



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

DANIEL BACELAR DOS SANTOS

**O USO DA FERRAMENTA BIM PARA O PROJETO DE
PRODUÇÃO DE VEDAÇÃO VERTICAL EM ALVENARIA**

Salvador

2016

DANIEL BACELAR DOS SANTOS

**O USO DA FERRAMENTA BIM PARA O PROJETO DE
PRODUÇÃO DE VEDAÇÃO VERTICAL EM ALVENARIA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira

Salvador

2016

AGRADECIMENTOS

Não tenho palavras para agradecer tua bondade, dia após dia me cercas com fidelidade, nunca me deixes esquecer que tudo o que tenho, tudo o que sou, o que vier a ser, vem de Ti Senhor.

Em Ti eu posso me alegrar, com ousadia declarar: o Deus a quem eu sirvo, nunca falhou e não falhará. Como é bom poder pertencer a um Deus de amor! Como é bom poder confiar em tua fidelidade, eu descanso em Ti, eu espero em Ti, Eu te adoro, Deus de amor.

Por tudo o que tens feito, por tudo o que vais fazer, por tuas promessas e tudo o que és, eu quero te agradecer, com todo o meu ser. Te agradeço, meu Senhor

Te agradeço por me libertar e salvar, por ter morrido em meu lugar, te agradeço, Jesus, te agradeço. Eu te agradeço.

Agradeço a minha família por tudo, em especial a minha mãe pelo amor, dedicação e cuidados, a minha irmã pelo apoio e carinho e ao meu pai por todos os bons momentos.

Ao meu professor, orientador e amigo Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira.

Aos meus amigos Tiago, Halany, Vando, Fabiana, Ivan, Rena, Osvan, e todos os outros que de alguma forma colaboram com a minha formação.

A todos que me deram a oportunidade de demonstrar meu trabalho e contribuíram positivamente para minha carreira em especial os engenheiros Marcelo Marchesini B. Guimarães e Paula Alcântara, as arquitetas Christianne Queiroz e Annika Luiza.

Por fim, a todos que acreditam ser possível aplicar a verdadeira engenharia na produção de edifícios.

A tua luz acendeu meu coração, e eu pude ver em meio a escuridão, tua Presença, tua fidelidade, graça e amor, me levantaram outra vez, me deram forças e prosseguirei

Irei contigo, onde quer que fores, meu Senhor, o Teu chamado cumprirei na alegria ou na dor e toda vez que eu chorar ou quiser desanimar, o Teu Espírito me consolará

Se é na fraqueza do meu ser que manifestas teu poder, eis-me aqui, dependo de Ti, preciso de Ti,

Irei contigo, onde quer que fores, meu Senhor, o Teu chamado cumprirei na alegria ou na dor e toda vez que eu chorar ou quiser desanimar, o Teu Espírito me consolará

Se é na fraqueza do meu ser que manifestas teu poder, eis-me aqui, dependo de Ti, preciso de Ti

Toda Glória, toda Vitória eu sei Pertence a Ti, toda honra, todo o louvor entrego a Ti porque sem Ti, não estaria aqui.

(Diante do Trono – Eis-me aqui)

SANTOS, DANIEL BACELAR. **O uso da ferramenta BIM para o projeto de produção de vedação vertical em alvenaria.** 98 p. 2016. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

RESUMO

Uma das indústrias que mais empregam no mundo, tendo como características principais a manufatura e uma constante busca por aprimoramento, a construção civil é um dos termômetros da economia nacional tendo um importante impacto social. O tradicional método brasileiro de executar alvenaria, de forma empírica ou sem projeto, torna-se cada vez mais insustentável do ponto de vista econômico, e com a atual oferta imobiliária é necessário fazer mais com menos e melhor. Dessa maneira, devido às preocupações em relação a maior eficiência a produtividade, além das pressões por maior segurança, qualidade e redução de prazos e custos na construção, existe um interesse crescente no desenvolvimento de projetos integrados. O Projeto para produção de vedações verticais em alvenaria tem se mostrado uma boa prática de engenharia, onde são definidas condições necessárias para superar a atual precariedade de construção, contratação, medição e controle da execução. O objetivo deste trabalho é associar os princípios de racionalização e os critérios de modulação, definindo diretrizes para o projeto para produção de alvenaria, com uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM). Para o desenvolvimento foi realizado um estudo de caso em uma obra residencial na cidade de Salvador, BA, onde foi estudado um pavimento tipo e desenvolvido com uso do BIM, o projeto para produção de alvenaria, contendo a planta de 1ª fiada, os cadernos de elevações e detalhes construtivos, e o quantitativo de blocos, aproveitando o modelo compatibilizado da estrutura e arquitetura. O primeiro passo da pesquisa foi a revisão bibliográfica quando foi analisado o referencial teórico de onde emanaram os conceitos de Modelagem da Informação da Construção e do Projeto para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria. Após a conclusão do referencial teórico, iniciou-se o processo de criação das famílias e a elaboração do projeto de produção. Posteriormente foi acompanhada a sua execução e avaliada a sua utilização. Como resultados do trabalho são apresentadas recomendações para desenvolvimento de projetos para produção de vedação vertical em alvenaria com uso do BIM.

Palavras-chave: Projeto para produção. Projeto de alvenaria. BIM, Modulação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de vida de um produto BIM	19
Figura 2 - Níveis de maturidade	22
Figura 3 - Exemplo de LOD	23
Figura 4 - Nível de detalhe elemento x etapas da obra.....	24
Figura 5 - Família de bloco modeladas no estudo de caso dentro do software Autodesk, Revit.	25
Figura 6 - Interação simultânea entre profissionais de diversas áreas.....	28
Figura 7 - Tela do software Revit, edição de famílias.....	30
Figura 8 - Parâmetros de uma família de fiada de blocos no Revit.....	31
Figura 9 - Visão geral do esquema IFC, versão 2x4	34
Figura 10 – Alguns softwares BIM que trabalham com o formato IFC.....	35
Figura 11 - Pirâmide compostas pelas vertentes do IPD	36
Figura 12 - Muralha da China.....	37
Figura 13 - Alvenaria tradicional: a) baixa qualidade na execução; b) deficiente padronização	39
Figura 14 - Alvenaria racionalizada do estudo de caso: a) Fachada; b) Pavimento tipo.....	39
Figura 15 - Vãos normais e de esquina na arquitetura grega.....	42
Figura 16 - Cidade de Emona.....	43
Figura 17 - Quadrícula modular 1M/ 2M / 3M.	45
Figura 18 - Exemplo de aplicação da modulação horizontal.....	45
Figura 19 - Exemplo de aplicação da modulação vertical.....	46
Figura 20 - Modelo em BIM do estudo de caso	61
Figura 21 - Plantas ofertadas pela construtora.....	63
Figura 22 - Modelo da estrutura do prédio do estudo de caso.....	64
Figura 23 - Instalações na etapa de marcação interna da alvenaria do estudo de caso	65
Figura 24 - Blocos 39 x 19 x 09 cm e blocos compensadores 34 x 19 x 09 cm.....	66
Figura 25 - Parede formada por matrizes horizontal e vertical	66
Figura 26 - Parâmetro de restrição do alinhamento dentro da parede	67
Figura 27 – Edição de fiada de blocos.....	68
Figura 28 - Parâmetros das fiada de blocos no Revit	69
Figura 29 - Modulação com fiadas	69

Figura 30 - Tabela de quantitativo de blocos, extraído durante o desenvolvimento de modelo no estudo de caso.....	70
Figura 31 - Família de bloco modeladas no estudo de caso no Revit.	71
Figura 32 - Etapas para modulação da 1ª fiada	73
Figura 33 - Gancho concretados na laje para translação dos eixos da obra	74
Figura 34 - Encontros de eixos na laje utilizados para marcação de pilares	74
Figura 35 - Execução da marcação de alvenaria: a) externa, b) interna.....	75
Figura 36- Planta de locação dos pilares a partir dos eixos da obra.....	75
Figura 37 - Planta de locação das vigas a partir dos eixos da obra	76
Figura 38 - Configuração de coordenadas com base no ponto de pesquisa interno do estudo de caso	77
Figura 39 - Configuração de coordenadas com base no ponto do projeto do estudo de caso ..	77
Figura 40 - Perspectiva do levante de 1 apartamento do estudo de caso.....	78
Figura 41 - Parede 51, espessura 14, junta=1cm	78
Figura 42 - Alvenaria interna aguardando as vergas	79
Figura 43 - Comparativo entre a modulação executada dentro do software e a real.....	79

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Metodologia proposta para o desenvolvimento do PPVVA	54
Fluxograma 2 - Dados de entrada para elaboração da etapa do estudo preliminar	55
Fluxograma 3 - Dados de entrada para elaboração de etapa do anteprojeto	56
Fluxograma 4 - Informações necessárias para a etapa de executivo	57
Fluxograma 5 - Exposição da metodologia aplicada ao trabalho	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Pesquisa de opinião, questão 1.....	81
Gráfico 2 - Pesquisa de opinião, questão 2.....	82
Gráfico 3 - Pesquisa de opinião, questão 3.....	82
Gráfico 4 - Pesquisa de opinião, questão 4.....	83
Gráfico 5 - Pesquisa de opinião, questão 5.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Impacto do serviço de alvenaria e dos serviços subsequentes no orçamento da obra do estudo de caso.....	62
Tabela 2 - Mapa de esquadrias x vão de projetos.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fases do ciclo da edificação e ferramentas disponíveis para a modelagem do edifício	20
Quadro 2 - Modelos que não utilizam a tecnologia BIM	21
Quadro 3 - Características dos modelo desenvolvidos com a tecnologia BIM.....	21
Quadro 4 - As 5 categorias do LOD	24
Quadro 5 - Principais usos do BIM	27
Quadro 6 - Tipos de fluxos de dados entre 2 programas	32
Quadro 7 - Classificação das alvenarias	38
Quadro 8 - Publicação das primeiras normas de Coordenação Modular	41
Quadro 9 - Processos obtidos através da coordenação modular.....	46
Quadro 10 - Conceitos de Modulação	47
Quadro 11 - Comparativo de elementos do PPVVA.....	50
Quadro 12 - Exposição da metodologia utilizada na realização do trabalho.....	59
Quadro 13 - Etapas para o projeto de paginação de alvenaria.....	72
Quadro 14 - Questionário sobre o projeto de paginação de alvenaria.....	80
Quadro 15 - Amostra da pesquisa de satisfação	81
Quadro 16 - Dados detalhados da Pesquisa de satisfação	97
Quadro 17 - Opções da respostas do questionário da pesquisa de satisfação.....	97

LISTA DE SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i> (Modelagem da Informação da Construção)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Projeto Auxiliado por Computador)
CIS/2	<i>CIMsteel Integration Version 2</i>
DXF	<i>Drawing eXchange Forrmat</i>
FM	<i>Facility Management</i> (Gerenciamento de Facilidades)
IFC	<i>International Foundation Classes</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i> (Entrega do Projeto Integrado)
ISO	<i>Intenational Organization for Standardization</i>
LOD	<i>Level of Development</i> (Nível de Desenvolvimento)
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PPVVA	Projeto para Produção de Vedação Vertical em Alvenaria
STEP	<i>STandard for the Exchange of Product data</i>
UNICLASS	<i>Unified Classification for the Construction Industry</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO	14
	1.1 JUSTIFICATIVA	16
	1.2 OBJETIVOS	17
	1.2.1 Objetivo Geral.....	17
	1.2.2 Objetivos Específicos	17
	1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2.0	MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO	18
	2.1 O QUE É BIM?	18
	2.2 NÍVEIS DE MATURIDADE	22
	2.3 NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO BIM.....	23
	2.4 VANTAGENS DO USO DO BIM.....	25
	2.5 ENGENHARIA SIMULTÂNEA	28
	2.6 MODELAGEM PARAMÉTRICA.....	29
	2.7 INTEROPERABILIDADE.....	31
	2.8 ENTREGA DO PROJETO INTEGRADO	35
3.0	PROJETO DE PRODUÇÃO DE VEDAÇÃO VERTICAL EM ALVENARIA ..	37
	3.1. DEFINIÇÃO DE ALVENARIA	37
	3.2. CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE ALVENARIA	38
	3.3. RACIONALIZAÇÃO.....	38
	3.4. MODULAÇÃO	40
	3.4.1. Histórico.....	41
	3.4.2. Teoria da Coordenação Modular	44
	3.4.3. Coordenação Modular, Definições e Conceitos.....	47
	3.5. O PROJETO PARA PRODUÇÃO.....	48
	3.6. METODOLOGIA PARA EXECUÇÃO DO PPVVA	49
	3.6.1 Definindo o Produto	50

3.6.2	Caracterização das Etapas de desenvolvimento do PPVVA.....	51
4.0	METODOLOGIA DE PESQUISA	58
5.0	ESTUDO DE CASO	61
5.1.	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	62
5.1.1	Caracterização da Arquitetura do Estudo De Caso	62
5.1.2	Caracterização da Estrutura do Estudo de Caso.....	63
5.1.3	Caracterização das Instalações do Estudo de Caso	64
5.1.4	Caracterização da Alvenaria do Estudo de Caso.....	65
5.2.	CRITÉRIOS PARA DESENVOLVIMENTO DA MODULAÇÃO.....	66
5.2.1	Modulação de paredes através de matrizes.....	66
5.2.2.	Desenvolvimento de fiadas de blocos	68
5.2.3.	Desenvolvimento das Famílias de Blocos.....	70
5.3.	DESENVOLVIMENTO DO MODELO	71
5.3.1	Projeto de Marcação de Alvenaria.....	72
5.3.2	Caderno de Elevações.....	77
5.4.	VALIDAÇÃO DO PPVVA COM O USO DA FERRAMENTA DO BIM	80
5.4.1.	Pesquisa de Satisfação	80
5.4.2.	Comparação do Método Aplicado no Trabalho (BIM) com o Método Tradicional (CAD).....	84
6.0.	CONCLUSÃO.....	85
	REFERÊNCIAS	87
	APÊNDICE A – PAGINAÇÃO DE ALVENARIA DO PAVIMENTO TIPO	92
	APÊNDICE B – DADOS DA PESQUISA DE SATISFAÇÃO	97

1.0 INTRODUÇÃO

Uma das indústrias que mais empregam no mundo tendo como características principais a manufatura e uma constante busca por aprimoramento, a construção civil é um dos termômetros da economia nacional tendo um importante impacto social.

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 fazer mais com menos e melhor.

No contexto de mudanças e transformações na construção existe a necessidade de racionalização dos serviços em obra, isso tem exigido uma maior preocupação com o desempenho da produção e com a padronização das técnicas construtivas através da adoção de procedimentos condizentes com a normalização e as boas práticas da engenharia (ABCP, sem data).

Dessa maneira, devido às preocupações em relação a maior eficiência da produção, além das pressões por mais segurança, qualidade e redução de custos e tempo dos projetos de construção, houve um maior interesse na integração de recursos computacionais na construção civil (VEERAMANI et al., 1998).

O Projeto para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria (PPVVA) tem se mostrado 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 (LUCINI, 2001).

O projeto para produção deve ser composto por conteúdo de fácil entendimento, destacando as plantas de 1ª e 2ª fiadas, ressaltando informações referentes a passagens elétricas e hidro sanitárias; além dos cadernos de elevações e de detalhes construtivos (ABCP, sem data). O quantitativo de blocos também é um dos elementos constituintes do projeto para produção, utilizado para aquisição de material e na disposição e organização dos elementos de canteiros. (ABCP, sem data).

O impacto financeiro do serviço das vedações verticais é bastante significativo, no orçamento de uma obra, (que será apresentada no estudo de caso), a etapa de vedação corresponde diretamente a 5,72% do valor do orçamento, e influenciando nas etapas, de revestimento interno com 6,37%, revestimento externo com 4,97%, esquadria com 6,45%, assumindo assim 23,48% do valor do orçamento.

Com um mercado dinâmico e empreendimentos com alto grau de complexidade os diversos projetos 2D de arquitetura, estrutura, instalações e outros, vêm sendo executados por profissionais com habilitações específicas, o que tem ocasionado falta de interação e comunicação, e contribuído para a propagação de erros. Tais erros podem ser mitigados por meio da compatibilização dos projetos, que consiste em sobrepor os projetos das diversas disciplinas procurando conflitos a olho nu, o que não garante uma total eficácia do processo de compatibilização, além de aumentar o prazo de entrega dos projetos compatibilizados para o contratante. Por estas razões, os projetos bidimensionais vêm perdendo espaço de mercados para modelos tridimensionais que contam com a capacidade de unirem diversas disciplinas e informações de operação e manutenção englobando todo o ciclo de vida do empreendimento eliminado de tal forma uma grande quantidade de arquivos e plantas (BELTRÃO, 2015).

Após o surgimento da tecnologia CAD 2D (*Computer Aided Design*) nos anos 70, em 1982 surgiu então a empresa *Autodesk*, que iniciou com a produção do software *AutoCAD* que se tornou o software CAD mais difundido e utilizado na atualidade; na década de 80 começaram a surgir as primeiras aplicações sólidas de CAD 3D, muito explorado pelas indústrias aeroespacial, automobilísticas. Nos últimos anos, populariza-se uma nova plataforma para desenvolver os projetos e conceitos inovadores a Modelagem da Informação da Construção ou como difundido em inglês, BIM (*Building Information Modeling*). (ASBEA, 2013)

Segundo Eastman et al. (2011) o BIM possibilita a criação de modelo virtual preciso do edifício construindo-o digitalmente. Esse modelo contém geometrias e dados importantes para dar suporte a todo o ciclo de vida da edificação, tornando-se uma das tecnologias mais promissoras empregadas na construção civil, potencializando soluções em projetos, melhorando a eficiência construtiva e antecipando problemas no processo da construção.

As informações contidas no modelo virtual do edifício podem ser usadas de diversas maneiras. Algumas aplicações são: geração da documentação para a construção, extração de quantitativos de materiais, análise de desempenho dos sistemas construtivos, análises de interferências espaciais, entre outras (EASTMAN et al., 2011).

O presente trabalho tem como principal contribuição demonstrar uma forma de racionalizar a alvenaria, definindo diretrizes para o Projeto para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria. No qual busca aperfeiçoar o processo construtivo através de uma ferramenta computacional com o uso de um software BIM, representado através de um estudo de casos com a modelagem de um pavimento tipo em uma obra residencial na cidade de Salvador, BA.

