar que, os blocos na cor azul correspondem aos blocos inteiros (14x19x29) e meios blocos (14x19x14), já os blocos na cor vermelha, são os blocos que necessitaram de recortes e não seguem uma medida padrão.

Figura 4.7 - Modulação horizontal da segunda fiada dos blocos, sem a aplicação da coordenação dimensional



Fonte: Autoria própria (2021)

Em seguida, dotado dos conceitos da coordenação dimensional, da racionalização construtiva e já sabendo das incompatibilidades de medidas do projeto original, foi realizado a segunda modulação com a aplicação da coordenação dimensional no projeto de arquitetura, de tal forma que não alterasse significativamente as dimensões e as áreas dos ambientes do projeto original.

Nessa etapa do estudo, houve deslocamentos e alterações das seções dos elementos estruturais, para que fosse possível modular as alvenarias sem incompatibilidades de medidas, por isso foi enfatizado no início desse tópico que estes conceitos devem ser aplicados nas etapas do estudo de viabilidade, estudo preliminar e no anteprojeto.

Uma dificuldade encontrada na hora da modulação, foi em relação as amarrações entre as alvenarias do tipo “T” e em tipo “cruz”, pois o mais comum e ideal devido a distribuição das tensões, são as ligações por amarração dos blocos, porém como visto no levantamento dos blocos cerâmicos na região do município de Jataí-Goiás, no comércio de blocos cerâmicos para alvenarias de vedação, são encontrados apenas os blocos inteiros e meio blocos, não sendo possível assim, fazer a modulação sem cortes ou sem a utilização de blocos compensadores, como nas alvenarias estruturais, pois nas alvenarias estruturais além dos meio blocos e blocos inteiros, encontra-se os blocos de amarrações, que são blocos especiais e maiores, como ilustrado na Figura 4.8. Porém uma solução eficiente para essas situações é o emprego de telas metálicas eletrossoldadas, as quais permitem a realização da modulação da alvenaria de vedação sem cortes e sem a utilização de blocos compensadores. Vale destacar ainda que, para as ligações entre as alvenarias do tipo “L”, apenas com os blocos inteiros e meio blocos foi possível realizar a modulação.

Figura 4.8 - Amarração entre alvenarias do tipo “cruz”, tipo “L” e tipo “T”.



Fonte: MONTEIRO (2011)

Vale destacar ainda que, para a realização dessas etapas para a concepção do projeto arquitetônico, é imprescindível a comunicação entre todos os projetistas envolvidos no processo, como os projetistas responsáveis pelo projeto arquitetônico, estrutural, elétrico, hidrossanitários e etc.

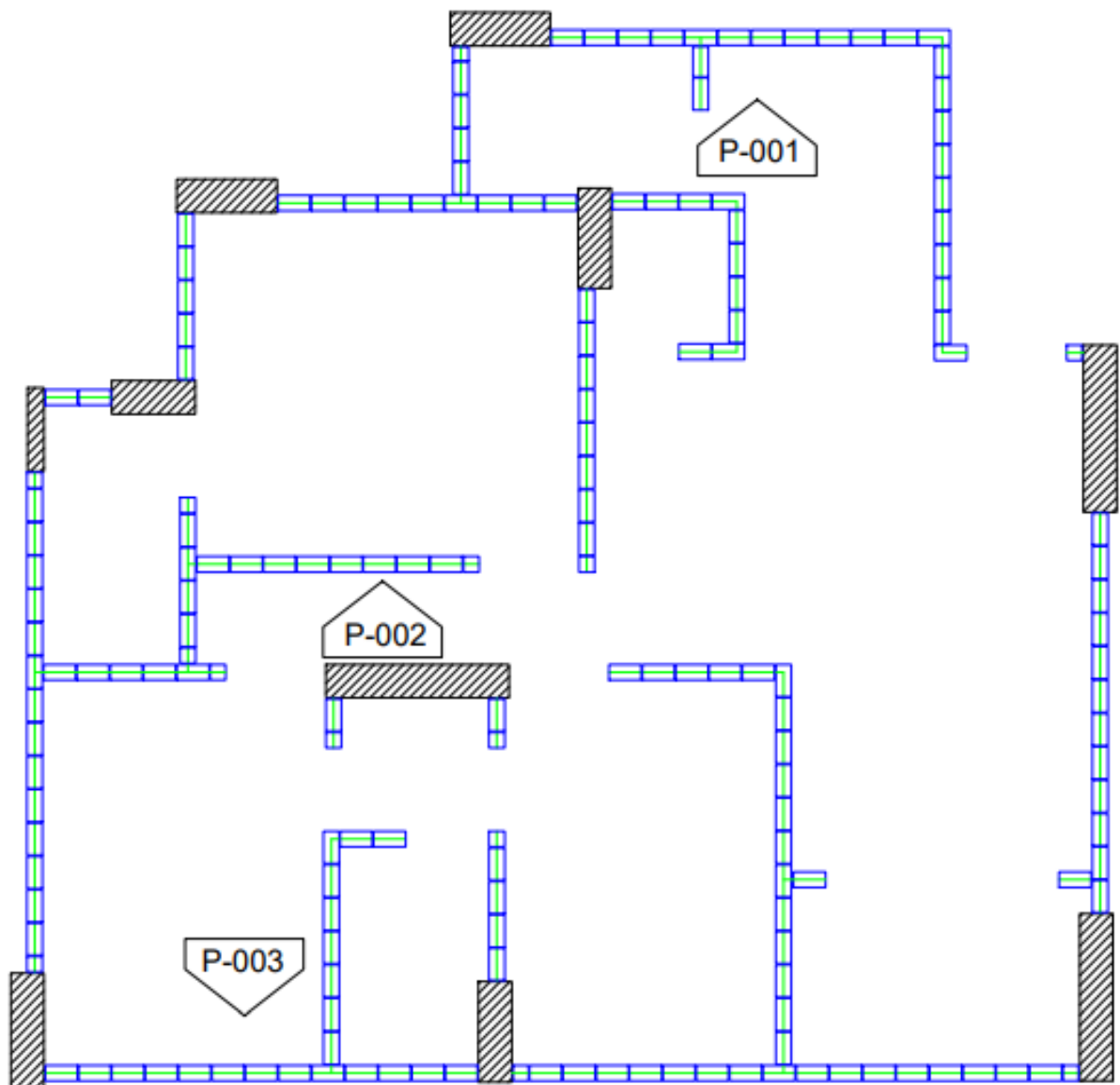
Um meio eficiente de realizar essa comunicação entre os projetistas e realizar a compatibilização entre os elementos dos diversos subsistemas que fazem interface com as alvenarias, são as ferramentas disponíveis da tecnologia BIM, a qual facilitará na detecção das possíveis incompatibilidades.