1.1 JUSTIFICATIVA

Estudos desenvolvidos por vários setores da indústria e da academia buscam definir as necessidades e as soluções para a cadeia da construção civil no Brasil. Esse trabalho demonstra que há problemas em todos os elos. O setor de projetos necessita melhorar a produtividade e a qualidade além de aumentar o valor agregado e diminuir os erros. A cadeia de produção busca aumentar a produtividade, reduzir custo dos insumos e ao mesmo tempo, estar em conformidade com as normas vigentes. Enquanto isso o consumidor final, anseia por edificações de melhor qualidade (GREVEN, 2007).

Em busca da redução de custos, melhoria contínua do processo construtivo, redução dos impactos ambientais (com a diminuição do resíduo), a construção civil envereda por um caminho de modernização com o uso da ferramenta BIM, potenciando soluções em projetos, aumentando a eficácia dos procedimentos de construção e antecipando problemas corriqueiros no processo da construção.

O BIM é a evolução natural do processo de construção, tendo em sua essência a concepção de um modelo virtual de determinado empreendimento, podendo englobar todas as etapas desde a concepção, uso e manutenção, além de conter informações intercambiáveis de um modelo paramétrico, passível de simulações.

Com base em dados apresentados por Monteiro (2011), alguns pontos importantes podem ser considerados como justificativa para o PPVVA com o uso do BIM.

- O papel de importância do PPVVA na racionalização dos processos produtivos e na compatibilização dos subsistemas que fazem interface com alvenaria;
- O interesse das empresas na contratação do PPVVA;
- O impacto econômico da etapa de alvenaria e das atividades subsequentes da cadeia de produção;
- A falta de recursos específicos nos CAD-BIM para dar suporte ao PPVVA, o que dificulta a migração dos escritórios especializados para esta tecnologia;
- O aumento na disseminação da tecnologia BIM no Brasil;
- Benefícios da plataforma quando comparado a maneira tradicional de se projetar.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar a utilização da ferramenta BIM para o desenvolvimento do Projeto de Produção de Vedação Vertical em Alvenaria.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Conhecer os principais conceitos relacionados ao BIM e suas aplicações na construção civil.
- Conhecer os princípios relevantes para desenvolvimento de projetos para produção de vedação vertical em alvenaria.
- Desenvolver Projeto de Produção de Vedação Vertical em Alvenaria com o uso de ferramenta BIM.
- Avaliar os resultados obtidos pela aplicação da ferramenta BIM para desenvolvimento do PPVVA e sua execução.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho tem o seu arranjo em seis capítulos, divididos da seguinte forma:

No capítulo 1, composto pela introdução expondo as principais justificativas e objetivos do trabalho.

No capítulo 2, é apresentado o referencial teórico expondo os principais conceitos e benefícios do BIM.

No capítulo 3, é apresentado o referencial teórico relacionado a modulação e ao PPVVA

No capítulo 4, composto pela metodologia do projeto, tendo em vista as estratégias que serão utilizadas.

No capítulo 5, composto pelo estudo de caso, análise dos resultados.

No capítulo 6, considerações finais do trabalho, comparando os objetivos com os resultados alcançados. Identificação de limitações e sugestão de trabalhos futuros.

2.0 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

No mercado de desenvolvimento de projetos existem duas linhas de sistemas: o convencional e amplamente difundido (*Computer Aided Design*) CAD que se baseia na modelagem de produto e o (*Building Information Modeling*) BIM com sistema de modelagem baseado em objeto, também conhecido como softwares paramétricos. Dessa maneira esses softwares conseguem capturar todas as informações do ciclo de vida do projeto. (AZUMA, 2009).

O sistema CAD usual se restringe em apresentar apenas a forma de visualização através dos desenhos convencionais (2D), criados nos modelos de estrutura de arames (*wireframe*). No entanto, existe uma necessidade real e uma oportunidade na indústria da construção para desenvolver sistemas baseados em modelos sólidos, a fim de atender às necessidades da indústria da construção. Esses modelos servem inclusive como base para a engenharia simultânea e para a construção do projeto integrado por computador (VEERAMANI et al., 1998).

2.1 O QUE É BIM?

A terminologia BIM, foi um termo criado pelo arquiteto Phil Bernstein, estrategista da empresa americana Autodesk em meados dos anos 1990 para promover o seu novo software, o Revit. A ideia era reunir em um único conceito (de marketing, inclusive) o conjunto de funcionalidades integradas oferecidas pelo novo software. Porém o termo BIM mostrou ter um forte apelo comercial, e logo foi adotado pelas demais fornecedoras de softwares como estratégia de mercado para divulgar os seus próprios softwares. Definir BIM como um tipo de software, porém, reduz muito o seu significado, que é derivado da longa tradição de pesquisas sobre a utilização do computador como suporte à produção de edifícios. (EASTMAN et al., 2011).

Na indústria da manufatura, a modelagem de produtos surgiu para integrar a informação em todos os processos do ciclo de vida de um produto e o seu campo de estudo, portanto, abrange tudo que está relacionado com qualquer atividade entre a concepção e a disposição final do produto (EASTMAN et al., 2011).

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) é o processo de produção, alimentação e troca de informações dentro de um modelo durante todo o seu ciclo de vida. Segundo Eastman et al. (2011), BIM é mais do que um software ou um produto, é uma atividade humana que implica em uma nova forma de projetar, construir e gerenciar.

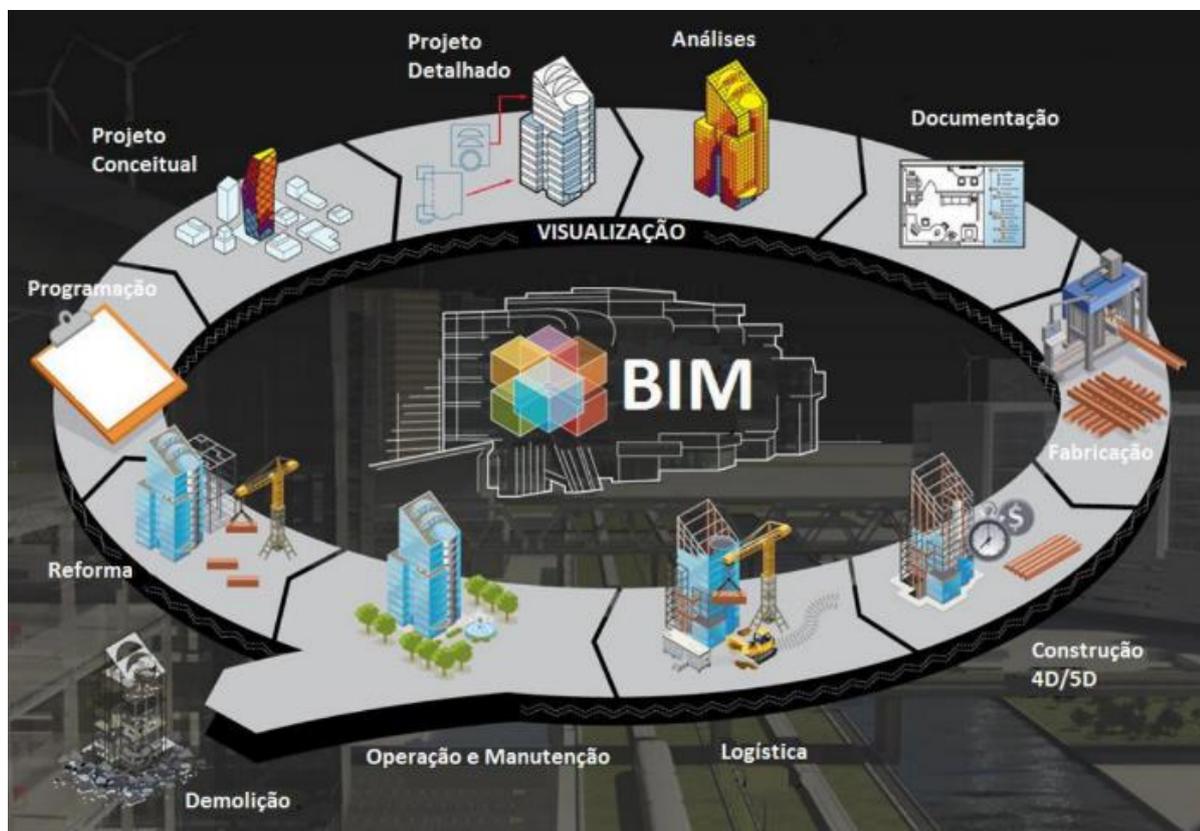
O BIM é a evolução natural do processo de construção, tendo em sua essência a concepção de um modelo virtual de determinado empreendimento, podendo englobar todas as etapas desde a concepção, uso e manutenção, além de conter informações intercambiáveis de um modelo paramétrico, passível de simulações.

O BIM engloba muitas funções indispensáveis na modelagem do ciclo de vida de uma edificação proporcionado à base para novas capacidades de construção e modificações nos papéis e relacionamentos da equipe envolvida no empreendimento. Quando implementado de maneira adequada o BIM facilita um processo de projeto da construção mais integrado o que resulta em construções de melhor qualidade com prazos reduzidos (EASTMAN *et al.*, 2011).

A característica de propiciar suporte a todo o ciclo de vida amplia as possibilidades de uso do BIM, pois permite atuar desde os estudos de concepção inicial e viabilidade até a operação, manutenção e reforma, sendo necessário para tanto a atualização das informações, inclusive modificações que ocorram durante a execução da obra.

Na Figura 1 é apresentado um esquema com as várias etapas do ciclo de vida do BIM, no Quadro 1 são apresentados softwares referentes a cada fase de um projeto de um edifício.

Figura 1 - Ciclo de vida de um produto BIM



Fonte: Adaptado de NEURAL ENERGY, 2012

Quadro 1 - Fases do ciclo da edificação e ferramentas disponíveis para a modelagem do edifício

Fase do ciclo de vida da edificação		Ferramenta	
Estudo de viabilidade		Trelligence Affinity	
		Facility Composer	
Projetos: Disciplinas / análise	Arquitetura	Revit Architecture	
		ArchiCAD	
		Vectorworks	
		Bentley Architecture	
		Allplan	
	Conforto ambiental	Autodesk Ecotect Analysis	
		Autodesk Project Vasari	
		Green Building Studio	
		Graphisoft EcoDesigner	
	Estrutura	Tekla Structure	
		Revit Structure	
		CAD/TQS	
		Bentley Structure	
	Elétrica, Hidráulica/HVAC	Revit MEP	
		Bentley – Building Electrical Systems	
		MEP Modeler (ArchiCAD)	
Bentley Mechanical Systems			
Construção: 4D / 5D	Gerenciamento de projetos	Navisworks	
		Synchro	
		Solibri	
	Planejamento da construção / construção	Navisworks	
		Synchro	
		Solibri	
		Vico Software	
		Volare/TCPO	
		Primavera	
		MSProject	
		Tron-orc	
		Orca Plus	
		Uso: operação / manutenção	ARCHIBUS
			CAFM Explorer
Bentley Facilities			
Requalificação / demolição		Mesmas ferramentas de projeção	

Fonte: Adaptado de PEREIRA, 2013.

Nem todos os softwares citados acima trabalham na plataforma BIM, mas podem ser usados combinados de maneira a abranger parcialmente o totalmente o ciclo de vida do empreendimento como o MS Project, Volare/TCPO e o Primavera.

Segundo Eastman et al. (2011) para lidar com a confusão de saber qual software trabalha ou não com a tecnologia BIM, é útil descrever soluções de modelagem que não utilizam a plataforma explicitadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Modelos que não utilizam a tecnologia BIM

Modelos	Descrição
Modelos que só contém dados 3D, sem atributos de objetos.	Estes modelos podem ser utilizados somente para visualização gráfica e não possuem inteligência ao nível do objeto e não oferecem integração de dados e nem análise de projeto
Modelos sem suporte para comportamento	Estes modelos definem objetos, mas não podem ajustar seu posicionamento ou suas proporções, porque não utilizam inteligência paramétrica.
Modelos que são compostos por múltiplas referências a arquivos CAD 2D que devem ser combinados para definir a construção	É impossível assegurar que o modelo 3D resultante será factível, contabilizável e que mostrará inteligência com respeito aos objetos contidos nos mesmos.
Modelos que permitem modificações de dimensões em uma vista que não são automaticamente refletidas em outras vistas	Isso possibilita erros nos modelos que são muito difíceis de detectar

Fonte: Adaptado de EASTMAN et al., 2011.

Para Underwood e Islikdag (2010) as principais características dos modelos BIM são:

Quadro 3 - Características dos modelo desenvolvidos com a tecnologia BIM

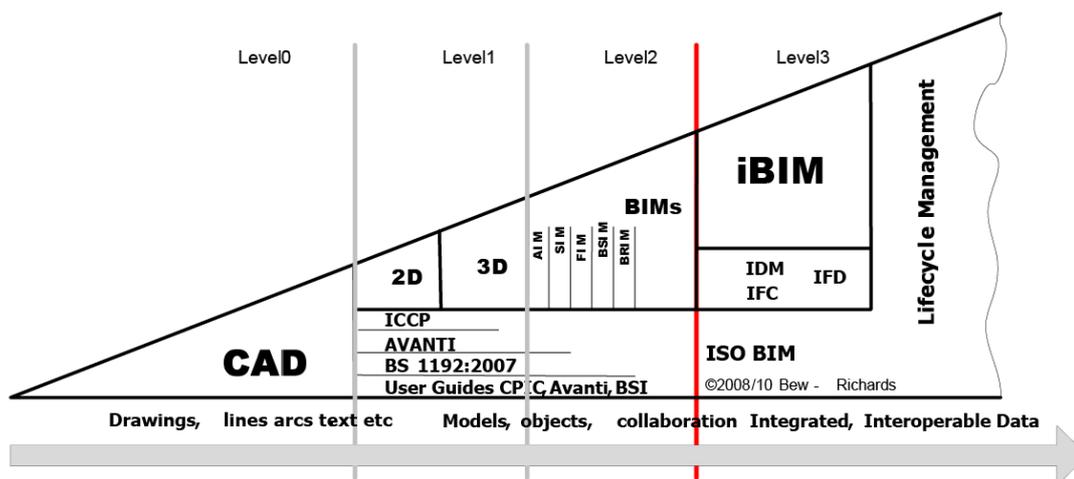
Características	Descrição
Orientados a objetos	Capacidade de ler informações e atributos de elementos e processá-los
Ricos em dados e abrangentes:	Os modelos são ricos em dados e abrangentes enquanto cobrem e mantêm as características físicas e funcionais e os estados dos elementos do edifício
Tridimensionais	Os modelos representam a geometria do edifício em três dimensões
Especialmente relacionado	As relações espaciais entre os elementos do edifício são mantidas nos modelos de maneira hierárquica;
Semanticamente ricos	Os modelos mantêm uma grande quantidade de informações semânticas sobre os elementos do edifício
Modelos capazes de suportar vistas	As vistas do modelo são subconjuntos ou instantâneos do modelo que podem ser gerados com base no modelo principal. Essas vistas podem ser automaticamente geradas de acordo com a necessidade do usuário

Fonte: Adaptado de UNDERWOOD; ISLIKDAG (2010)

2.2 NÍVEIS DE MATURIDADE

O modelo de maturidade BIM (exposto na Figura 2), também conhecido como o modelo iBIM (o nome de seu nível mais alto) ou em inglês *BIM Wedge*, foi desenvolvido por Mark Bew e Mervyn Richards 2008, foi adotado pelo governo do Reino Unido como política pública (SUCCAR, 2015).

Figura 2 - Níveis de maturidade



Fonte: UK Government Construction Client Group (GCCG), (2011).

O modelo de maturidade BIM em sua forma básica inclui quatro níveis:

- Nível 0, possui apenas desenhos linhas e arcos;
- Nível 1.0, é caracterizado pela substituição do desenvolvimento de projetos em 2D por modelos 3D parametrizados; prática consolidada no Reino Unido;
- Nível 2.0, expande o modelo no desenvolvimento dos projetos de arquitetura, estrutura, instalações prediais, etc. São nesta fase, associados parâmetros temporais (4D), dados financeiros (5D), análise de eficiência energética e colaboração; em 2016 o Reino Unido começa a disponibilizar normas gratuitas referentes ao nível 2;
- Nível 3.0, possibilita o intercâmbio das informações entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projeto.

Desde que foi desenvolvido pela primeira vez, o Modelo de Maturidade BIM estabeleceu-se como um componente-chave de uma política de difusão nacional no Reino Unido. Tornou-se uma prática utilizar os níveis do modelo de maturidade BIM em muitas etapas da indústria da construção como fluxos de trabalho, a colaboração e a documentação (SUCCAR, 2015).

2.3 NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO BIM

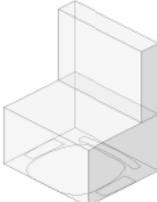
Há alguns questionamentos recorrentes que permeiam parte das empresas e projetistas que trabalham com softwares BIM, principalmente quanto ao nível de detalhamento para a ser adotado em cada modelo, para atender determinada necessidade, principalmente em contratações de projeto.

Segundo Manzione (2013) nível de maturidade é a medida do desenvolvimento de um projeto em relação às suas metas previamente definidas. Esse referencial de metas é composto pelos objetivos do negócio – traduzidos em requisitos programáticos.

Em 2013 o AIA (*American Institute of Architects*) publicou o manual E202, dividindo em 5 níveis de desenvolvimentos do modelo, descrevendo elementos que devem estar presentes no modelo além do nível de desenvolvimento, que descreve o grau de completude para determinado elemento do modelo BIM em relação a um referencial previamente definido. Na Figura 3 observar um objeto nos 5 níveis de desenvolvimento.

O documento publicado contém informações revisadas das definições dos níveis de desenvolvimento (LOD – *Level of Development*). Essa proposição contempla os níveis de desenvolvimento dos elementos construtivos organizados a partir da classificação Unifomat (BIM Forum, 2014). No Quadro 4 são detalhados os 5 LODs, na Figura 4 será apresentado o produto do cruzamento dos níveis de detalhe do modelo pelas fases da obra.

Figura 3 - Exemplo de LOD

LEVEL of DEVELOPMENT				
LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				
Concept (Presentation)	Design Development	Documentation	Construction	Facilities Management
DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: DEPTH: HEIGHT: MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 100	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 200	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 300	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc MODEL: Mirra LOD: 400	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc MODEL: Mirra PURCHASE DATE: 01/02/2013
(Only data in red is useable)			practicalBIM.net © 2013	

Fonte: Praticalbim (<http://practicalbim.blogspot.com.br/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html>).

Quadro 4 - As 5 categorias do LOD

Categorias do LOD	Descrição
LOD 100: Projeto Conceitual	O modelo representa basicamente a geometria da construção, incluindo área, volume, orientação, entre outros aspectos. Esse modelo pode ser usado para uma análise de eficiência energética e incidência solar.
LOD 200: Desenvolvimento do Projeto	Todos os sistemas são modelados com suas dimensões genéricas, locação, aproximação e quantidades aproximadas. Um modelo com esse nível de desenvolvimento pode ser utilizado para estudos de desempenho geral da edificação e para cálculos iniciais
LOD 300: documentação geral da construção	Nesse modelo, os elementos da construção são detalhados com maior precisão, com seus tamanhos e localização reais. É adequado para produção de montagens de montagens e coordenação de projetos
LOD 400: Informação sobre fabricação	Todos os elementos são modelados com o propósito de fabricação. É adequado para o planejamento e controle
LOD 500: Modelo <i>As-Built</i>	Nestes modelos, os elementos são representados com todas as informações técnicas necessárias para manutenção e gerenciamento das instalações.

Fonte: BIM 42 (2014).

Figura 4 - Nível de detalhe elemento x etapas da obra

Nível de Detalhe		100	200	300	400	500
Div 2	Terraplenagem	Relatório	Notas referentes ao relatório de Geotecnia	Drenagem subterrânea mostrada como anotações	Locação da drenagem subterrânea modelada	Modelo As-Built
Div 3	Fundação de concreto	Apenas linhas externas, detalhes típicos para sapatas	Sapatas, paredes e alguns detalhes típicos	Todas as paredes e sapatas. Armaduras em tabela	Armadura detalhada	Modelo As-Built
	Estrutura de concreto	Layout básico do sistema com dimensões aproximadas	Espessuras de laje, detalhes típicos de armaduras e tabelas com armaduras típicas	Layout das lajes mostrando a armadura como anotações	Armadura detalhada	Modelo As-Built
	Concreto pré-moldado	Layout básico e detalhes típicos	Espessuras e layout dos elementos	Layout dos elementos mostrando a armadura como anotações	Elementos pré-moldados modelados com a armadura	Modelo As-Built
Div 4	Alvenaria	Apenas linhas externas das paredes	Tipos e dimensões das paredes, com detalhes genéricos	Paredes indicadas com detalhes	Blocos detalhados	Modelo As-Built

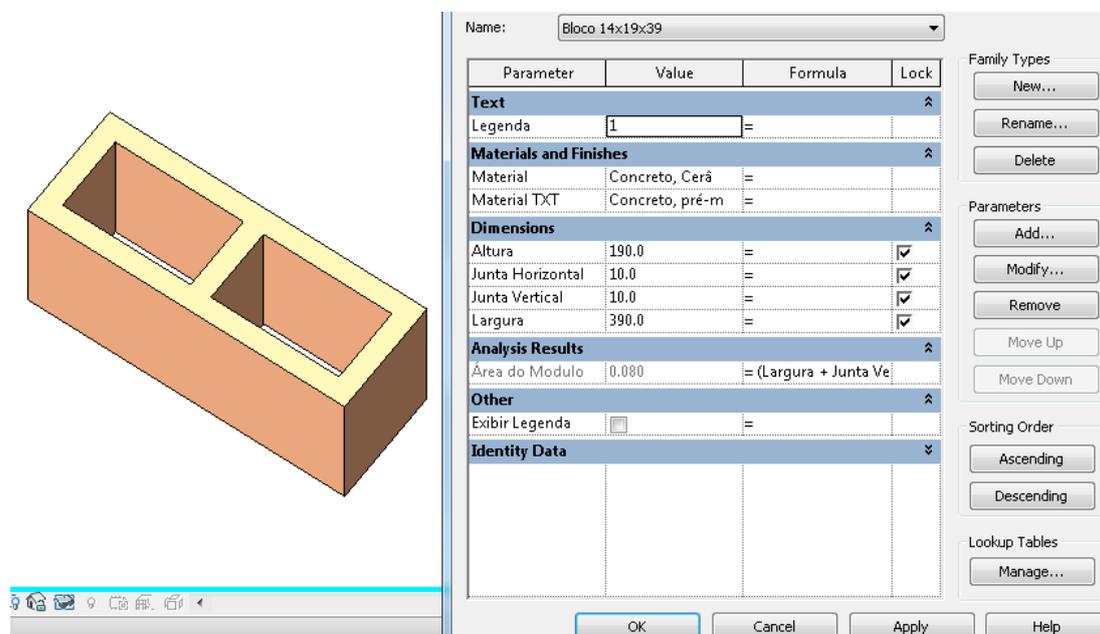
Fonte: Adaptado BIM 42 (2014).

Para auxiliar a organização dos processos da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) e do BIM foram criados diversos sistemas de classificação da informação do edifício, das quais se destacam Omniclass e Unifomat por estar presente em todos os softwares BIM. A importância de um sistema de classificação em BIM, em que todos os objetos de um edifício se vinculem de modo a facilitar a interoperabilidade. (AMORIM, 2011).

O Unifomat é um sistema de classificação para a organização de informações de construção, com foco nos sistemas funcionais de um edifício organizados em uma ordem e sequência padronizada, segundo OmniClass (2006), sem a preocupação de identificar as soluções técnicas de projeto que as compõem. É descrito na norma ASTM-E1557-09 (2005) (MANZIONE, 2013).

As famílias de blocos (Figura 5), utilizadas no PPVVA são classificadas como LOD 400 em que todos os elementos são modelados com o propósito de execução do projeto.

Figura 5 - Família de bloco modeladas no estudo de caso dentro do software Autodesk, Revit.



Fonte: Autor (2016)

2.4 VANTAGENS DO USO DO BIM

Segundo Sena (2012), um projeto feito com a tecnologia BIM diferencia-se do habitual por ser constituído em geral de um único arquivo que simula a construção real. Este modelo teria todas as informações necessárias e dele poderia se extrair vistas, cortes e detalhes do projeto. Outro ponto importante é que o modelo BIM pode receber contribuições simultâneas

de todos os envolvidos no projeto, uma grande vantagem sobre o modelo tradicional que exige uma transferência lenta e burocrática entre os projetistas das diferentes disciplinas.

Dependendo do ambiente que forem utilizados os modelos BIM podem ter, de acordo com Underwood e Isikdag (2010) diferentes funções como:

- A. **Vinculador de espaços:** liga micro a macro urbanos;
- B. **Facilitador de interoperabilidade:** possibilita o compartilhamento de informação entre os diversos agentes e software;
- C. **Repositório de dados:** armazena a informação do edifício por todo o seu ciclo de vida;
- D. **Facilitador do processo de aquisições:** disponibiliza e facilita diversas aquisições no ciclo vida do edifício;
- E. **Suporte de colaboração:** é viabilizado através da gestão e do uso de informações compartilhadas do edifício em tempo real;
- F. **Simulador de processo:** facilita a simulação do processo de construção e dos sistemas construtivos do edifício;
- G. **Serviço de informação do edifício:** pode oferecer informações do edifício sob demanda em tempo real na internet;
- H. **Facilitador da construção sustentável:** permite análise avançada para o suporte da construção sustentável energeticamente econômica

Outro ponto crucial é que o BIM nos permite dizer qual agente responsável por uma decisão e qual o seu impacto para a qualidade total do projeto. Assim é possível analisar quais são as reais contribuições de cada um para o produto final, inclusive possibilitando uma divisão de responsabilidades mais equacionada (AUSTER, 2015).

O Quadro 5 apresenta uma adaptação do trabalho de Succar (2009) com os principais usos do BIM em relação a projetos, construção, operação e otimização de processos.

Quadro 5 - Principais usos do BIM

Projeto	Visualização	Projetos com visualização em 3D
		Controle de ciclos de revisões
		Documentação e detalhamento
		Escaneamento de edifícios com raio laser
		Fotogrametria
		Representação realística
		Realidade Virtual
		Realidade aumentada
	Análise	Verificação de requisito de normas
		Estimativa de custo
		Análises estruturais por elementos finitos
		Simulação de fogo e fumaça
		Análise luminotécnica
		Levantamentos quantitativos
		Análise de implantação no terreno
		Estudos de radiação solar
		Coordenação especial e análise de interferências
		Análise estrutural
		Análises de sustentabilidade
Construção	Execução	Construtibilidade
		Construção virtual
		Segurança do trabalho
		Especificações da construção
		Projeto de sistema construtivos
		Tecnologias móveis para o uso no canteiro
		Planejamento e controle da produção
		Licitações e contratações
	Pré-fabricação	Estruturas metálicas
		Estruturas de concreto armado
Aquisição	Coordenação dos suprimentos	
	Preparação de pacotes de compras	
Operação	Gerenciamento	Rastreamento dos ativos
		Manutenção dos ativos
		Monitoramento de ativos por GPS
		Gerenciamento de reformas
	Simulação	Gestão de sistemas
		Planejamento para situações de emergência
		Análise do consumo energético
		Rastreamento por ocupação
Otimização de processos	<i>Lean construction</i>	
	Gestão de cadeia de suprimentos	
	Gestão do conhecimento	
	Análise de valor	
	Melhoria do processo de comunicação	

Fonte: SUCAR (2009) apud MANZIONE (2013).

2.5 ENGENHARIA SIMULTÂNEA

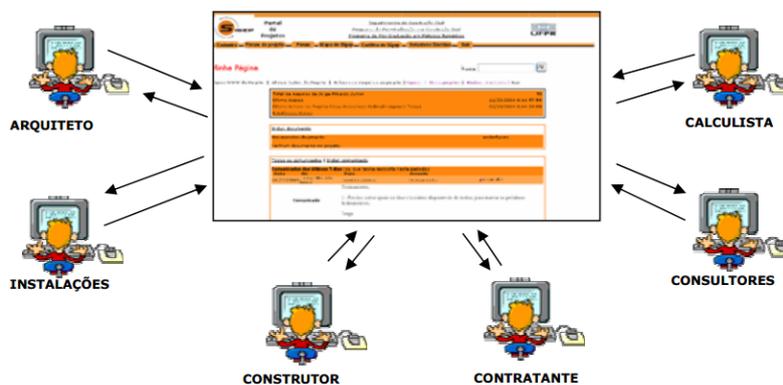
A compatibilidade é definida como propriedades inerentes ao projeto cujos componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflitam entre si e, além disso, que possui dados compartilhados com consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e obra (GRAZIANO, 2003).

Engenharia simultânea pode ser definida como o processo, no qual grupos interdepartamentais trabalham de modo interativo e formal no ciclo de vida completo do produto ou serviço, com o objetivo de encontrar e realizar a melhor combinação entre as metas de qualidade, custo e prazo (FABRÍCIO, 2002).

Como facilitador e catalisador da integração entre os especialistas envolvidos, a engenharia simultânea frequentemente é associada ao uso intensivo da informática e das telecomunicações como ferramentas de suporte às decisões e à interação entre especialistas (FABRÍCIO, 2002).

Na Figura 6 é apresentado um modelo de comunicação simultânea entre os diversos profissionais envolvidos na construção de um edifício.

Figura 6 - Interação simultânea entre profissionais de diversas áreas.



Fonte: MIKALDO (2008).

O projeto simultâneo pode trazer muitos benefícios para a integração entre projeto e execução da obra, uma vez que permite que os agentes envolvidos interajam mais desde as fases iniciais de concepção do empreendimento. Para tanto, é necessário que se promova uma transformação cultural dentro das empresas, a partir da valorização da interação da equipe de

construção. E, ainda, que haja uma reorganização da cadeia produtiva, com a gestão de projeto acontecendo em paralelo às disciplinas envolvidas, em detrimento do modo sequenciado de projetar (ARROTÉIA, sem data).

Aliada do gestor, a tecnologia BIM torna possível verificar falhas durante o processo de concepção do projeto, a partir da simulação do objeto arquitetônico. A ferramenta computacional tem por objetivo antecipar os problemas na fase de projeto a partir de um modelo tridimensional que permite um planejamento mais coerente. Além disso, o BIM é importante no auxílio à equipe desenvolvedora dos projetos da obra, possibilitando no ambiente colaborativo o estudo das interfaces entre as disciplinas envolvidas, quanto para a própria apresentação do projeto para os agentes (ARROTÉIA, sem data).

2.6 MODELAGEM PARAMÉTRICA

A modelagem paramétrica baseada em objetos foi desenvolvida nos anos 80. Ela não representa objetos estáticos sem variação de geometria e com propriedades estáticas. Ao contrário ela representa objetos por parâmetros e regras que determinam a geometria, assim como algumas propriedades e características não geométricas. Os parâmetros e regras permitem que os objetos se atualizem automaticamente de acordo com os novos valores estabelecido pelo usuário (EASTMAN et al., 2011).

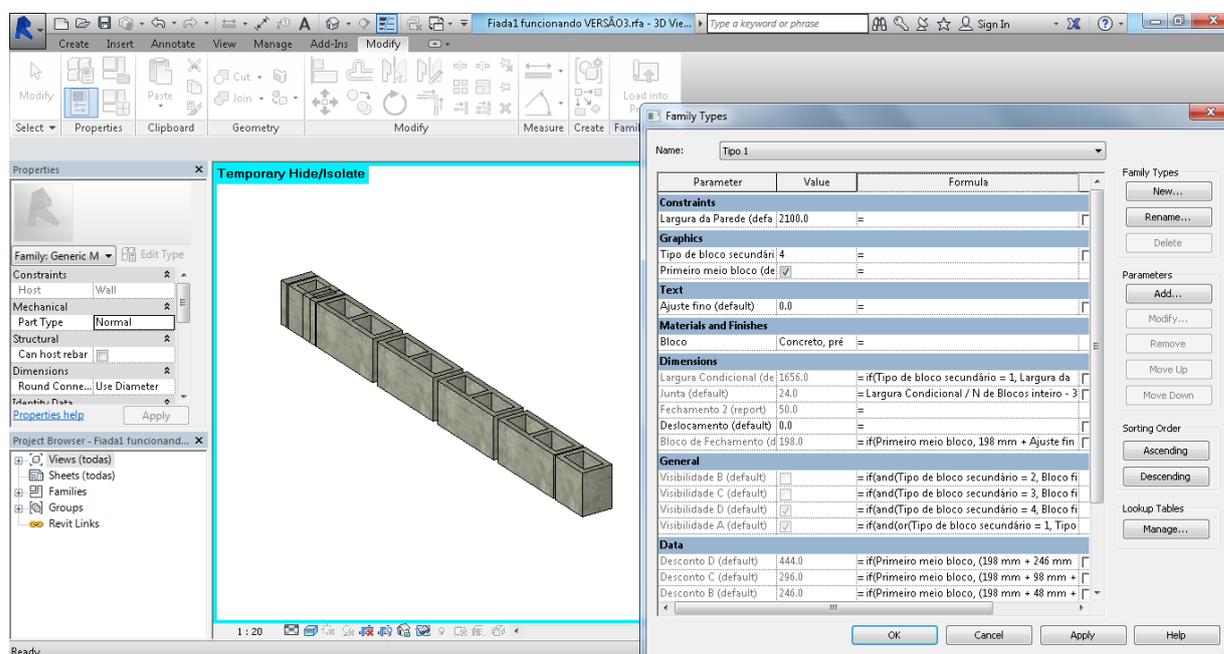
A ideia básica é que as dimensões e outras propriedades podem ser definidas de acordo com um ou um conjunto de parâmetros. As formas podem ser 2D ou 3D, sendo que objetos 2D não são automaticamente incluídos em listas de materiais, ou ainda em análise e outras aplicações. Ferramentas BIM em nível de fabricação (LOD 400) tem os objetos completamente em 3D.

Os softwares que dão suporte à modelagem baseada em objeto incorporam o conceito BIM são chamados: *Virtual Building*, *Parametric Modeling* ou *Model-Based Design*. Esses programas tem a capacidade de construir modelos virtuais com objetos paramétricos, como paredes, colunas e portas e são fundamentados na modelagem baseada em objeto. Por outro lado, os sistemas CAD baseado em entidade, representam apenas entidades gráficas, como linhas e arcos e não conseguem fornecer ricos significados semânticos sobre a edificação (TSE et al., 2005).

Os pioneiros na modelagem baseada em objeto na indústria da construção são *Nemetschek AllPlan* e *GraphiSoft ArchiCAD*, inseridos, respectivamente em 1980 e 1984. Em seguida, Bentley e Autodesk, que já haviam absorvido um grande pedaço do mercado referente à modelagem baseada em entidade, começaram a desenvolver modelos baseados em objetos e subsequentemente lançaram o Bentley MicroStation Triforma e Autodesk Architecture Desktop, em 1996 e 1998, respectivamente. Em 2000, Revit Technology Corporation introduziu um novo software paramétrico chamado Revit, que após dois anos foi adquirido pela Autodesk (TSE et al., 2005 apud AZUMA, 2009).

Na Figura 7 é apresentada a interface do Revit, pode-se observar a edição de uma família de fiadas de blocos e ao lado uma caixa com diversos parâmetros detalhados na Figura 8.

Figura 7 - Tela do software Revit, edição de famílias



Fonte: O autor (2016).

Figura 8 - Parâmetros de uma família de fiada de blocos no Revit

Name: Tipo 1

Parameter	Value	Formula
Constraints		
Largura da Parede (default)	2100.0	=
Graphics		
Tipo de bloco secundário (default)	4	=
Primeiro meio bloco (default)	<input checked="" type="checkbox"/>	=
Text		
Ajuste fino (default)	0.0	=
Materials and Finishes		
Bloco	Concreto, pré-molda	=
Dimensions		
Largura Condicional (default)	1656.0	= if(Tipo de bloco secundário = 1, Largura da Parede - Desconto A, if
Junta (default)	24.0	= Largura Condicional / N de Blocos inteiro - 390 mm
Fechamento 2 (report)	50.0	=
Deslocamento (default)	0.0	=
Bloco de Fechamento (default)	198.0	= if(Primeiro meio bloco, 198 mm + Ajuste fino, 0 mm)
General		
Visibilidade B (default)	<input type="checkbox"/>	= if(and(Tipo de bloco secundário = 2, Bloco final), 1 = 1, 1 = 0)
Visibilidade C (default)	<input type="checkbox"/>	= if(and(Tipo de bloco secundário = 3, Bloco final), 1 = 1, 1 = 0)
Visibilidade D (default)	<input checked="" type="checkbox"/>	= if(and(Tipo de bloco secundário = 4, Bloco final), 1 = 1, 1 = 0)
Visibilidade A (default)	<input checked="" type="checkbox"/>	= if(and(or(Tipo de bloco secundário = 1, Tipo de bloco secundário
Data		
Desconto D (default)	444.0	= if(Primeiro meio bloco, (198 mm + 246 mm + 2 * Ajuste fino), 246
Desconto C (default)	296.0	= if(Primeiro meio bloco, (198 mm + 98 mm + 2 * Ajuste fino), 98 m
Desconto B (default)	246.0	= if(Primeiro meio bloco, (198 mm + 48 mm + 2 * Ajuste fino), 48 m
Desconto A (default)	396.0	= if(Primeiro meio bloco, 2 * (198 mm + Ajuste fino), 198 mm + Ajust
Other		
N de Blocos inteiro (default)	4	= roundup(Largura Condicional / (398 mm + Ajuste fino))
Condicional (default)	<input checked="" type="checkbox"/>	= if(Primeiro meio bloco, 1 = 1, 1 = 0)
Bloco final (default)	<input checked="" type="checkbox"/>	=

Family Types: New..., Rename..., Delete

Parameters: Add..., Modify..., Remove, Move Up, Move Down

Sorting Order: Ascending, Descending

Lookup Tables: Manage...