Porém, como esse estudo contempla apenas as fases do estudo de viabilidade, estudo preliminar e anteprojeto, não foram utilizadas essas ferramentas provenientes da tecnologia BIM, porém foram estabelecidas diretrizes para a realização dos projetos complementares, afim de evitar essas possíveis incompatibilidades dimensionais.

No caso especial do projeto estrutural, o projetista terá que ter como diretriz para a concepção dos elementos estruturais as medidas modulares dos blocos, tanto as medidas horizontais como as verticais.

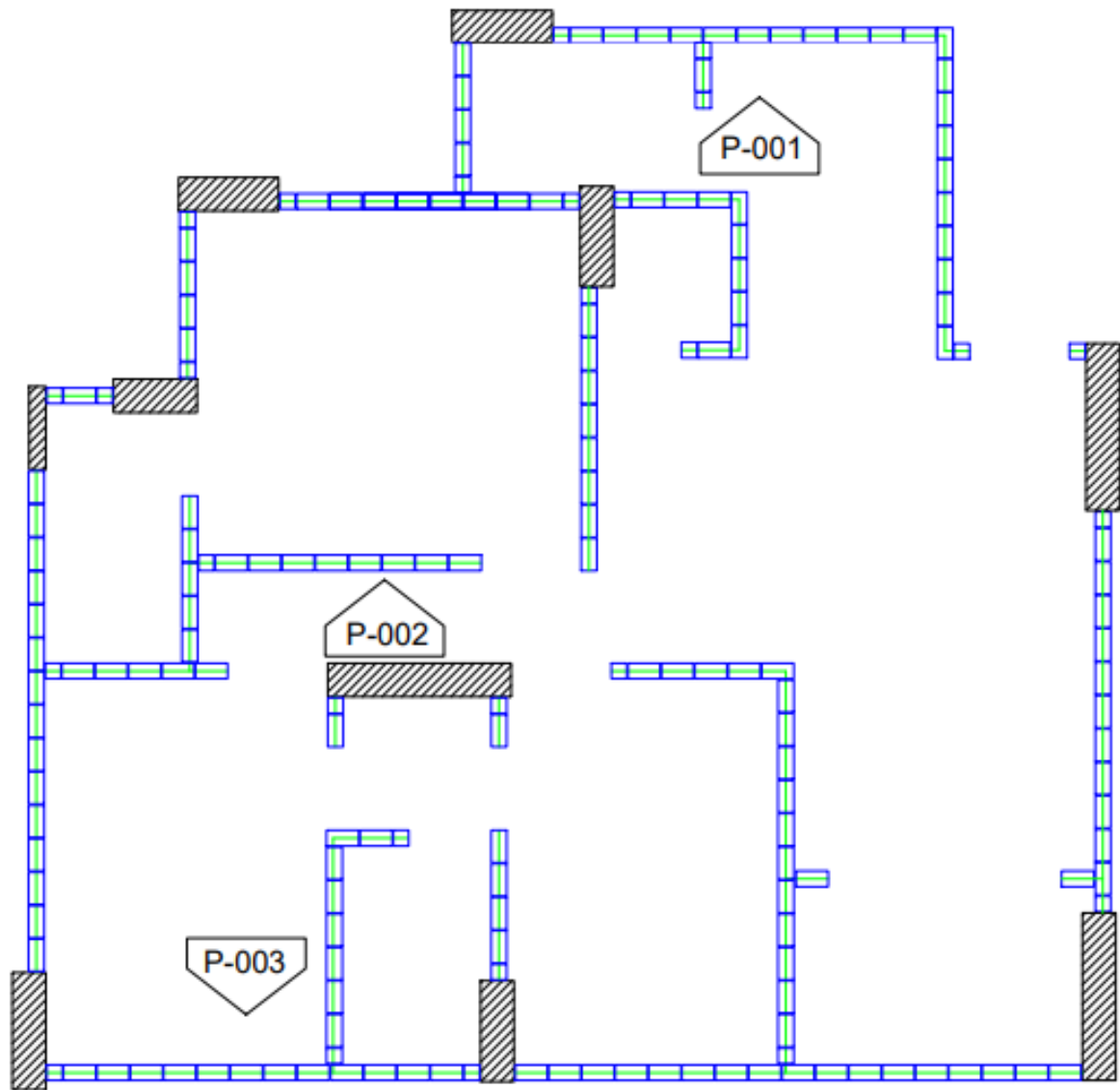
Então após a aplicação dos conceitos tratados nessa pesquisa, chegou-se nas seguintes modulações horizontais da primeira e segunda fiada dos blocos cerâmicos, apresentadas nas Figura 4.9 e Figura 4.10 a seguir:

Figura 4.9 - Modulação horizontal da primeira fiada dos blocos, com a aplicação da coordenação dimensional



Fonte: Autoria própria (2021)