OK Cancel Apply Help

Fonte: O autor (2016).

2.7 INTEROPERABILIDADE

Define-se como a capacidade de dois ou mais sistemas trocarem dados entre si de forma a ser possível utilizar a informação recebida, entretanto não existe atualmente uma solução que atenda em todos os aspectos, sendo considerado por Correa e Santos (2014) que a solução se dará através de um processo incremental passando por um maior rigor na especificação das entidades modeladas, e na construção de uma ontologia.

Segundo Eastman *et al.* (2011), nenhuma aplicação pode suportar sozinha todas as tarefas associadas ao projeto e à produção de uma construção. A interoperabilidade baseia-se tradicionalmente em intercâmbio de formatos de arquivo, como o DXF (*Drawing eXchange Format*).

Segundo Scheer e Ayres Filho (2009), a interoperabilidade é entendida como um mapeamento das estruturas internas de dados nas ferramentas envolvidas em relação a um

modelo neutro, independente de fabricantes. Espera-se que a interoperabilidade aconteça através do estabelecimento de um padrão para o intercâmbio de dados entre diferentes aplicativos de forma otimizada, mantendo a semântica existente nos objetos e a consistência das informações. O modelo neutro atualmente proposto para a modelagem da informação da construção é o *Industry Foundation Classes* (IFC).

Para a passagem de dados entre aplicativos são utilizados arquivos baseados em diferentes formatos de trocas. Alguns destes aplicativos apresentam maior capacidade de interoperabilidade, outros se limitam às trocas internas. A necessidade de troca de dados entre aplicativos não é algo recente na construção civil. Desde os primeiros aplicativos CAD 2D já existiam formatos capacitados para troca de algum tipo de dado. Existem basicamente quatro diferentes maneiras de trocas de dados entre dois aplicativos BIM (EASTMAN et al., 2011): ligação direta, formato de arquivo de troca de proprietário, formatos de arquivos de trocas de domínio público e formatos de troca baseados em XML (ANDRADE; RUSCHEL, 2009)

No Quadro 6 são descritos os modos de como ocorrem os fluxos de dados entre aplicativos e exemplo dos formatos desses arquivos.

Quadro 6 - Tipos de fluxos de dados entre 2 programas

Modos do fluxo de dados	Descrição	Exemplos
Ligação direta	Quando os aplicativos utilizam um formato binário de interface	GDI, MDL
Arquivo de troca proprietário	São formatos desenvolvidos por organizações comerciais para estabelecerem interface entre aplicativos diferentes	DXF, 3DS
Arquivos de trocas de domínio público	Envolvem um padrão aberto de modelo de construção. Estes carregam propriedades de objetos, materiais, relações entre objetos, além das propriedades geométricas. São interfaces essenciais para uso em aplicativos de análise e gerenciamento de construção	IFC, CIS/2
Formatos de troca baseados em eXtensible Markup Language (XML)	São extensões do formato HTML, que é a língua base da Web. Permitem a criação de esquemas definidos pelo usuário	XML, gbXML

Fonte: Adaptado de ANDRADE e RUSCHEL (2009)

Para Eastman et al. (2011) os dois principais modelos de troca de dados de domínio público do produto da construção civil são *CIMsteel Integration Version 2* (CIS/2) e o *Industry Foundation Classes* (IFC). O CIS/2 é um formato desenvolvido para ser usado em projetos de

estruturas em aço e na fabricação. O IFC, segundo a *International Alliance for Interoperability* (2008), é um formato aberto, neutro e com especificações padronizadas para o *Building Information Models*. O IFC é um formato para ser usado no planejamento do edifício, no projeto, na construção e gerenciamento. Para Fu et al. (2006), é um tipo de linguagem que foca na modelagem do produto e processos da indústria da AEC/ FM (*Facility Management*). O IFC é o principal instrumento pelo qual é possível estabelecer a interoperabilidade entre os software da AEC/ FM (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

O IFC foi criado pela IAI - *International Alliance for Interoperability* em 1984. A rigor, o IFC é um “schema de dados”, isto é, um conjunto abstrato de dados a respeito de outros dados ou de regras que definem os elementos, com seus tipos e atributos e os relacionamentos que podem ser criados entre eles na construção de um modelo. O objetivo é permitir a representação de toda a edificação em uma base de dados numérica. O schema IFC é representado na linguagem EXPRESS, a mesma usada no STEP (*Standard for the Exchange of Product data*), um padrão ISO anterior, usado principalmente na indústria mecânica (INTERNATIONAL ALLIANCE FOR INTEROPERABILITY, 2008)

O padrão IFC é muito extenso e complexo, conforme Jim Steel, Drogemuller e Toth (2012) apud MANZIONE (2016). A versão atual, IFC4, inclui 126 tipos definidos, 206 tipos de enumeração, 59 tipos para seleção, 764 definições de entidades, 43 funções, 408 conjuntos de propriedades, 91 conjunto de quantidades e 1.691 propriedades individuais. A complexidade do padrão é exacerbada pela possibilidade de existirem formas alternativas de modelagem para um mesmo objeto: por exemplo, um bloco estrutural pode ser tanto modelado por uma representação limitada por quatro planos quanto pela extrusão de uma superfície e um vetor.

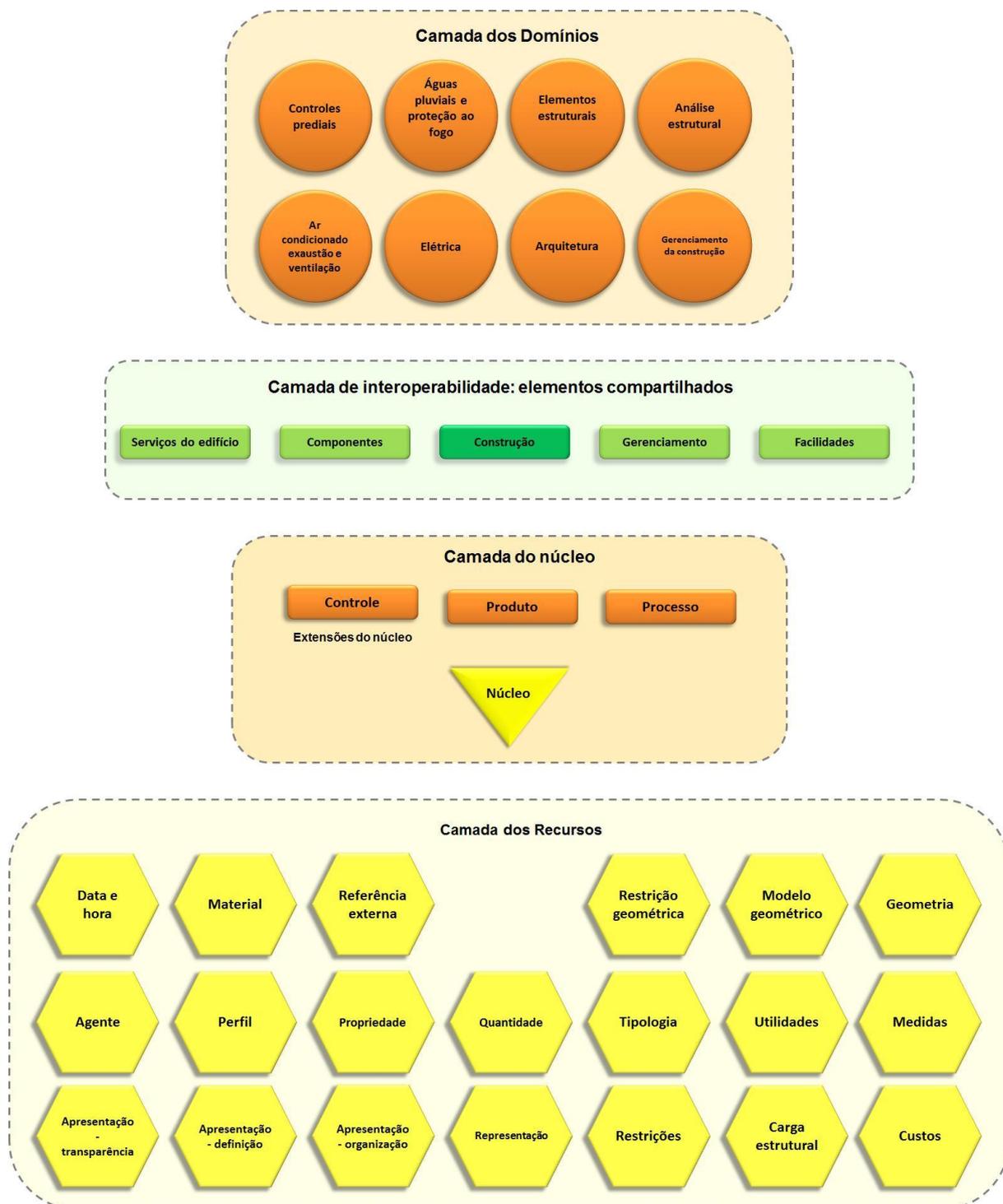
Cada um desses objetos tem diferentes significados semânticos e, embora possam ter a mesma aparência na vista em 3D, eles terão tratamentos diferentes na ferramenta de análise estrutural (DROGEMULLER. TOTH 2012 apud MANZIONE, 2016).

A arquitetura do IFC é constituída de uma estrutura modular composta por quatro camadas conceituais. Estas representam quatro principais níveis. Cada nível constitui-se de uma série de categorias. É dentro de cada uma destas categorias que as propriedades de uma entidade são definidas (EASTMAN, 1999). As camadas são: **camada de recursos, camada central, camada de interoperabilidade e camada de domínio.**

A característica de interoperabilidade do IFC é crucial na plataforma BIM. Ele é o formato universal responsável pela viabilização da intercomunicação dos softwares.

A Figura 9 apresenta um esquema geral de funcionamento do armazenamento e organização de dados dentro do arquivo IFC. Já na Figura 10 são apresentados alguns softwares que trabalham com extensão IFC, divididos por disciplinas.

Figura 9 - Visão geral do esquema IFC, versão 2x4



Fonte: Adaptado de building SMART (2012)

Figura 10 – Alguns softwares BIM que trabalham com o formato IFC



Fonte: JACKSON, sem data.

2.8 Entrega do Projeto Integrado

Integrated Project Delivery ou “entrega do projeto integrado” são algumas diretrizes desenvolvidas pela *American Institute of Architects* (AIA) que tem como objetivo contribuir para a implantação do BIM. Ela visa aproveitar os talentos de cada um dos participantes para otimizar resultados e reduzir desperdícios. O BIM e o IPD são interdependentes entre si (AIA, 2007).

IPD é uma abordagem que envolve pessoas, sistemas, estruturas de negócios e práticas em um processo que de forma colaborativa, aproveita os talentos e introspecções de todos participantes para otimizar, resultados do projeto, aumentando o valor para o proprietário, reduzindo o desperdício e maximizando a eficiência em todas as fases de projeto, fabricação e construção (AUTODESK, 2007).

Segundo a AIA 2007 o IPD permite alinhar o proprietário, construtor e profissional de design em todas as partes, ele motiva a colaboração através do processo de design e construção, amarrando o sucesso dos interessados com o sucesso do projeto e personifica alguns princípios contratuais e comportamentais. O AIA em seu guia definiu as características inclusas no IPD:

- Processos altamente colaborativos que abrangem as fases de projeto, construção.

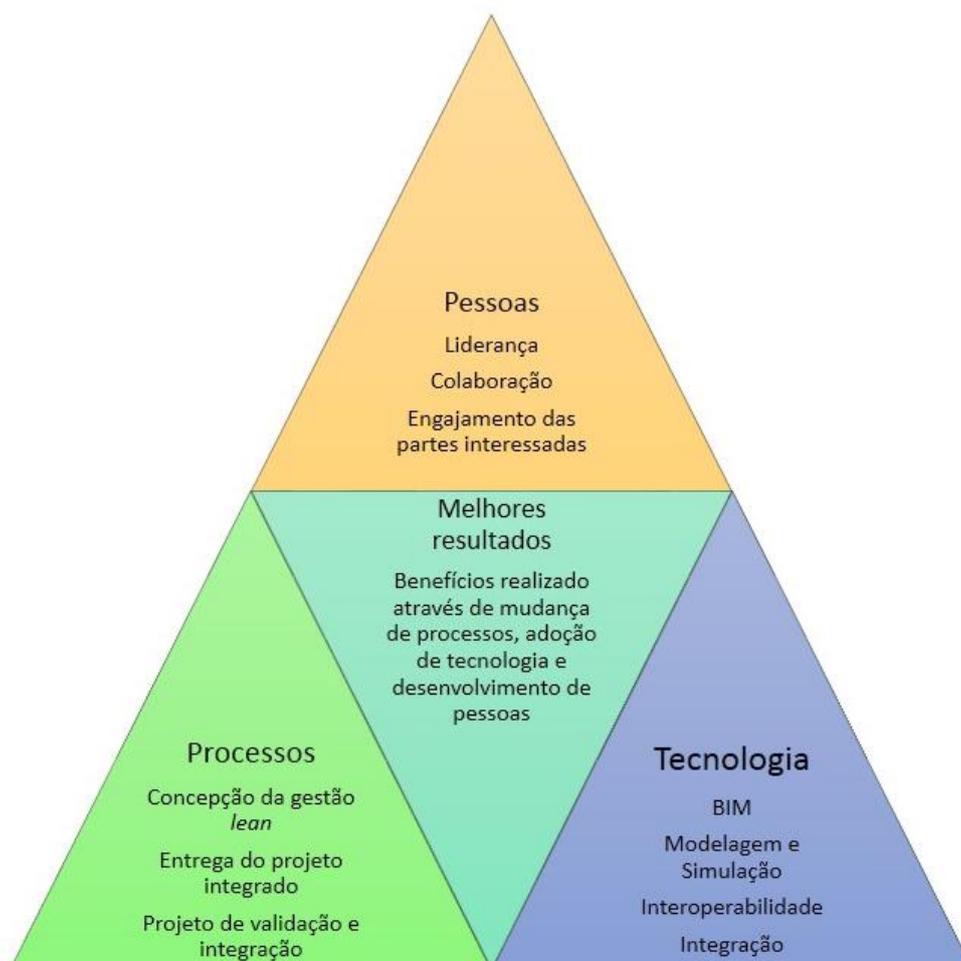
- Aproveitamento das primeiras contribuições de competência individual.
- Compartilhamento de informação entre as partes interessadas do projeto.
- O sucesso da equipe está amarrado ao sucesso do projeto, com risco compartilhado e recompensa.
- O valor é baseado em tomada de decisão.
- A utilização completa de permitir capacidades tecnológicas e de apoio.

Princípios Comportamentais:

- Respeito Mútuo e confiança
- Vontade de colaborar
- Comunicação aberta

Na Figura 11 é apresentada as vertentes da Entrega do Projeto Integrado em forma de pirâmide

Figura 11 - Pirâmide compostas pelas vertentes do IPD



Fonte: Adaptado de KIVINIEMI (2011).

3.0 PROJETO DE PRODUÇÃO DE VEDAÇÃO VERTICAL EM ALVENARIA

O Projeto para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria (PPVVA) tem se mostrado 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 (LUCINI, 2001).

3.1. DEFINIÇÃO DE ALVENARIA

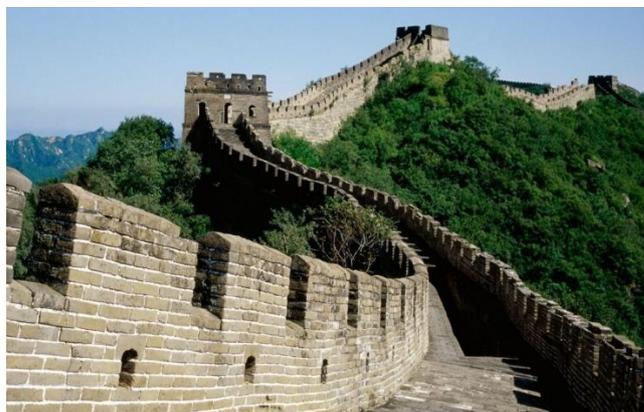
Denomina-se alvenaria o conjunto de pedras naturais ou artificiais, justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical unido. Esse conjunto serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos, à ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes (TAUIL, 2010).

Entende-se por alvenaria a associação de um conjunto de unidades de alvenaria (tijolos, blocos, pedras, etc.) e ligantes que resultam num material que possui propriedades mecânicas internas com a capacidade de constituir elementos estruturais (VALLE, 2008).

Segundo Sabbatini (1984) “A alvenaria é um componente complexo utilizado na construção e conformado em obra, constituído por tijolos ou blocos unidos entre si por juntas de argamassa formando um conjunto rígido e coeso”.

Na Figura 12 é apresentada a Muralha da China a mais famosa do mundo construída em aproximadamente dois milênios (BLOG RENOVACÃO, 2015).

Figura 12 - Muralha da China



Fonte: BLOG RENOVACÃO (2015).

3.2. CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE ALVENARIA

Existe uma grande diversidade de classificações do sistema de vedação vertical. As principais classificações são quanto a: função estrutural, quanto ao tipo do material usado, componentes de ligação e proteção, no Quadro 3.1 será detalhada a classificação e o tipo das alvenarias.

Quadro 7 - 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 de 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., 1988.

3.3. RACIONALIZAÇÃO

“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, 1996).

A alvenaria de vedação tradicional (Figura 13) é caracterizada por elevados desperdícios, adoção de soluções construtivas no próprio canteiro de obras, ausência de fiscalização dos serviços, deficiente padronização do processo de produção e a ausência de planejamento (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2008).

Já Taralli (1984) conceitua processos construtivos tradicionais (Figura 13) e para processos construtivos racionalizados (Figura 14).

Processos construtivos tradicionais são: “Processos baseados na produção artesanal, com uso intensivo de mão-de-obra, baixa mecanização (produção essencialmente manual), com elevados desperdícios de mão-de-obra, material e tempo, dispersão e subjetividade nas decisões, descontinuidade e fragmentação da obra” (TARALLI, 1984).

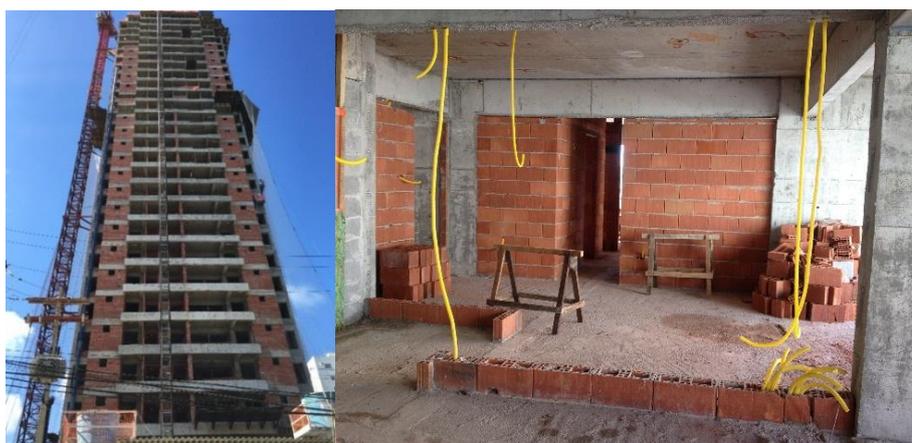
Processos construtivos racionalizados são: “Processos que incorporam princípios de planejamento e controle tendo como objetivo: eliminar desperdícios de mão-de-obra e materiais; aumentar a produtividade; planejar o fluxo de produção e centralizar e programar as decisões” (TARALLI, 1984).

Figura 13 - Alvenaria tradicional: a) baixa qualidade na execução; b) deficiente padronização



Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO (2008)

Figura 14 - Alvenaria racionalizada do estudo de caso: a) Fachada; b) Pavimento tipo.



Fonte: Estudo de caso (2016).

“Racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso dos recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases” (SABBATINI, 1998).

“A racionalização da produção da vedação vertical de alvenaria é fundamental para racionalização de todos os demais subsistemas que compõem o edifício, propiciando diminuição de desperdícios e economia de materiais e de mão-de-obra, proporcionando o aumento da produtividade das atividades” (FRANCO, 1998).

A racionalização possibilita a projetistas, a fornecedores e as construtoras uma delimitação quantitativa, econômica, dimensional e produtiva do sistema de fechamento de vãos, junto à facilidade de incorporar esse sistema em construções racionalizadas através do processo de maior produtividade (LUCINI, 2001).

Ainda segundo Lucini (2001) a racionalização está vinculada a coordenação modular e possibilita resposta a um conjunto de necessidades na produção de edificações.

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

3.4. MODULAÇÃO

A palavra “módulo” tem origem no latim *modulu*, para este trabalho será empregada as definições propostas por Ferreira (1999):

- Medida reguladora das proporções de uma obra arquitetônica; ou
- Quantidade que se toma como unidade de qualquer medida.

3.4.1. Histórico

O Brasil foi um dos primeiros países, em âmbito mundial (Quadro 8), a aprovar uma norma de Coordenação Modular, a NB-25R, em 1950. Além disso, teve os anos 70 e início dos 80 tomados pelos conceitos e estudos a respeito, promovidos, principalmente, pelo Banco Nacional da Habitação (BNH), por universidades e pelo Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum (CBC). No entanto, mesmo com tantos esforços para a promoção da Coordenação Modular, verifica-se hoje que ela não está sendo utilizada, tanto pela interrupção abrupta de bibliografia a partir do início da década de 80 e pela lacuna de estudos que, a partir de então, se formou, quanto pelo caos dimensional de grande parte dos componentes construtivos (GREVEN, 2007).

Quadro 8 - Publicação das primeiras normas de Coordenação Modular

Módulo	País	Ano
França	10 cm	1942
Estados Unidos	4 polegadas	1945
Bélgica	10 cm	1948
Finlândia	10 cm	1948
Itália	10 cm	1949
Polônia	10 cm	1949
Brasil	10 cm	1950
Bulgária	10 cm	1951
Alemanha	12,5 cm e 10 cm	1951
Noruega	10 cm	1951
Hungria	10 cm	1951
Suécia	10 cm	1952
Portugal	10 cm	1953
União Soviética	10 cm	1954
Grécia	10 cm	1955
Romênia	10 cm	1956
Áustria	10 cm	1957
Iugoslávia	10 cm	1958
Dinamarca	10 cm	1958
Tchecoslováquia	10 cm	1960
Bielo-Rússia	10 cm	1962
Holanda	10 cm	1965
Inglaterra	4 polegadas	1966

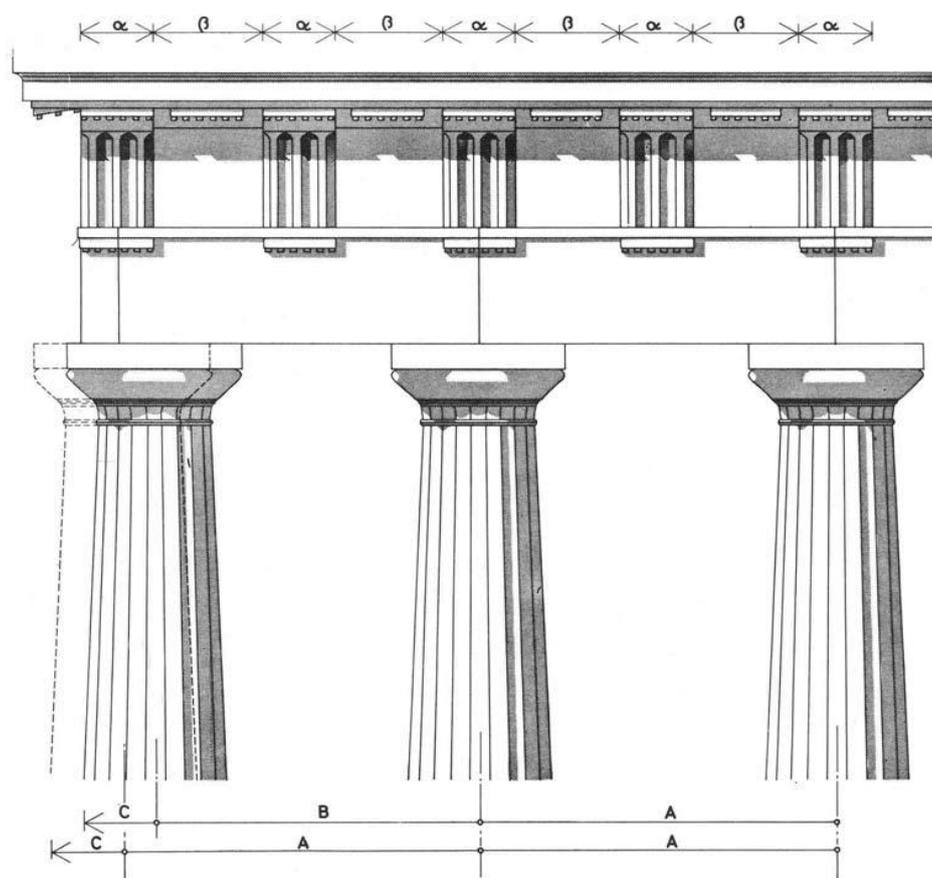
Fonte: BALDAUF, 2004 adaptado de TECHNISCHE HOCHSCHULE HANNOVER (1967).

Poucos objetivos foram alcançados, mesmo com toda a promoção para a racionalização da construção. O fato é que, hoje, a indústria da construção civil apresenta-se como um setor de caráter heterogêneo em relação à sua produção, marcada, de um lado, por obras com um alto índice de produtividade e, de outro, por obras artesanais com altos índices de desperdício associados à baixa produtividade (GREVEN, 2007)

Segundo Rosso (1976), o uso de módulos aparece na arquitetura em uma explanação clássica dos gregos, sob um caráter estético; dos romanos, sob um caráter estético-funcional; e dos japoneses, sob um caráter funcional.

A Figura 15 apresenta a proporção dos elementos das ordens gregas é a expressão da beleza e da harmonia (CHING, 1998).

Figura 15 - Vãos normais e de esquina na arquitetura grega



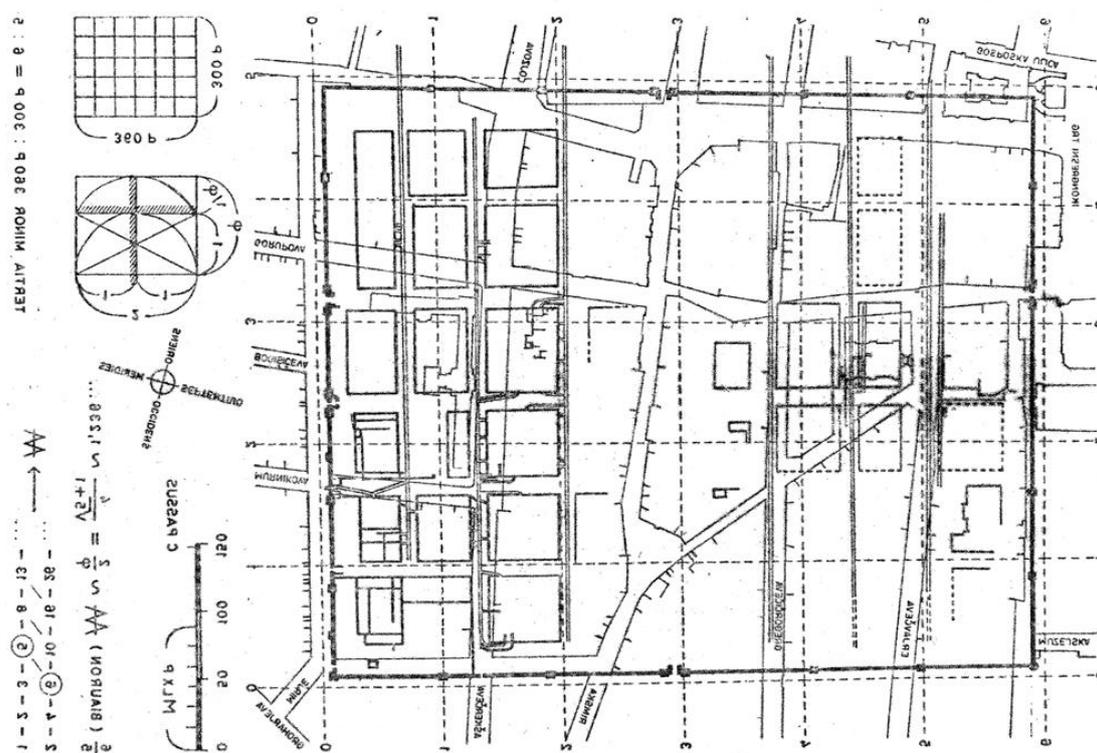
Fonte: NISSEN, (1976)

Para a unidade básica das dimensões era utilizado o diâmetro da coluna. A partir desse módulo, criavam-se todas as demais dimensões, não só da própria coluna, como o fuste, o capitel e a base, mas de todas as demais dimensões da obra arquitetônica. Também o espaço entre as colunas estava baseado no diâmetro delas, e a distância entre as colunas da esquina das edificações gregas (GREVEN, 2007).

Na civilização romana, o planejamento das cidades e o projeto dos edifícios obedeciam a um reticulado modular baseado no *passus* romano, que era múltiplo do *pes*, uma unidade de medida antropométrica. Além das composições estarem baseadas em um módulo antropométrico, os romanos, povo de caráter essencialmente prático, tinham conseguido padronizar seus tijolos em dois tipos universais: o *bipetalis* e o *sesquipetalis* (ROSSO, 1976).

Exemplo do planejamento das cidades é o traçado da cidade de Emona, baseado em um módulo de 60 *passus*, originando um reticulado de 360 *passus* x 300 *passus*, dando à cidade uma proporção de 6:5. Na Figura 16 pode ser visualizada a malha pela qual a cidade de Emona, hoje Liubliana, na Eslovênia, se organizava. (GREVEN, 2007)

Figura 16 - Cidade de Emona



Fonte: CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM (1972).

3.4.2. Teoria da Coordenação Modular

Na língua inglesa, *modular building* e, especialmente, *modular housing*, *modular home* e termos similares significam "pré-fabricação". A coordenação modular de fato foi criada com o intuito de compatibilizar elementos industrializados entre si e com outros elementos, produzidos no canteiro. Mas ela não é, de modo nenhum, exclusivamente aplicada a processos industriais, nem implica sistemas construtivos fechados ou dependência de um único fabricante. Na verdade, a coordenação modular facilita unir pré-fabricação e técnicas construtivas tradicionais, assim como facilita unir elementos de fabricantes diversos. (EMIDÍO et al., 2016).

Segundo ABDI, 2008 O estudo da coordenação modular é fundamentado por princípios da internacionalmente acordados, praticados e formalizados em normas técnicas de diversos países, bem como em três normas ISO essenciais ao tema:

- ISO 1006-1983 - Building Construction - Modular Coordination - Basic Module
- ISO 1791-1983 - Building Construction - Modular Coordination – Vocabulary
- ISO 2848-1984 - Building Construction - Modular Coordination – Principles and Rules

A Associação Brasileira de Normas Técnicas em uma publicação intitulada: Síntese da Coordenação Modular, deliberar como sendo... “a aplicação específica do método industrial por meio da qual se estabelece uma dependência recíproca entre produtos básicos (componentes), intermediários de série e produtos finais (edifícios), mediante o uso de uma unidade de medida comum, representada pelo módulo” (ABNT, 1975).

Já a NBR 5706: Coordenação Modular da construção – procedimento” emprega como definição: “técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um reticulado espacial modular de referência (ABNT, 1977).

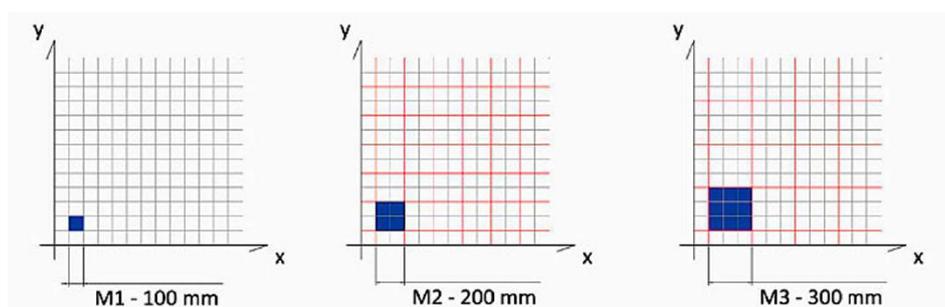
Rosso (1976) é contrário a esta definição, pois acredita que os que a definem como técnicas veem-na apenas como um instrumento de projeto, rigorosamente disciplinado pelo uso de retículas e quadrículas, enquanto na verdade é uma metodologia sistemática de industrialização (GREVEN, 2007).

Lucini (2001) entende por Coordenação Modular o sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo predeterminado (10 cm), compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações.

Segundo TAUIL (2010) é possível concluir que a coordenação modular organiza todas as peças ou componentes que fazem parte de um edifício, dentro de uma base, com medidas pré-definidas. Pela terminologia, pode-se concluir que coordenar modularmente é organizar ou arranjar peças e componentes, de forma a atenderem a uma medida de base padronizada.

Ao contrário da percepção de senso comum, projetar de maneira modular utilizando uma base reticulada espacial nos eixos cartesianos não engessa o projeto, mas possibilita uma perfeita organização dos espaços. Sempre que necessário, utilizam-se sub módulos de M, possibilitando ainda mais a flexibilidade no desenvolvimento do projeto de arquitetura (TAUIL, 2010).

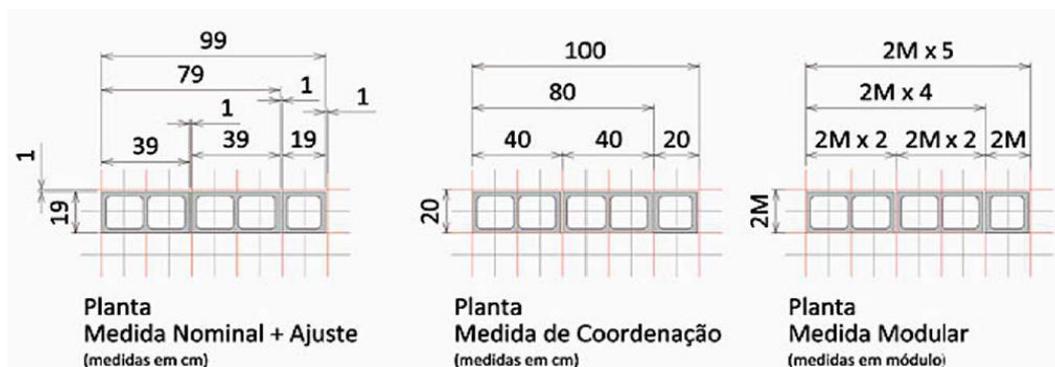
Figura 17 - Quadrícula modular 1M/ 2M / 3M.



Fonte: TAUIL (2010).

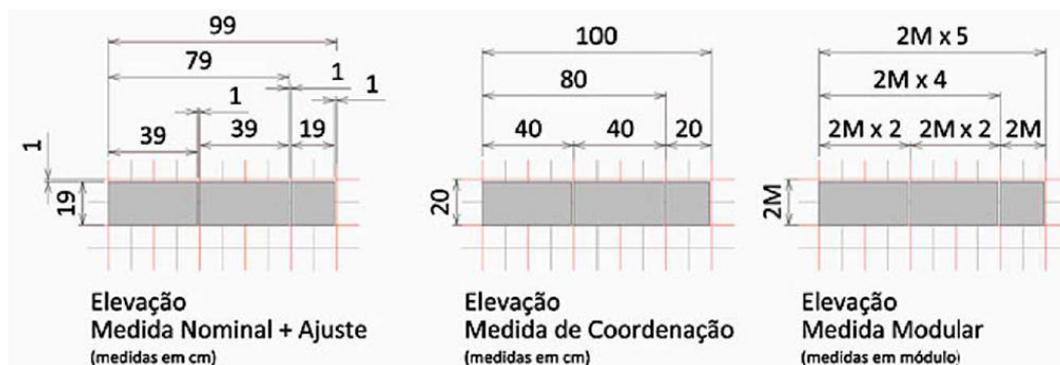
Para TAUIL (2010) apesar de adotarmos o módulo m10, nada impede de trabalhar com múltiplos e submúltiplos da medida modular, ou seja 1/2 módulo – 5 cm, 1 módulos - 10 cm, 2 módulos - 20 cm, 3 módulos - 30 cm e assim por diante. A modulação pode ocorrer em todas as direções, na Figura 18 é apresentada um exemplo de modulação horizontal, já na Figura 19 é apresentada um exemplo de modulação vertical.