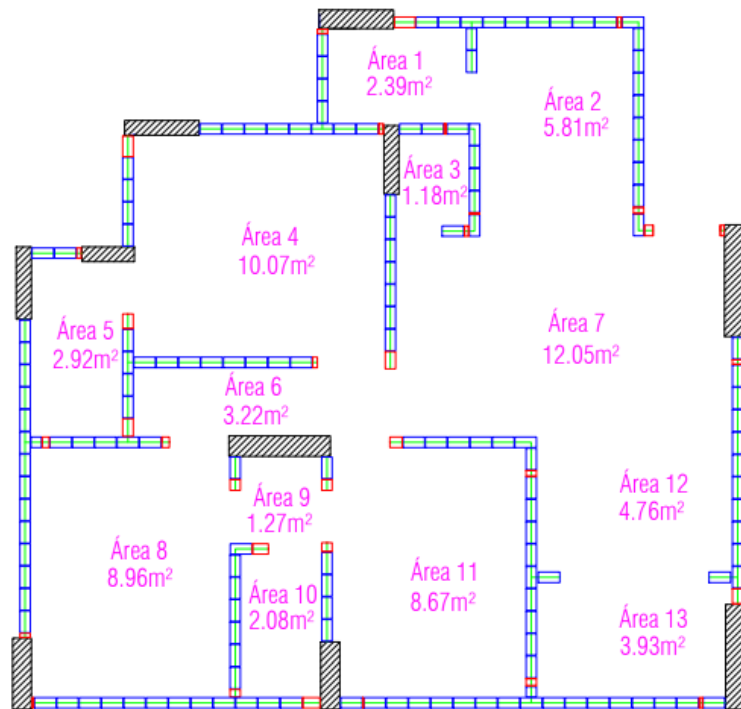
Figura 4.10 - Modulação horizontal da segunda fiada dos blocos, com a aplicação da coordenação dimensional



Fonte: Autoria própria (2021)

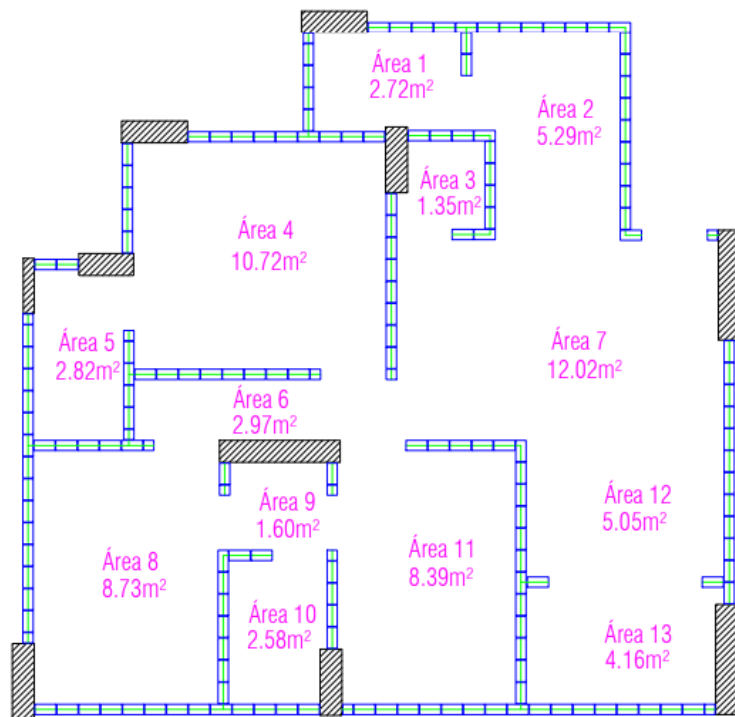
Nas Figuras 4.11 a 4.14 a seguir, são apresentadas as dimensões e as áreas dos ambientes do projeto arquitetônico antes e depois da aplicação da coordenação dimensional.

Figura 4.13 - Áreas dos ambientes da planta de modulação da primeira fiada dos blocos sem coordenação



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 4.14 - Áreas dos ambientes da planta de modulação da primeira fiada dos blocos com coordenação



Fonte: Autoria própria (2021)

Após ser realizado o comparativo das áreas dos ambientes do projeto antes e depois da aplicação da coordenação dimensional, percebe-se que as diferenças entre as respectivas áreas são

pequenas, sendo que a diferença total entre os projetos é de 1,09m², não sendo assim, uma diferença expressiva, tornando possível a aplicação desses conceitos. Na

Tabela 4.4 é apresentado a diferença das respectivas áreas do projeto.

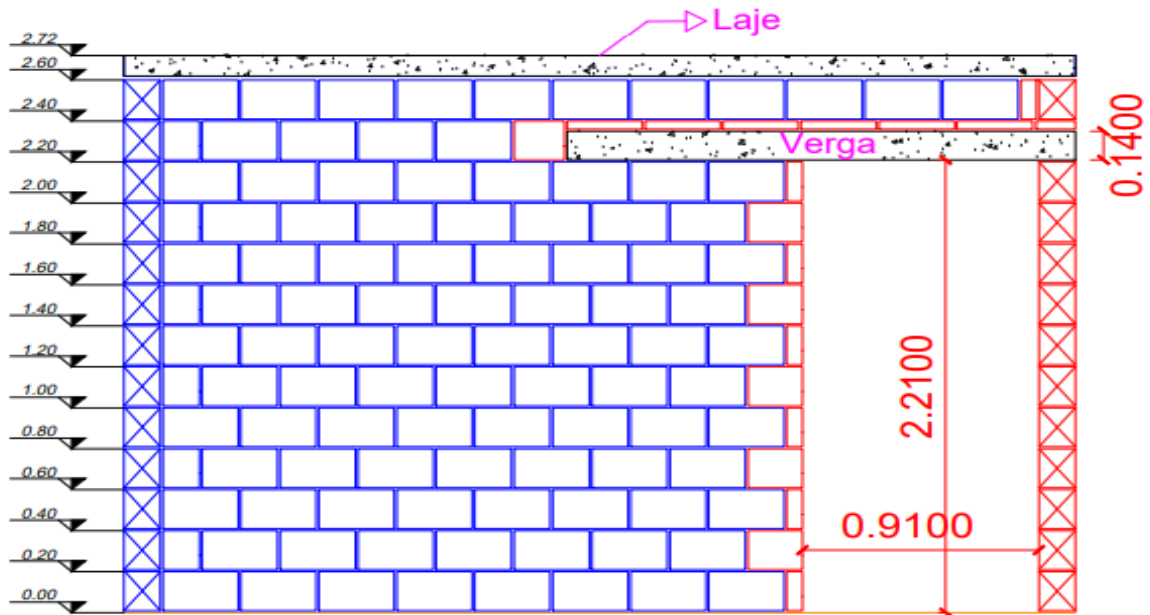
Tabela 4.4 - Comparativo das áreas dos ambientes das plantas de modulação antes e depois da aplicação da coordenação dimensional

Comparativo de áreas			
Ambiente	Antes da coordenação	Depois da coordenação	Diferença(m²) A2-A1
	Área A1 (m²)	Área A2 (m²)	
Área 1	2,39	2,72	0,33
Área 2	5,81	5,29	-0,52
Área 3	1,18	1,35	0,17
Área 4	10,07	10,72	0,65
Área 5	2,92	2,82	-0,1
Área 6	3,22	2,97	-0,25
Área 7	12,05	12,02	-0,03
Área 8	8,96	8,73	-0,23
Área 9	1,27	1,6	0,33
Área 10	2,08	2,58	0,5
Área 11	8,67	8,39	-0,28
Área 12	4,76	5,05	0,29
Área 13	3,93	4,16	0,23
Diferença total (m ²)			1,09

Fonte: Autoria própria (2021)

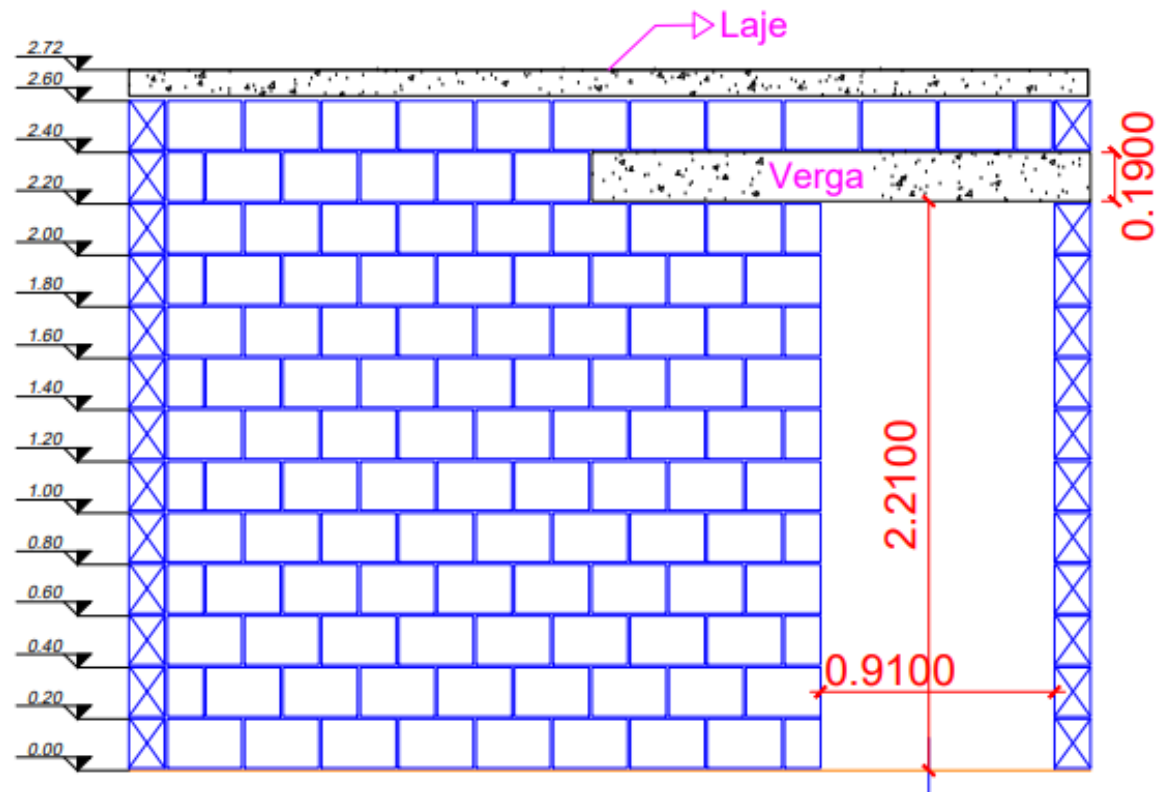
A seguir são apresentadas as modulações verticais de três alvenarias distintas do projeto, antes e depois da aplicação da coordenação. Para esse estudo da coordenação dimensional foram escolhidas como amostras, uma alvenaria com a abertura de uma porta (Figura 4.15), outra com a abertura de uma janela (Figura 4.16 e Figura 4.17), e por fim uma parede cega (sem aberturas), representadas nas Figura 4.18 e Figura 4.19.

Figura 4.15 - Modulação vertical da alvenaria P-002 sem coordenação



Fonte: Autoria própria (2021)

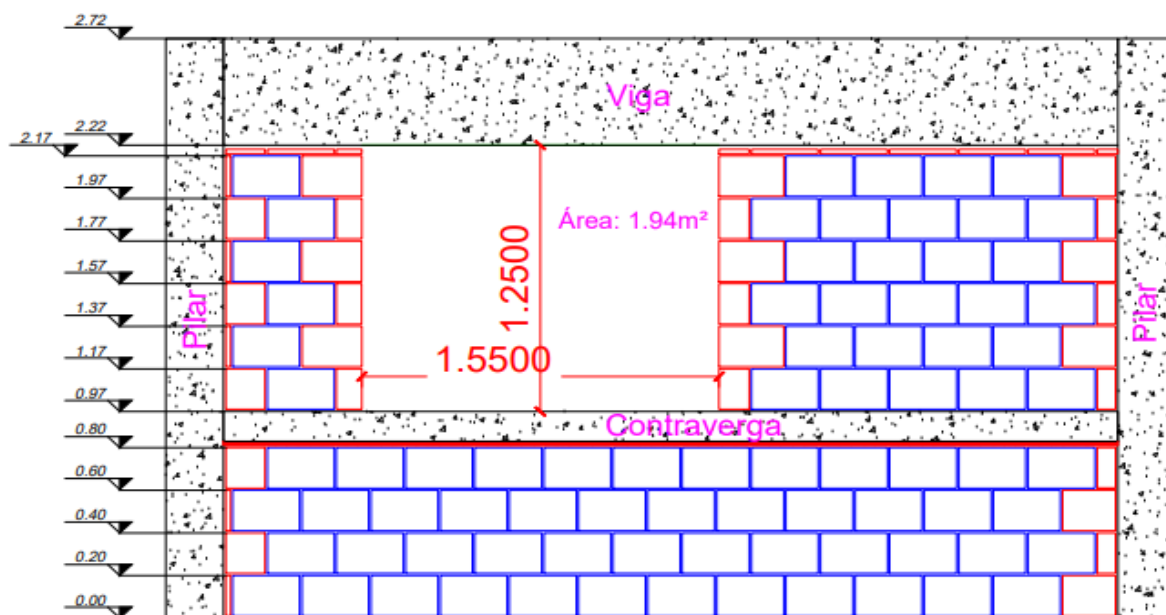
Figura 4.16 - Modulação vertical da alvenaria P-002 com coordenação