Figura 18 - Exemplo de aplicação da modulação horizontal



Fonte: TAUIL (2010).

Figura 19 - Exemplo de aplicação da modulação vertical



Fonte: TAUIL (2010).

A coordenação modular pode ser compreendida como um processo de industrialização, pautado no intercâmbio de medidas de um sistema referenciado por uma escala modular, tendo múltiplos e submúltiplos da qual a unidade principal é o módulo. A coordenação modular na construção civil possui uma alta gama de atividades, o que abrange importantes etapas da cadeia produtiva de um empreendimento. No Quadro 9 são apresentados produtos obtidos através dos processos de coordenação modular

Quadro 9 - Processos obtidos através da coordenação modular

Produtos Básicos	Produtos Intermediários	Produto final
Estrutura Modulada	Alvenaria	Edifício
	Forro	
	Esquadrias	
	Fachada	
Alvenaria Modulada	Esquadrias	
	Inst. elétricas (caixas de passagens e eletrodutos)	
	Inst. hidráulicas (tubulações)	
Cerâmico de Piso Paginada	Ralos	
	Soleiras	
	Cerâmica na parede	
Cerâmica de Parede Paginada	Cerâmica no Piso	
	Inst. elétricas (interruptores e tomadas)	
	Inst. hidráulicas (pontos de utilização)	
	Esquadrias	
	Forro	

Fonte: Autor (2016).

3.4.3. Coordenação Modular, Definições e Conceitos

A Coordenação Modular se baseia num único princípio fundamental: o espaço ocupado por um elemento ou componente construtivo deve ter medidas múltiplas de 10cm nas três dimensões (ABDI, 2008).

Para que a coordenação modular tenha pleno funcionamento é necessário que alguns critérios sejam satisfeitos. Este trabalho adota as premissas descritas por Lucini (2001) e pela ABDI (2008) onde são definidos alguns conceitos que vão desde conceitos espaciais a definições de detalhes adotados em projetos:

Quadro 10 - Conceitos de Modulação

Conceito	Descrição
Elemento (construtivo)	Parte da edificação com funções específicas, constituída por um conjunto de componentes e/ou materiais de construção. Exemplo: parede, janela, escada.
Componente (construtivo)	Produto destinado à edificação e formado como uma unidade distinta, de geometria definida e de medidas especificadas nas três dimensões. Exemplos: Bloco cerâmico, telha, painel etc.
Material (construtivo)	Produto destinado à edificação e que não é formado como uma unidade distinta, não tem geometria definida ou não tem medidas especificadas nas três dimensões. Exemplo: areia, brita, cal, cimento, chapa, bambu, pedra de mão, aditivo, tinta, argamassa etc.
Módulo	Define a distância entre dois planos consecutivos do Reticulado Modular Espacial de Referência. Por convenção, esta distância é um decímetro (1dm=10 cm).
Medida Modular	Medida de um componente, vão ou distância entre partes da construção definidas a partir de um ou mais módulos (medidas como múltiplos de 10cm). A medida modular inclui o componente e a folga perimetral necessária para absorver tanto as tolerâncias de fabricação como a colocação em obra, de acordo com as técnicas construtivas correspondentes. Garante que cada componente disponha de espaço suficiente para a sua colocação na obra, sem invadir a medida modular do componente adjacente.
Medida Nominal	Medida determinada para o projeto ou produção de um componente é sempre inferior à Medida Modular, para possibilitar a inclusão de tolerância de fabricação e a sua colocação em obra, sem invadir a medida modular do componente adjacente.
Medida Real	Aquela que se obtém a medir qualquer componente da construção. Será maior ou menor que a Medida Nominal, de acordo com a tolerância prevista na produção do componente.
Medida de coordenação	Medida do espaço de coordenação de um elemento ou componente.
Medida Modular:	Medida de coordenação cujo valor é igual ao módulo básico ou a um múltiplo do módulo.

Quadro 10 - Conceitos de Modulação (continuação)

Coordenação Dimensional	Inter-relação de medidas de elementos e componentes construtivos e das edificações que os incorporam, usada para seu projeto, sua fabricação e sua montagem.
Coordenação Modular	Coordenação dimensional mediante o emprego do módulo básico ou de um múltiplo do módulo.
Tolerância de Fabricação:	Diferença máxima admissível entre a Medida Nominal e a Medida Real
Junta Nominal:	Distância real, medida em obra, entre os extremos adjacentes de dois componentes
Junta Real	Distância prevista no projeto entre os extremos adjacentes de dois componentes da construção, considerados a partir da Medida Nominal.
Ajuste Modular	Estabelece a dimensão entre a Medida Nominal e a Medida Modular de um componente. Compreende a folga perimetral necessária ao componente para absorver as tolerâncias de fabricação e a sua colocação em obra sem invadir a Medida do Modular do componente adjacente
Esquadria Modular	Conjunto funcional ou componente que possibilita comunicação, ventilação e/ou iluminação projetado e produzido para ocupar um Vão Modular
Vão Modular	Medida modular comum ao vão construtivo modular na vedação de esquadria modular. Por definições anteriores, a Medida Nominal do Vão Construtivo será maior que o Vão Modular, enquanto que a Medida Nominal da esquadria será menor. As diferenças correspondem ao Ajuste Modular do Vão e da esquadria e, somadas definem Junta Nominal ou Real (em caso verifica-se e, projeto ou na obra)
Zona Neutra	Zona não modular entre Reticulados Modulares Espaciais de Referência destinada a absorver parte da construção de difícil modulação por suas características técnicas e funcionais

Fonte: Adaptado de LUCINI, 2001 & ABDI, 2008.

São denominadas medidas modulares. As medidas previstas do elemento ou componentes propriamente ditas são denominadas medidas nominais.

Portanto:

Espaço de coordenação = Elemento ou componente + Ajustes de coordenação Elemento

Medida modular = Medida nominal + Ajuste de coordenação

3.5. O Projeto para Produção

Em um passado recente a gestão de projetos esteve voltada para a elaboração, concessão e administração de contratos, negligenciando a produção. Já gestão da produção, da mesma forma negligenciou os projetos. Com o sucesso do sistema Toyota, esse panorama mudou. O

sistema de produção desenvolvido passou a ter o modelo de uma nova forma de se projetar e produzir. O foco passou a ser o sistema de produção. Assim, o projeto do produto leva em consideração a sua produção desde o primeiro momento (CHALITA, 2010).

No final dos anos 80, a EPUSP (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo) associada à Encol (empresa construtora) deu início a um trabalho de pesquisa sobre o PPVVA (SILVA, 2003).

Dentre os projetos desenvolvidos de um empreendimento, o PPVVA ganhou um papel de destaque no que diz respeito à gestão da produção. Este projeto 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 (FRANCO; DUEÑAS PEÑA, 2006).

Na alvenaria racionalizada é adotado um projeto executivo específico para a vedação vertical da construção. Antes de se pensar no projeto da alvenaria deve-se atentar para a coordenação de todos os projetos necessários para a execução da obra. As interferências dos projetos arquitetônico, estrutural e de instalações devem ser cuidadosamente analisadas e resolvidas na fase de anteprojeto (LUNA, 2013).

Projetar alvenarias moduladas com blocos lembra a montagem de um jogo de peças de encaixes, como o “Lego”. Modular é amarrar um elemento ao outro com juntas alternadas e amarrar as alvenarias (ABCP, sem data).

Atualmente, com a utilização de ferramentas de produção gráficas mais dinâmicas, com a praticidade de criar várias versões do mesmo projeto de forma rápida e clara, tornado mais acessível à concepção do projeto para produção.

3.6. Metodologia para Execução do PPVVA

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).

Para a elaboração do PPVVA devem ser definidas as soluções técnicas, os materiais a ser empregados, e a sequência de elaboração e procedimentos executivos. Estas definições

partem da análise estrutural e dimensional, da análise crítica dos projetos e da análise das interfaces dos demais subsistemas com a alvenaria. A partir destas análises são definidos e detalhados conceitos de produção tais como: família de blocos a ser utilizado, tipo de argamassa, tipos de amarração entre alvenarias, fixação da alvenaria a estrutura, juntas de trabalho, instalação das esquadrias, relação da alvenaria com instalações (embutimento ou criação de *shafts*), vergas e contravergas, utilização de componentes pré-moldados, etc. (FRANCO; DUEÑAS PEÑA, 2006).

3.6.1 Definindo o Produto

Cada projetista tem o seu próprio método de elaboração do escopo do PPVVA. Segundo Franco e Dueñas Peña (2006): a intenção da flexibilidade do escopo do projeto, de acordo com os projetistas entrevistados, é atender às mais variadas situações construtivas e particularidades dos clientes visando sempre a racionalização da produção. Desta forma, o escopo do PPVVA pode variar de um simples detalhamento genérico acompanhado de visitas à obra a um projeto extremamente detalhado. A variação do escopo se deve basicamente:

- Ao perfil do cliente: estruturas organizacionais e patamares tecnológicos diferenciados;
- Há tipologia do empreendimento: residencial, comercial, serviços e institucionais;
- Às solicitações personalizadas.

Chalita (2011) resume escopos do PPVVA de diversos autores no Quadro 11.

Quadro 11 - Comparativo de elementos do PPVVA

ELEMENTO DO PROJETO PARA PRODUÇÃO DE VEDAÇÕES VERTICAIS (PPVV)	BARROS 1998a	SILVA 2003	PEÑA 2003	AQUINO 2004	MELHADO ET AL 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: CHALITA (2011)

3.6.2 Caracterização das Etapas de desenvolvimento do PPVVA

Franco e Dueñas Peña, (2006), definiram uma metodologia para o desenvolvimento do PPVVA, que também serve como ferramenta de controle de contratação e análise crítica para as empresas construtoras, ilustrado no Fluxograma 1. As etapas definidas serão caracterizadas a seguir de acordo com seu conteúdo, sequência, procedimentos e informações necessárias para sua elaboração.

Etapa 1 - Dados Iniciais

A etapa 1 serve basicamente para definir o que será feito e sob que condições; ou seja, nesta etapa são definidos o escopo do PPVVA a ser desenvolvido, as ferramentas a serem utilizadas, os profissionais envolvidos e o cronograma dentro do qual os projetos serão desenvolvidos. Ao estabelecer o primeiro contato com a empresa contratante, que, na maioria das vezes, se trata da empresa construtora, o projetista deve levantar os seguintes dados: (FRANCO; DUEÑAS PEÑA, 2006).

A experiência da empresa com projetos para produção;

O estágio de desenvolvimento dos projetos;

Solicitar uma planta de estrutura e de arquitetura do pavimento tipo;

Tipo de bloco de alvenaria.

Etapa 2 - Estudo Preliminar

A etapa 2 é caracterizada pela análise crítica e conceitual dos projetos e também pela sua compatibilização (Fluxograma 2) . Esta análise dos projetos permite identificar os pontos críticos de cada projeto individualmente e principalmente se existe algum tipo de conflito decorrente da sobreposição dos projetos. Além da identificação os pontos críticos dos projetos esta análise crítica e conceitual compreende a avaliação o futuro desempenho da alvenaria, sendo um dos pontos mais importantes do PPVVA. Nesta análise o projetista irá verificar: (FRANCO; DUEÑAS PEÑA, 2006).

Projeto de estrutura: o tipo de estrutura, o carregamento que foi considerado no cálculo comportamento da estrutura, principalmente no que diz respeito a possíveis deformações;

O relacionamento da estrutura com a alvenaria: tipos de ligações, juntas, etc;

As tecnologias de produção, sequências de elaboração e procedimentos executivos;

A padronização modular de blocos, esquadrias, vergas e contravergas, vãos de arquitetura e estrutura;

Etapa 3 – Anteprojeto

A etapa 3 é qualificada pela análise e compatibilização dos projetos já discutidos anteriormente. Para dar início a esta etapa é necessário (FRANCO; DUEÑAS PEÑA, 2006):

Aprovação da etapa anterior pelo cliente;

Anteprojeto de arquitetura, estrutura e instalações contemplando solicitações da reunião de compatibilização da etapa anterior;

Definição do bloco de alvenaria a ser utilizado.

Uma vez recebidos os anteprojeto dos demais projetistas eles devem ser novamente analisados e compatibilizados. Nesta nova análise deve-se verificar se todos os pontos críticos discutidos anteriormente foram solucionados e revisados. No Fluxograma 3 é apresentado o processo detalhadamente.

Etapa 4 - Projeto Executivo

Esta fase é caracterizada pela compatibilização final dos projetos e pela entrega parcial do PPVVA. Para dar início a esta etapa é necessário: (FRANCO; DUEÑAS PEÑA, 2006).

Aprovação da etapa anterior pelo cliente;

Projetos executivos de arquitetura, estrutura e instalações contemplando solicitações da reunião de compatibilização anterior;

Dando continuidade ao desenvolvimento é elaborada a planta preliminar de passagens de elétrica e hidráulica. A elaboração destas plantas muitas vezes implica em pequenos ajustes nas plantas de marcação e conferência que deverão ser revisadas. Após a revisão e finalização

das plantas de marcação, são finalizadas as plantas de passagens elétricas e hidráulicas. Após a conclusão da conferência e de posse do tipo de bloco a ser utilizado tenha sido definido, são elaboradas as plantas de marcação de fiadas.

Etapa 5 – Detalhamento

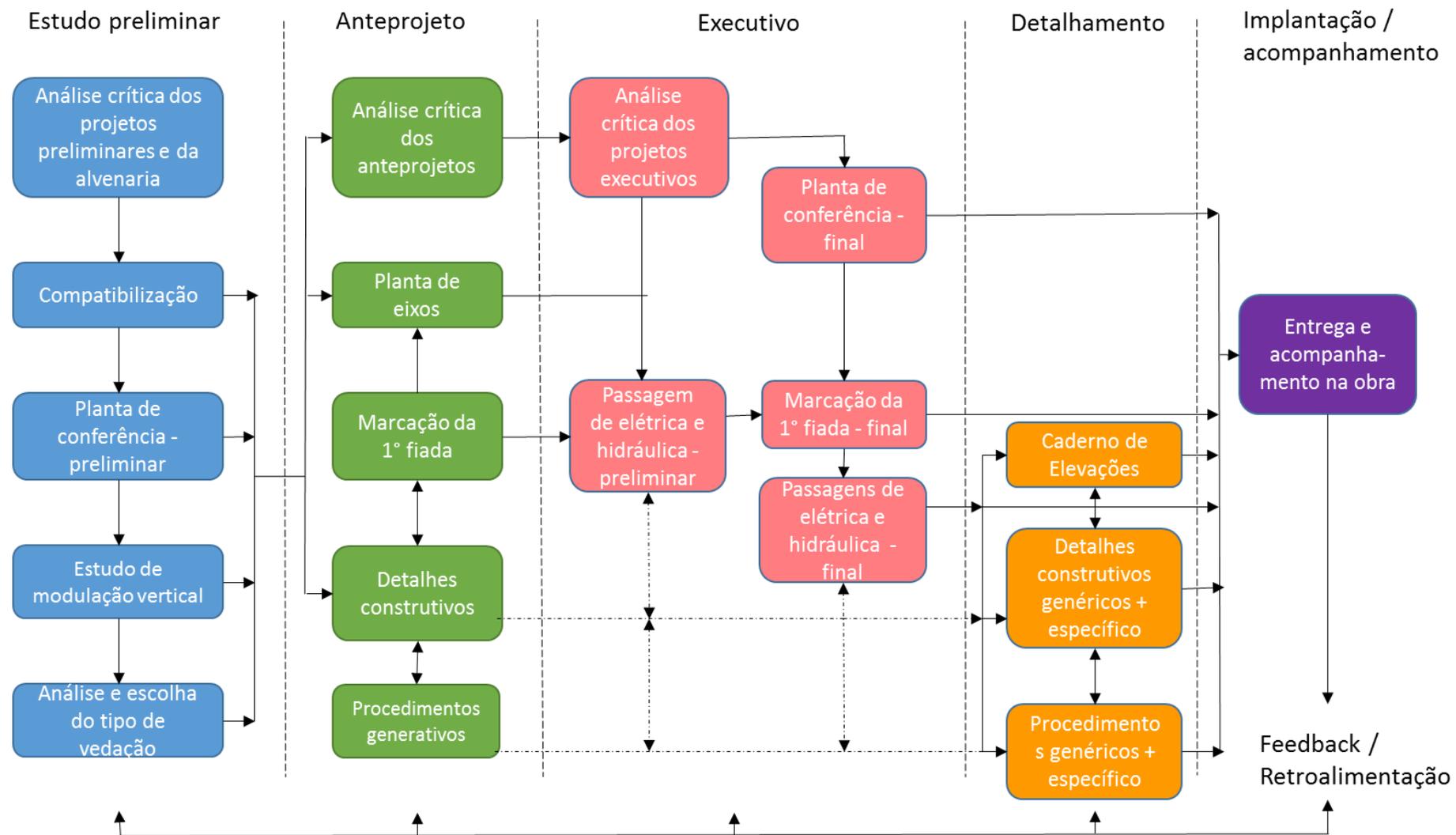
O material entregue na etapa anterior deve ser analisado e aprovado pelo cliente, com a sua aprovação passa a ser elaborado o caderno de elevações e finalizados o caderno de detalhes e de procedimentos e especificações técnicas que foram discutidos ao longo das etapas com a equipe de produção (FRANCO; DUEÑAS PEÑA, 2006). O Fluxograma 4 detalha os dados necessários de entrada e os produtos obtidos durante esta fase do processo.

Etapa 6 - Implantação, Acompanhamento e Retroalimentação.

A entrega final e completa do PPVVA deve ser agendada com a equipe de produção, o projetista deve solicitar uma reunião com a equipe de produção para apresentar o projeto e esclarecer eventuais dúvidas.