Fonte: Autoria própria (2021)

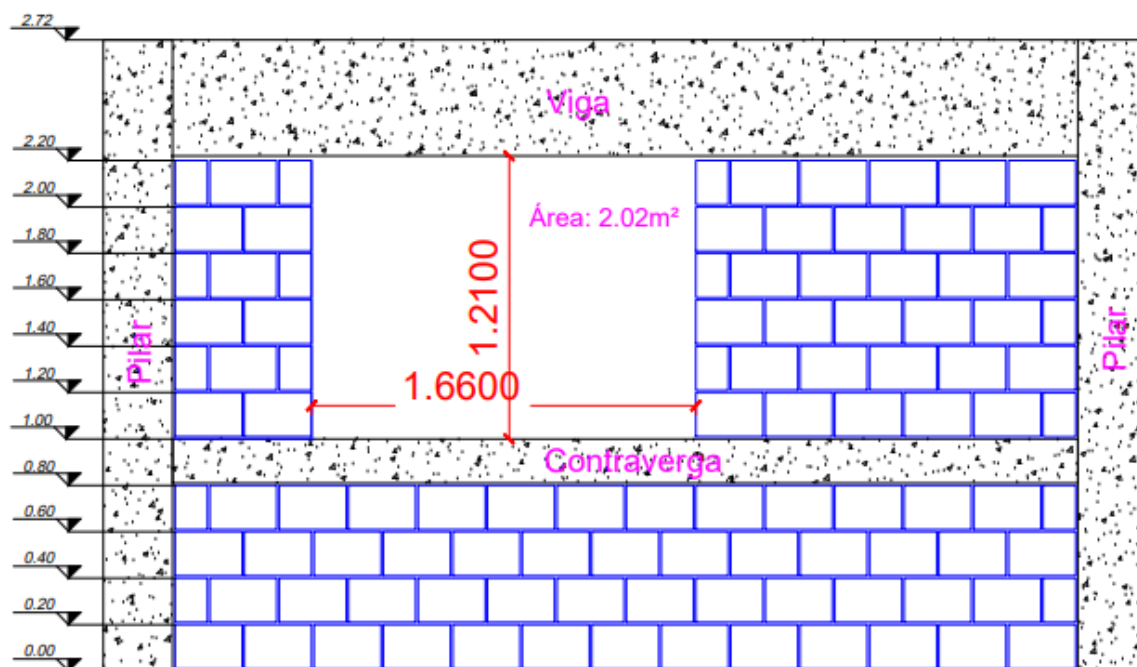
Nota-se que nessa alvenaria P-002 antes e depois da aplicação da coordenação dimensional a altura do pé direito e as dimensões do vão da porta permaneceram as mesmas, porém houve alterações nas dimensões da verga e alteração no comprimento da alvenaria.

Figura 4.17 - Modulação vertical da alvenaria P-003 sem coordenação



Fonte: Autoria própria (2021)

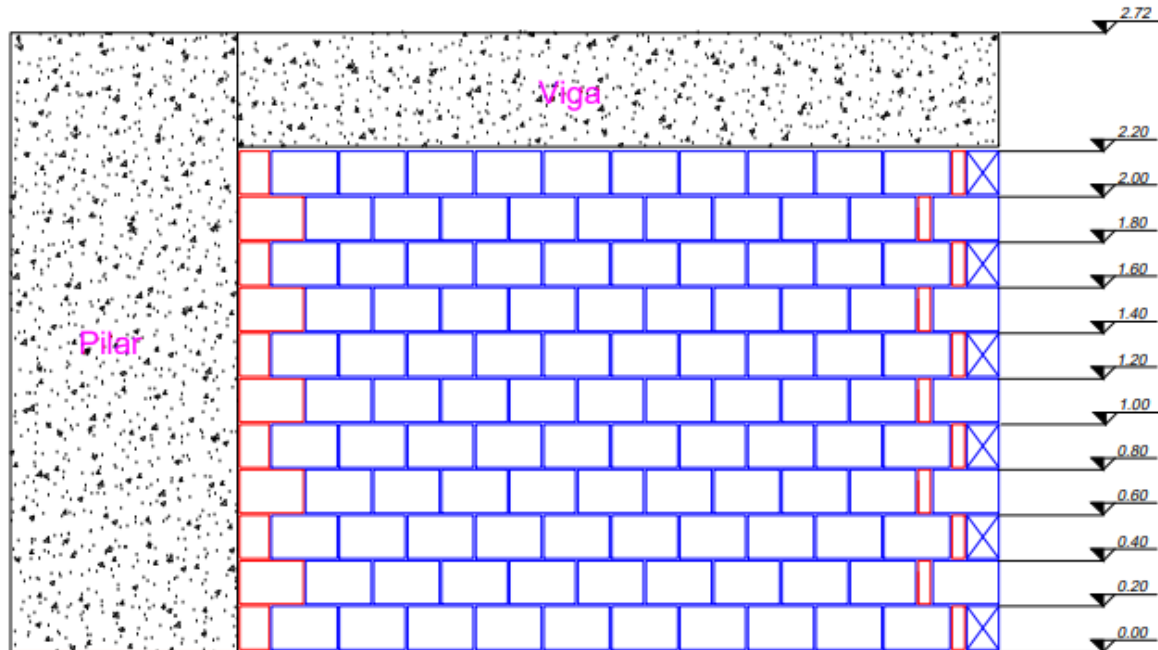
Figura 4.18 - Modulação vertical da alvenaria P-003 com coordenação



Fonte: Autoria própria (2021)

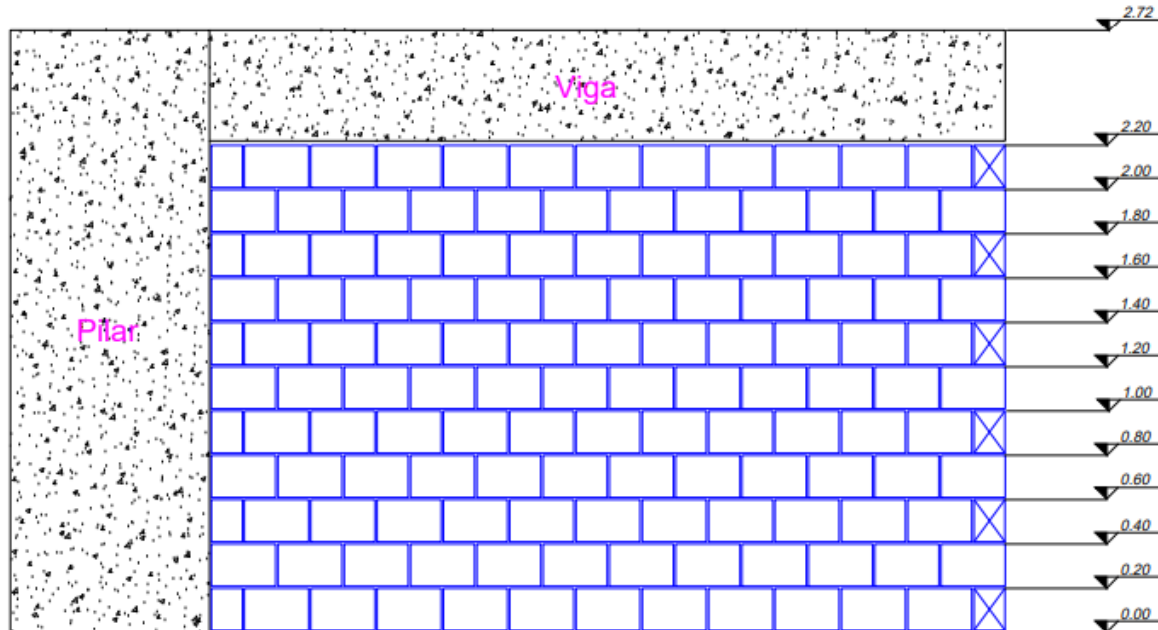
Já na modulação vertical da alvenaria P-003, percebe-se que para a aplicação dos conceitos da coordenação dimensional houve alterações nas dimensões da janela, da contraverga e dos pilares, tendo também alteração no comprimento da alvenaria, não havendo alteração na altura do pé-direito e nem da altura da viga.

Figura 4.19 - Modulação vertical da alvenaria P-001 sem coordenação



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 4.20 - Modulação vertical da alvenaria P-001 com coordenação



Fonte: Autoria própria (2021)

E por fim na modulação vertical da alvenaria P-001, houve alterações nas dimensões do pilar, e no comprimento da alvenaria, mantendo a mesma altura do pé direito e a altura da viga.

Portanto, tanto na modulação horizontal da primeira e segunda fiada, e na modulação vertical das alvenarias, percebe-se um grande número de incompatibilidades de medidas quando não há a aplicação da coordenação dimensional, as quais gerariam desperdícios de matérias e mão de

obra e gerariam um grande volume de entulhos. Pois para se conseguir as medidas dos blocos as quais não são as medidas do bloco inteiro ou meio bloco, é necessário o corte do bloco, onde muitas das vezes é realizado de forma manual e sem precisão, gerando assim um elevado consumo de blocos cerâmicos. Ainda vale ressaltar, que mesmo quando esses cortes são feitos de forma automatizadas, a rebarba (parte do bloco que sobra) muita das vezes não possui medidas compatíveis para serem utilizadas, sendo assim descartadas.

4.4 POTENCIALIDADES DA APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO DIMENSIONAL NO PROJETO DE ARQUITETURA

A aplicação da coordenação dimensional nas fases iniciais da concepção do projeto arquitetônico, faz com que ocorra previamente tomadas de decisões sistêmicas, prevenindo assim, incertezas na hora da execução das alvenarias, ocorrendo, portanto, uma otimização de todo o processo.

Estes ajustes dimensionais baseados no emprego de um módulo base, tornam eficiente a produção, tendo assim, como consequência o aumento da produtividade.

Dentro dessa otimização do processo de produção das alvenarias, podemos destacar a redução de custos com blocos cerâmicos, já que com os ajustes dimensionais, a modulação da primeira e segunda fiada e as elevações das alvenarias não necessitaram de recortes de blocos, logo não haverá grandes índices de desperdícios. E como consequência disso haverá um melhor aproveitamento da mão de obra, podendo assim obter redução de custo e tempo de execução da alvenaria, além das melhorias relacionadas a sustentabilidade, já que os índices de geração de resíduos reduziram consideravelmente.

Vale destacar ainda que dentre as potencialidades da aplicação da coordenação dimensional no projeto arquitetônico, há a padronização dos blocos cerâmicos que serão utilizados para a produção das alvenarias do empreendimento, já que não será mais necessário a compra de diversos blocos compensadores para a realização da modulação.