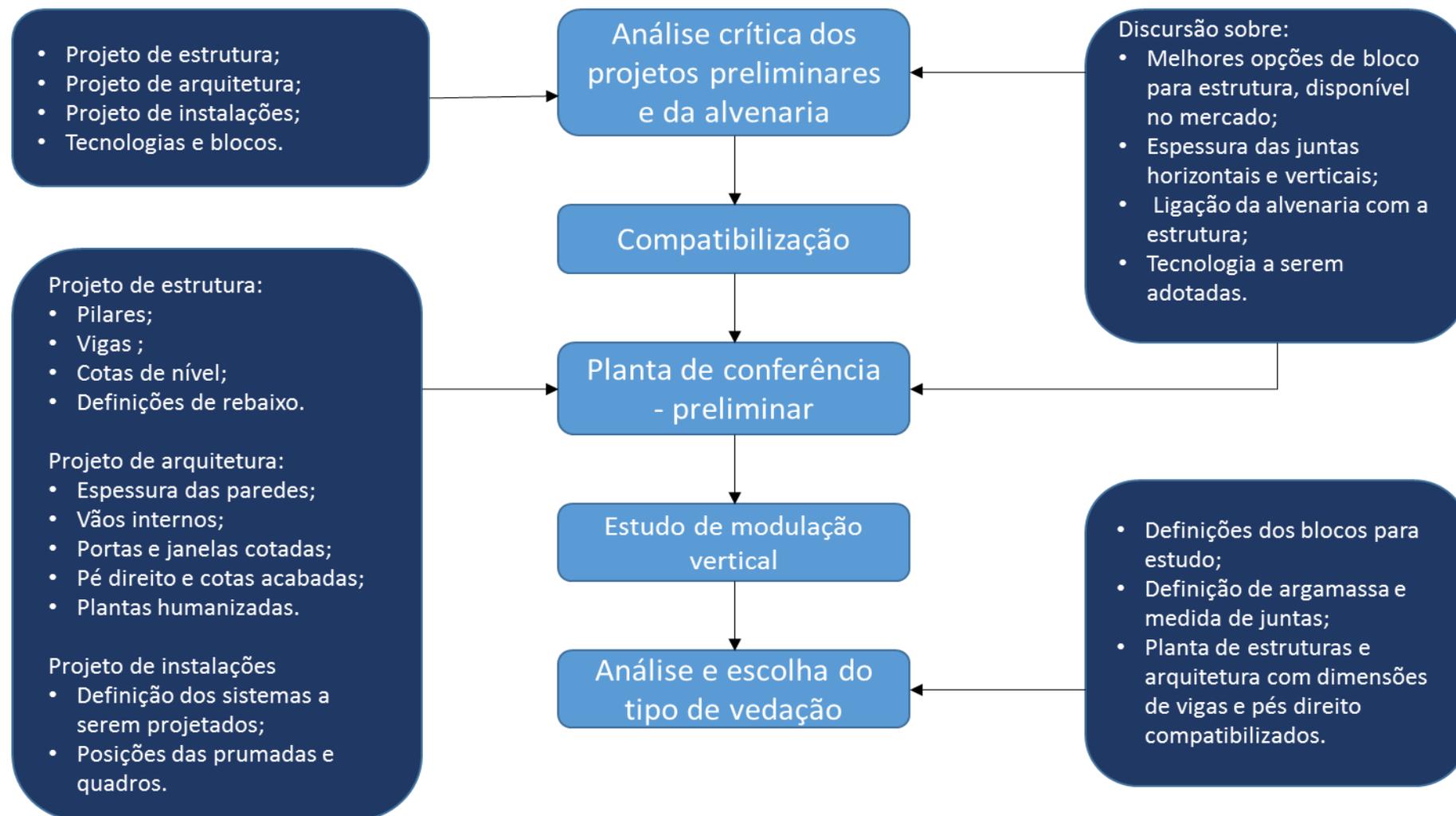
Para garantir o entendimento e utilização do projeto, ao final da apresentação devem ser agendadas com o engenheiro responsável visitas de acompanhamento durante a utilização do projeto. Tais visitas além de auxiliar no entendimento do projeto, possibilitam ao projetista a retroalimentação do projeto através da análise crítica do impacto do PPVV na produção e na equipe de produção. Esta análise permite ao projetista identificar os pontos que podem ser melhorados no projeto PPVV referentes a conteúdo e forma de apresentação (FRANCO; DUEÑAS PEÑA, 2006).

Fluxograma 1 - Metodologia proposta para o desenvolvimento do PPVVA



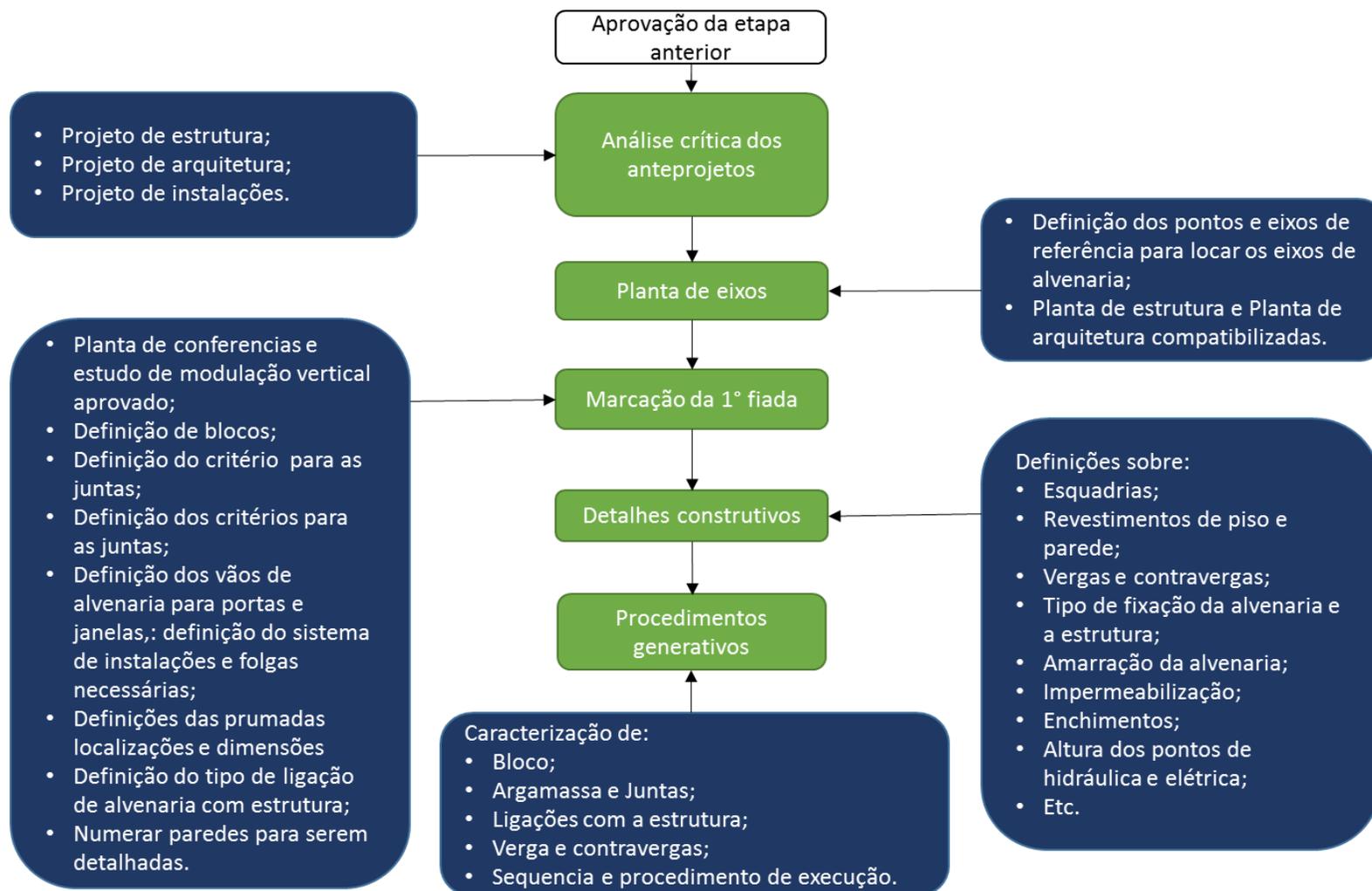
Fonte: Adaptado de FRANCO; DUEÑAS PEÑA (2006).

Fluxograma 2 - Dados de entrada para elaboração da etapa do estudo preliminar



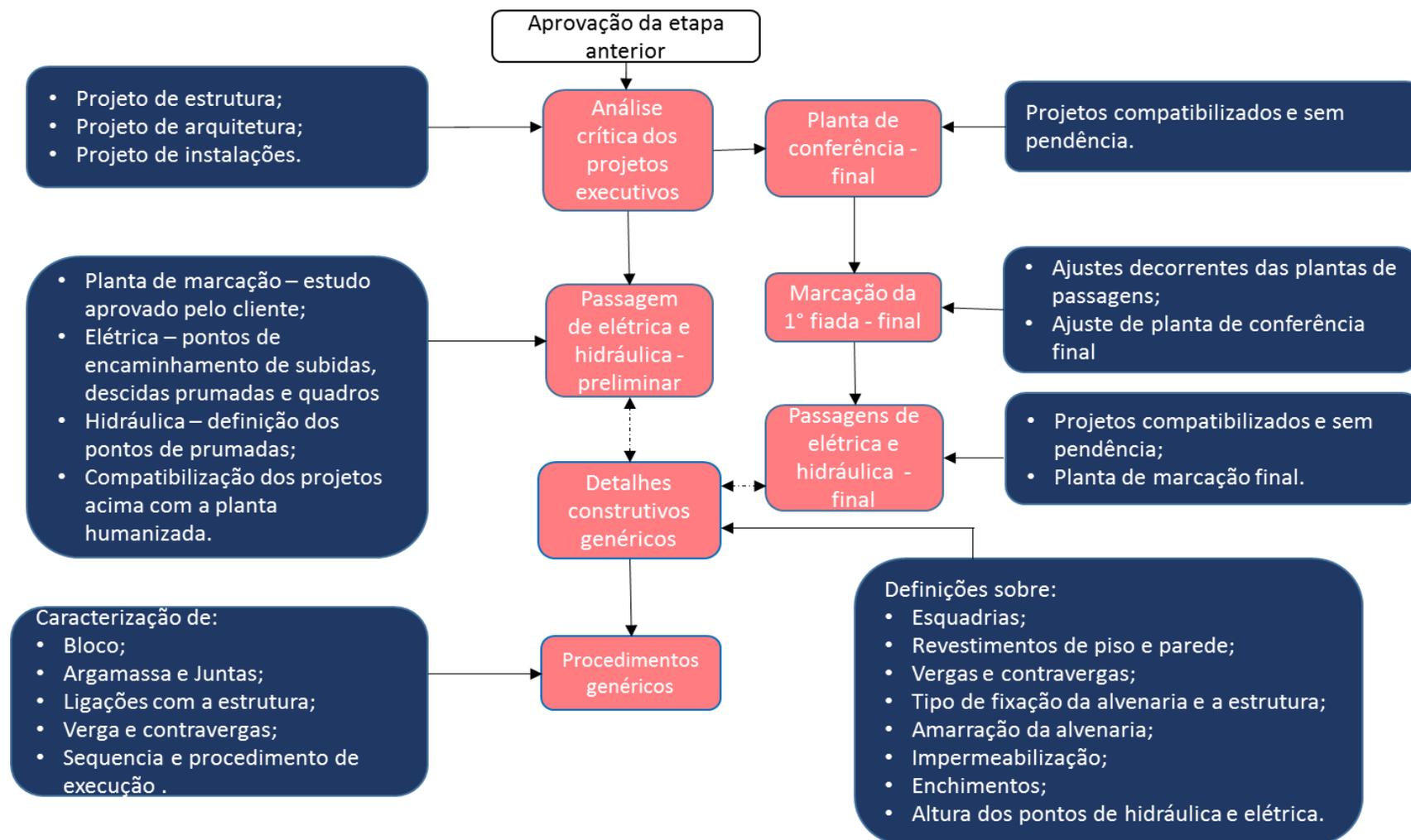
Fonte: Adaptado de FRANCO; DUEÑAS PEÑA (2006).

Fluxograma 3 - Dados de entrada para elaboração de etapa do anteprojeto



Fonte: Adaptado de FRANCO; DUEÑAS PEÑA (2006).

Fluxograma 4 - Informações necessárias para a etapa de executivo



Fonte: Adaptado de FRANCO; DUEÑAS PEÑA (2006).

4.0 METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia adotada para realização deste trabalho foi constituída, inicialmente de uma referencial teórico com o objetivo de aprender os principais conceitos relacionados a dois temas: 1- O conceito de BIM seus benefícios e suas aplicações à construção civil; 2- Projeto para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria, abordando conceitos de racionalização, modulação, elementos de alvenaria e regras básicas para modulação.

Para tal realizou-se o referencial teórico utilizado, livros, artigos, monografias e dissertações. Após a conclusão do referencial teórico, munido de um maior conhecimento sobre os objetos de estudos no que dizem respeito ao BIM e ao PPVVA, foram apresentados motivos que justificam a escolha da tecnologia BIM, bem como as dificuldades da indústria da construção civil. Além da exposição de parâmetros e regras para a modulação de PPVVA.

Em seguida foi iniciado o estudo de caso, que tem como propósito aplicar o conhecimento teórico na vida real, com variáveis casuais e utilizar estratégias para superar entraves nas fases de projeto, execução e atividades posteriores da sequência construtiva do empreendimento, para alcançar esse objetivo foram modeladas as alvenarias do pavimento tipo do estudo de caso, aplicando os conhecimentos do referencial teórico; na modelagem foram utilizando elementos básicos das alvenarias (blocos, vergas e contraverga) no software Autodesk Revit.

Após a modelagem foram obtidas as plantas de 1ª fiada, modelo geométrico e o caderno de elevações das alvenarias, contendo o quantitativo dos blocos, entregue a equipe de produção de alvenaria da obra.

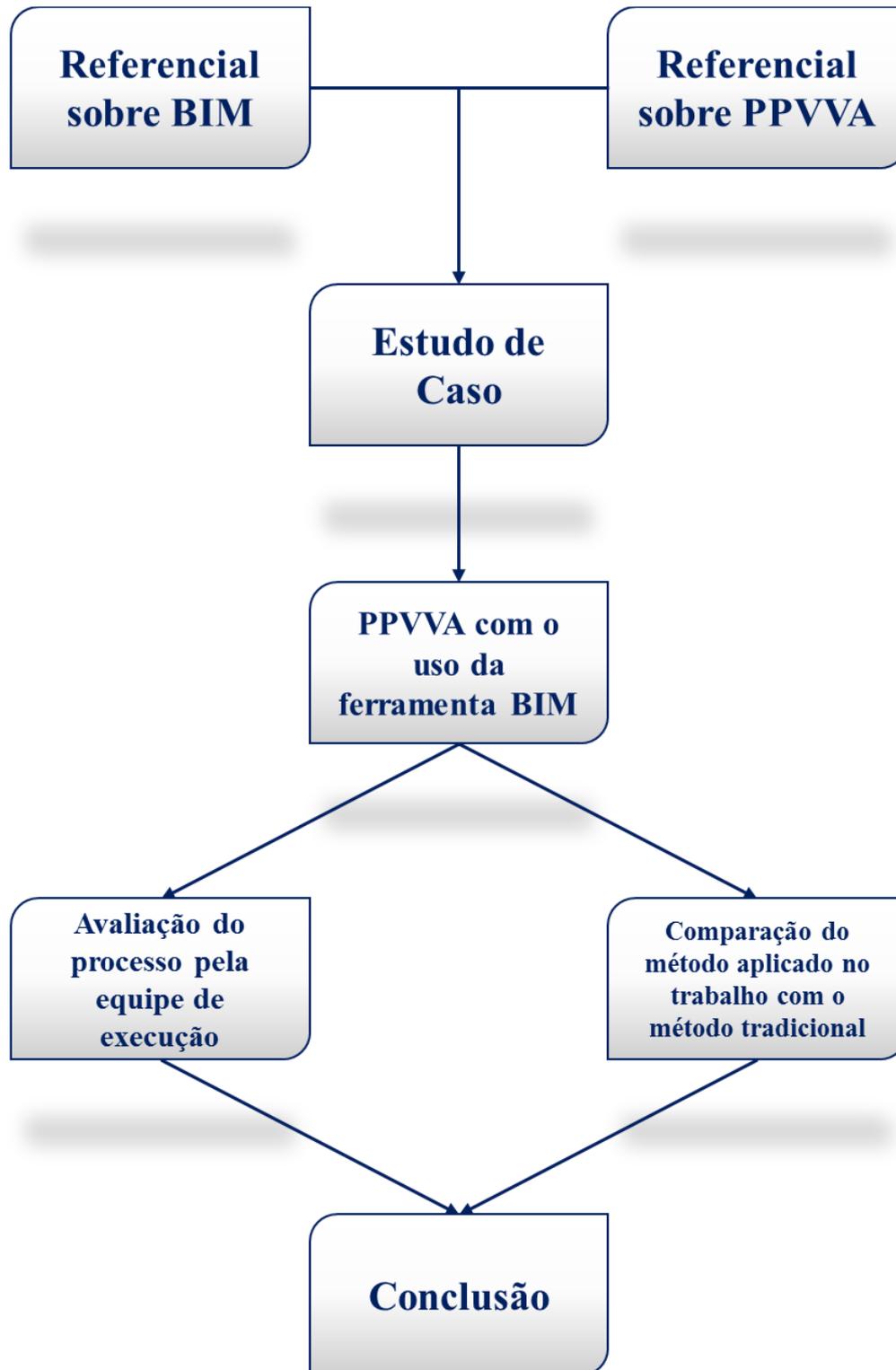
Para avaliar qualitativamente o PPVVA foram realizadas entrevistas estruturadas com a Escala Likert aplicadas aos profissionais da construção civil que participaram do processo de execução do serviço de alvenaria e ao gerente da obra estudada, mais adiante para avaliar o uso do BIM no processo de modulação o autor realiza uma análise apontando benefícios, peculiaridades do processo e desvantagens em relação a tecnologia usual.