4.5 DIRETRIZES PARA A APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO DIMENSIONAL NO PROJETO DE ARQUITETURA

Como diretriz para a aplicação da coordenação dimensional no projeto arquitetônico, primeiramente, ainda na fase do estudo de viabilidade, deve-se realizar a escolha do bloco

cerâmico a ser adotado para o empreendimento, e em seguida obter suas medidas modulares. Para isso recomenda-se utilizar a Equação 1 apresentada no item 4.1.

Posteriormente, recomenda-se na fase de estudo preliminar do projeto, adotar um “pensar modular” para a definição das dimensões dos vãos do projeto, e para isso deve-se adotar como medida diretiva dos vãos na horizontal, a medida de comprimento do meio bloco modular, e como medida diretiva dos vãos na vertical a altura modular do bloco, lembrando ainda que para adquirir o comprimento do vão modular deve-se adicionar 1cm correspondente a medida da junta de argamassa. Portanto, recomenda-se utilizar a Equação 2, apresentada no item 4.1.

Após essa etapa e já na fase de anteprojeto, deve-se adotar elementos e componentes da edificação (portas, janelas, vergas contravergas, vigas, pilares e etc) que possuem medidas múltiplas das medidas modulares do bloco cerâmico escolhido para o projeto, pois isso fará com que não ocorra incompatibilidades de medidas na hora de execução.

Recomenda-se definir diretrizes dimensionais para os projetistas complementares, podendo assim evitar problemas futuros de incompatibilidades de medidas. Portanto, é imprescindível para as próximas etapas da concepção do projeto arquitetônico, a comunicação entre todos os projetistas envolvidos para a concepção dos projetos do empreendimento, por isso recomenda-se a utilização da tecnologia BIM para essa interoperabilidade das informações.

CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais quanto ao cumprimento dos objetivos propostos neste trabalho de conclusão de curso. Ao final do capítulo, são feitas sugestões para trabalhos futuros, temas que se correlacionam a este ou que dão continuidade a esta pesquisa.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral proposto por este trabalho de conclusão de curso, foi o de estudar a aplicação da coordenação dimensional no projeto de arquitetura e analisar seus efeitos para a racionalização construtiva. Este trabalho partiu do pressuposto que a implantação desta coordenação dimensional no projeto arquitetônico teria um impacto positivo para evitar incompatibilidades de medidas na hora da execução, podendo assim aumentar a produtividade da mão de obra, reduzir o consumo e desperdício de blocos cerâmicos e diminuir a geração de resíduos nos canteiros de obras. Portanto, para a realização deste trabalho, fez-se o uso de uma revisão bibliográfica e de um estudo de caso único como estratégia de pesquisa.

Com vistas a alcançar o objetivo da pesquisa, pode-se considerar que a etapa mais importante do estudo de caso foi a modulação horizontal e vertical das alvenarias de vedação constituídas de blocos cerâmicos do projeto escolhido, em dois momentos distintos: antes e depois da aplicação dos conceitos da coordenação dimensional. Nessa etapa foi possível detectar todas as incompatibilidades de medidas que teriam na hora de execução se não fossem aplicados os conceitos da coordenação dimensional no projeto de arquitetura.

Durante a aplicação desses conceitos da coordenação dimensional no projeto arquitetônico, deparou-se com uma certa dificuldade em relação a definição da medida dos vãos modulares das alvenarias pois, por se tratar de um projeto arquitetônico executivo já existente, a modulação dos blocos cerâmicos ficou limitada aos lançamentos dos elementos estruturais do projeto original, tornando impossível a modulação do bloco cerâmico escolhido sem a realização de cortes ou a utilização de blocos compensadores. Porém, para a viabilização dessa aplicação, esses conceitos foram aplicados nas etapas iniciais da concepção do projeto arquitetônico, precisamente nas etapas do estudo de viabilidade, estudo preliminar e anteprojeto. Assim, todas essas interferências e ajustes dimensionais das alvenarias com os elementos e componentes do edifício são devidamente tratadas e compatibilizadas de forma sistêmica. Vale ressaltar ainda que é imprescindível a comunicação entre todos os projetistas envolvidos no processo de concepção dos projetos arquitetônico e complementares.

Uma outra dificuldade também encontrada na hora da modulação, foi em relação as amarrações entre as alvenarias do tipo “T” e em tipo “cruz”, como descrito no CAPÍTULO 4.

Portanto, quando essas incompatibilidades de medidas não são solucionadas através da coordenação dimensional do projeto arquitetônico, elas vão de encontro com os anseios da racionalização construtiva, já que são fonte de desperdícios de materiais, perda de produtividade e geração de resíduos.

Por meio da análise dos resultados obtidos no estudo de caso, o presente trabalho contribuiu para enfatizar a importância da coordenação dimensional do projeto arquitetônico para a racionalização construtiva, com vista nas preocupações referentes aos custos com matérias de construção, custo com a mão de obra, tempo de execução e sustentabilidade, podendo assim ter importante contribuição nos custos totais da construção e na melhoria do processo de produção.

Vale ressaltar ainda que, essas medidas de aplicação da coordenação dimensional para a modulação das alvenarias dos projetos arquitetônicos são etapas essenciais para a concepção dos projetos de produção de vedações verticais em alvenaria (PPVVA).

Assim, podemos afirmar que o uso da coordenação dimensional enquanto ferramenta diretiva de projeto merece especial destaque, uma vez que promoverá benefícios às etapas seguintes do empreendimento (incluindo até mesmo a manutenção das edificações) e influenciará decisivamente nos custos finais. O seu uso permite a integração de todo o processo construtivo.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Algumas sugestões para o desenvolvimento de futuros trabalhos são:

- Concepção do projeto de produção das alvenarias (PPVVA) do empreendimento, compatibilizando os elementos e componentes dos subsistemas que fazem interface com as alvenarias através da tecnologia BIM;
- Comparativo do consumo de blocos cerâmicos do empreendimento antes e depois da aplicação da coordenação dimensional.
- Estudo da relevância dos blocos de amarração para a modulação das alvenarias de vedação para a racionalização construtiva.
- Concepção do projeto estrutural compatibilizado com o projeto de arquitetura com coordenação dimensional visando a racionalização construtiva.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – FUNDAÇÃO EUCLIDES CUNHA. **Relatório de avaliação dos esforços para implantação da coordenação modular no Brasil**. [S.I.: s.n.], 2009.

ANDRADE, M. Coordenação dimensional como ferramenta para qualidade em projetos de habitação popular. 2000. 196 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

AQUINO, J. P. R.; MELHADO, S. B. Diagnóstico das dificuldades no uso de projetos para produção de vedações verticais. Boletim Técnico – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NRB 15873: 2010 Coordenação Modular para Edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR ISO 9001: Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos, 2008, Rio de Janeiro.

_____. NBR 15270-1: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos e tijolos para alvenaria – requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

BARBOZA, A. S. R., LIMA, S. F. C. Coordenação Modular Aplicada a Habitação de Interesse Social Unifamiliar. Manual Técnico, Maceió, 2009, 71p.

BARROS, M. M. B. O processo de produção das alvenarias racionalizadas. In: Seminário de Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios: Vedações Verticais, São Paulo, 1998 Anais. São Paulo: PCC/TGP, 1998. p 21-48.

BATTAGIN, I. NBR 15873: Entenda a norma da construção modular. 2013. **Mapa da obra: Votorantim Cimentos**. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/nbr-15873-entenda-a-norma-da-construcao-modular/>. Acesso em: 16 jun. 2021

BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL É SINÔNIMO DE EFICIÊNCIA. 2021. Disponível em: <https://grupoajbim.com/bim-na-construcao-civil/>. Acesso em: 25 jun. 2021.

BRASIL. Jair Messias Bolsonaro. Secretaria Geral. DECRETO Nº 10.306, DE 2 DE ABRIL DE 2020. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm. Acesso em: 15 maio 2021.

BRASIL. Jair Messias Bolsonaro. Secretaria Geral. DECRETO Nº 9.983, DE 22 DE AGOSTO DE 2019. 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/Decreto/D9983.htm. Acesso em: 22 ago. 2019.

CÂMERA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013, Brasília, 2013.

_____. Publicadas **ABNT NBR 15270:2017 Partes 1 e 2, Componentes Cerâmicos – Blocos e Tijolos para Alvenaria**, Brasília, 2017. Disponível em: <https://cbic.org.br/publicadas-abnt-nbr-152702017-partes-1-e-2-componentes-ceramicos-blocos-e-tijolos-para-alvenaria/>. Acesso em: 14 jun. 2021.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. p.893-944.

CARDOSO, F. F. A gestão da produção de vedações verticais: alternativas para a mudança necessária. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais, 1., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP/PCC, 1998. p. 187-220.

CARRARO, F. **Produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria**. 1998. 226 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

CHALITA, A. C. C. **Estrutura de um projeto para produção de alvenarias de vedação com enfoque na construtibilidade e aumento de eficiência na produção**. 2010. 251 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Cap. 5.

CIRQUEIRA, C. B. R. P. **A coordenação modular como ferramenta de projeto de arquitetura e levantamento de componentes normatizados no mercado da construção civil do distrito federal**. 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Cap. 6

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO (Recife). Comunidade da Construção (org.). **Alvenaria de Vedação COM BLOCOS DE CONCRETO**. 3. ed. Recife, 2008. 34 p.

FARAH, Marta Ferreira Santos. **Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional**. São Paulo, 1992. 297p. Tese (Doutorado) -Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

FEDERAÇÕES DAS INDÚSTRIAS DO DISTRITO FEDERAL (FIBRA). **Construção civil representa 6,2% do PIB do Brasil**. Brasília, 2017.

FRANCO, L. S. **O projeto de vedações verticais: característica e importância para a racionalização do processo de produção**. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1º.: 1998: São Paulo) Anais; Ed. Por F. H. Sabbatini, M.M.S.B.de Barros, J.S. Medeiros. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998 b. p.221-236.

FRANCO, L. S. Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada. 1992. 319 p. 132 Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FRANCO, L. S.; DUEÑAS PEÑA, M. **Método para elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria**. Gestão & Tecnologia de Projetos. Vol. 1, n. 1, nov. 2006. São Carlos, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Diretoria de Pesquisas. Coordenação de Contas Nacionais: Indicadores do PIB Trimestral – Setores e Construção Civil.** Rio de Janeiro, 2020.

INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO (Brasil). Ministério da Economia (ed.). **Construção Civil foi setor que mais gerou empregos em 2020.** 2020. Disponível em: <https://www.institutodaconstrucao.com.br/blog/construcao-civil-empregos/>. Acesso em: 15 maio 2021.

LORDSLEEM JÚNIOR, Alberto Casado. **Execução e Inspeção de Alvenaria Racionalizada:** primeiros passos da qualidade no canteiro de obras. 3. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000. 104 p

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias.** São Paulo: Pini, 2001.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** 1994. 308f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo

MONTEIRO, A. **Projeto para produção de vedações verticais em alvenaria em uma ferramenta CAD-BIM.** 2011. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2011. Cap. 8.

NAKAMURA, J. Passo-a-passo: Alvenaria de blocos cerâmicos. **Equipe de obra**, São Paulo, SP, ano IV, n. 18, p. 20-23, jul./ago. 2008.

PEÑA, M. D. **Método para a elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria.** 2003. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

PERALTA, A. C. **Um modelo do processo de projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.** 2002. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós- Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

SABBATINI, Fernando H. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas Construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia. São Paulo, 1989. 321p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SABBATINI, F. H. A industrialização e o processo de produção de vedações: utopia ou elemento de competitividade empresarial, In: Seminário de Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios: vedações verticais, São Paulo, 1998 **Anais.** São Paulo: PCC/TGP, 1998. p 01- 19.

SILVA, M. M. A. **Diretrizes para projetos de alvenarias de vedação.** 2003. 274 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

VENTURA, M. M. **O estudo de caso como modalidade de pesquisa.** Revista SOCERJ.2007; 20(5): 383-386.

YIN, R.K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. Ed. Bookman. Porto Alegre, 2010.