O Quadro 12 apresenta detalhadamente a metodologia adotada no desenvolvimento do trabalho, com objetivos, as atividades realizadas, ferramentas aplicadas e os resultados esperados para cada uma delas. Já o Fluxograma 5 apresenta de forma resumida a metodologia

Quadro 12 - Exposição da metodologia utilizada na realização do trabalho

OBJETIVO GERAL	Avaliar a utilização da ferramenta BIM para o desenvolvimento do Projeto de Produção de Vedação Vertical em Alvenaria.		
OBJETIVO ESPECIFICOS	METODOLOGIA		
	ATIVIDADES	FERRAMENTAS	RESULTADOS ESPECIFICOS
Conhecer os principais conceitos relacionados ao BIM e suas aplicações na construção civil.	Realizar revisão da literatura sobre conceitos, benefícios aplicações e ferramentas da tecnologia BIM.	Livros, artigos, monografias, dissertações e teses.	Compreensão dos conceitos, aplicações e benefícios do uso da tecnologia BIM.
Conhecer os princípios relevantes para desenvolvimento de projetos para produção de vedação vertical em alvenaria.	Conceituar racionalização, modulação, elementos de alvenaria e regras básicas para modulação.	Livros, artigos, monografias, dissertações e teses.	Compreensão dos princípios para racionalização e os critérios de modulação, definindo diretrizes para o PPVVA.
Desenvolver Projeto de Produção de Vedação Vertical em Alvenaria com o uso de ferramenta BIM.	Avaliar os projetos existentes, modelar elementos e componentes, e desenvolver o PPVVA.	Software Revit, livros, artigos, monografias, dissertações e teses.	Projeto para produção com modelo 3D, planta da 1º fiada e caderno de elevações com as vistas e os quantitativos de cada parede.
Avaliar os resultados obtidos pela aplicação da ferramenta BIM para desenvolvimento do PPVVA e sua execução.	Avaliação da percepção dos profissionais atuantes na obra estudada, sobre os resultados do PPVVA.	Entrevistas estruturadas com escala Likert e análise crítica do autor comparando o BIM a metodologia atual.	Validação do processo de paginação com o uso da ferramenta BIM.

Fluxograma 5 - Exposição da metodologia aplicada ao trabalho



5.0 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso apresentado a seguir tem o objetivo fundamental de avaliar a aplicação dá o conhecimento teórico de uma ferramenta com a tecnologia BIM no uso do projeto de paginação de alvenaria dentro de um empreendimento em construção. O estudo de caso expõe variáveis casuais e estratégias para superar entraves nas fases de projeto, execução e atividades posteriores da sequência construtiva do empreendimento, a proposta foi a modelagem do pavimento tipo e a geração da planta de primeira fiada e o caderno de alvenaria e a extração de quantitativo do modelo de forma prática e rápida.

O empreendimento foi modelado pelo autor na Figura 20 é apresentado a perspectivas do modelo a partir de dois pontos de vista.

Figura 20 - Modelo em BIM do estudo de caso



Fonte: O autor (2016).

5.1. Descrição Do Empreendimento

O empreendimento analisado no estudo de caso foi um edifício residencial, localizado na cidade de Salvador, com as seguintes características: 1 torre com 26 pavimentos tipos, com 4 apartamentos por andar, contendo de 2/4 a 4/4, 2 pavimentos de garagem, 1 pavimento de playground.

A modelagem da alvenaria limitou-se apenas ao pavimento tipo, que devido ao número de 26 repetições, alcançando 89,7% da alvenaria da obra. Outro dado importante é o impacto do serviço alvenaria e dos serviços subsequentes da cadeia produtiva no orçamento da obra exposta na Tabela 1.

Tabela 1 - Impacto do serviço de alvenaria e dos serviços subsequentes no orçamento da obra do estudo de caso

Serviços	% Do Orçamento	Valor R\$
Alvenaria	5,72	1.146.325,58
Revestimento Externo	4,97	997.090,21
Revestimento Interno	6,34	1.272.378,79
Esquadrias	6,45	1.294.115,12
Total	23,48	4.709.909,70

Fonte: Orçamento do estudo de caso

5.1.1 Caracterização da Arquitetura do Estudo De Caso

O edifício estudado tem seu formato em “H”, os apartamentos apresentam simetria nos eixos x e y, as janelas não utilizam vergas, pois estão abaixo das vigas que contornam todo o perímetro do pavimento tipo, as paredes internas tem espessura de 9 cm as paredes externas tem espessura de 14 cm, a altura de piso a piso é de 2,90 m, existem *shafts* em todos os banheiros e na cozinha. Ao todo são ofertadas pela construtora 5 opções de planta além de pequenas modificações como cozinha americana, mudança no local da abertura de porta (o que muda a disposição do espaço do apartamento), um ponto de ar-condicionado adicional.

Na Figura 21 são apresentadas 2 opções de planta, na 1ª a opção de planta tipo com $\frac{3}{4}$ mais dependência, na 2ª é apresentada a opção de planta 2, com 2 quartos sala e suítes ampliadas.

Figura 21 - Plantas ofertadas pela construtora



Fonte: Estudo de caso.

Para garantir que os vãos das esquadrias sejam respeitados é necessário que os vãos da modulação sejam maiores que os vãos do projeto do projeto de arquitetura, para esquadrias de madeira foi adicionado 8 cm às medidas de 60, 70 e 80. Para as esquadrias de alumínio, procurou adicionar 5 cm na modulação do vão, na Tabela 2 são detalhados as dimensões de projeto e os vãos de modulação.

Tabela 2 - Mapa de esquadrias x vão de projetos

Tipo	Qtd.	Dimensões de projeto	Vãos abertos na alvenaria
E1	1	3,66x2,20 h=0,00m	3,60x2,40
E2	1	1,15x1,20 h=1,00m	1,21,6x1,29
E3	2	0,55x0,60 h=1,60m	0,585x0,69
E3 A	1	0,50x0,60 h=1,60m	0,61x0,69
E4	2	1,20x0,60 h=1,60m	1,26x1,69
E5	1	0,60x1,70 h=0,50m	0,60x1,69
E6	1	1,55x0,80 h1,40m	1,495x0,95
Total	9	14,09m ²	16,17m ²

Fonte: Projeto de arquitetura da obra

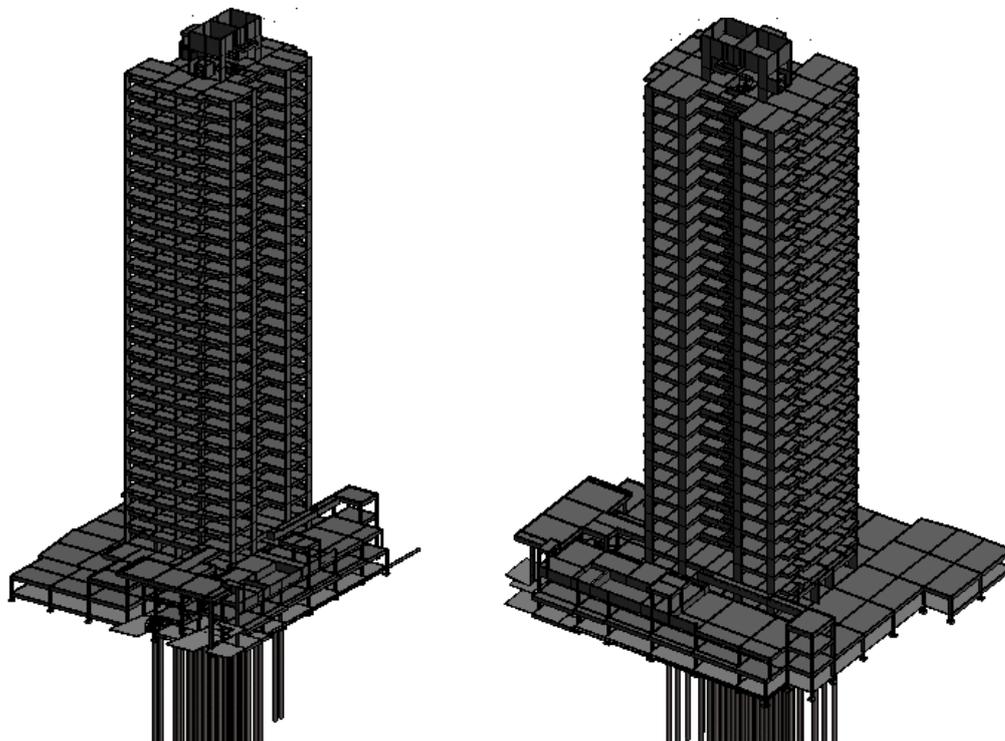
5.1.2 Caracterização da Estrutura do Estudo de Caso

A estrutura do empreendimento é de concreto armado convencional, as alvenarias não têm função estrutural. O carregamento utilizado no projeto foi para alvenaria de bloco de concreto. O projetista disponibilizou o modelo estrutural em IFC, foram adicionadas ao modelo

as fundações profundas e rasas, rampas de acesso, escadas e o reservatório inferior. Este modelo serviu como base para a modelagem da arquitetura.

Na Figura 22 é apresentado o modelo exportado do IFC modificado em duas vistas de perspectiva.

Figura 22 - Modelo da estrutura do prédio do estudo de caso



Fonte: Estudo de caso.

5.1.3 Caracterização das Instalações do Estudo de Caso

Os subsistemas de instalações presentes na etapa construtiva da alvenaria foram elétrica, telefone, cabeamento e hidrossanitárias. O sistema elétrico tem o seu caminhamento pelo teto, na concretagem da laje do pavimento superior foi deixado às passagens e o caminhamento em eletrodutos rígidos do pavimento inferior. O Sistema de telefone e cabeamento tem o seu caminhamento no piso do próprio andar; Já as instalações hidrossanitárias apresentam medição individualizada (obrigatório na cidade de Salvador), quase que em sua totalidade passagens pelos *shafts* com exceção de um dreno de ar-condicionado, as instalações da pia e lavabos não são embutidas na alvenaria, mas ficam escondidas por fechamentos de placas cimentícias, os caminhamentos horizontais se dão em apenas 2 trecho dentro da alvenaria. A compatibilização dos projetos Arquitetura x Engenharia x Instalações foi realizada em 2D pelo escritório de arquitetura.

Na Figura 23 são apresentadas as instalações no processo de marcação interna, na parte superior é possível observar os eletrodutos rígidos (preto) utilizados na distribuição de energia elétrica do apartamento, nas fiadas pode se observar os eletrodutos flexíveis (amarelos) utilizados dentro da alvenaria, do sistema hidrossanitário um tubo de queda de esgoto e o dreno do ar condicionado, que é a única tubulação vertical que passa por dentro da alvenaria

Figura 23 - Instalações na etapa de marcação interna da alvenaria do estudo de caso



Fonte: Estudo de caso (2016).

5.1.4 Caracterização da Alvenaria do Estudo de Caso

Apesar de o projeto estrutural ter levado em conta a carga de alvenaria de bloco de concreto, a obra decidiu utilizar o bloco cerâmico quase que em todo o pavimento com exceção dos elevadores e a escada.

Para as juntas externas e as juntas de paredes que dividem apartamentos foram adotadas juntas cheias (preenchidas por argamassa). Já para as juntas internas foram adotadas juntas secas.

No encontro de paredes a alvenaria não foi utilizada a amarração como é de costume, mas tela a cada 2 fiadas no encontro de todas as paredes.

A família de bloco utilizadas foram os blocos de 39 e com compensador de 34. Na Figura 24 apresenta a esquerda blocos de 39 cm com a espessura de 9 cm e a direita no canto superior os blocos compensadores.

Figura 24 - Blocos 39 x 19 x 09 cm e blocos compensadores 34 x 19 x 09 cm



Fonte: Estudo de caso (2016).

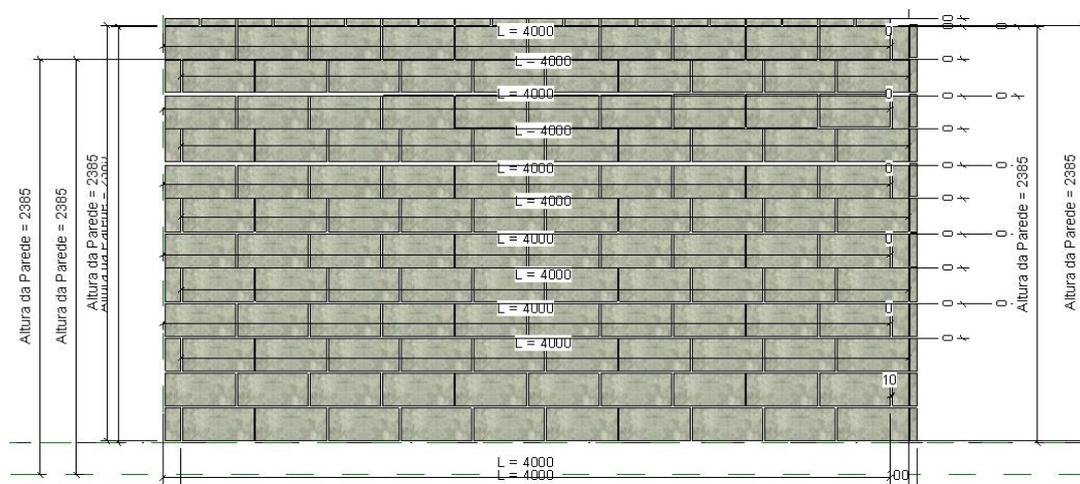
5.2. Critérios para desenvolvimento da modulação

Na modelagem orientada a objetos, todos os objetos contêm as informações e parâmetros específicos organizados segundo elementos e famílias. Neste item estão sendo discutidas as formas de desenvolvimento do modelo baseado no uso de matrizes, fiada de blocos e blocos independentes.

5.2.1 Modulação de paredes através de matrizes

Inicialmente a ideia era selecionar as paredes para a modulação dentro do software e que o mesmo modulasse a paredes de maneira prática, objetiva e automatizada. Para realizar esse intento foram modeladas paredes com matrizes de blocos na horizontal e na vertical que tem como base hospedeira as paredes.

Figura 25 - Paredes formada por matrizes horizontal e vertical



Fonte: O autor (2016).

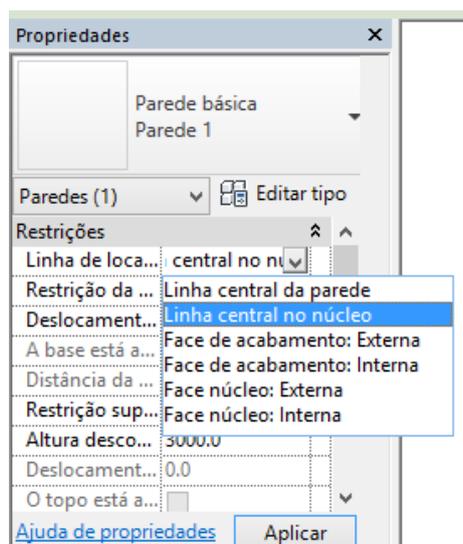
Utilizar uma família que tem como hospedeiro base a alvenaria permite garantir o alinhamento dentro da mesma, isso é importante porque garante as dimensões internas dos vãos, o Revit oferece 6 opções de alinhamento:

Linha central da parede pode ser utilizado para os modelos em que as camadas de revestimento da parede foram constituídas como paredes independentes.

Linha central do núcleo mais recomendado para modelagem principalmente a de paredes com camadas conjugadas pois, quando os revestimentos têm espessuras diferentes de cada lado o centro da parede não será o centro da camada do núcleo, onde é hospedada a alvenaria.

As opções de alinhamento que envolvem alinhamento pela **face do acabamento** e pela **face do núcleo** não são recomendadas para o projeto para produção, mas a execução é realizada com base na face do bloco.

Figura 26 - Parâmetro de restrição do alinhamento dentro da parede



Fonte: Estudo de caso.

Esse modelo de matrizes apresentou algumas limitações que foram determinantes para o desamparo dessa prática. Essas limitações são descritas a seguir:

- É impossível até então substituir algum bloco dentro da matriz, impossibilitando algum tipo de bloco especial;
- Não é possível inserir aberturas para esquadrias;
- As juntas são fixas;

- As paredes não foram projetadas moduladas, haverá sempre medidas que impossibilitam a colocação de um componente inteiro da família de blocos.
- Excessiva quantidade de parâmetros geométricos, para garantir o funcionamento.

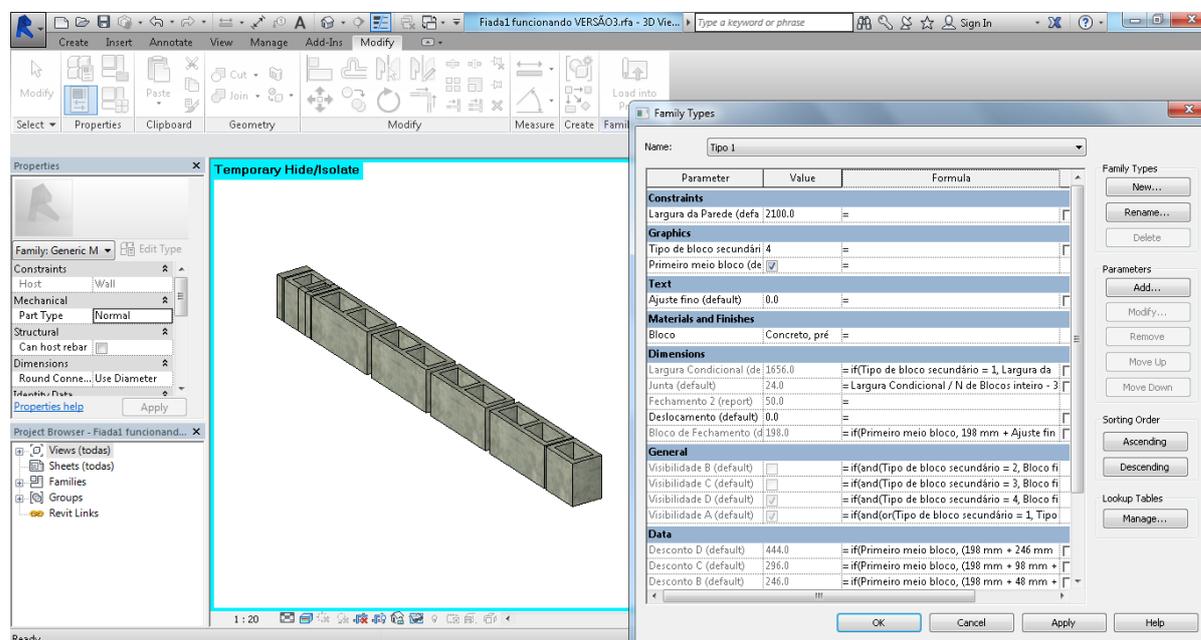
5.2.2. Desenvolvimento de fiadas de blocos

Iniciou-se então uma nova tentativa com uma fiada paramétrica (Figura 27), ajustável ao comprimento da parede em que as juntas variam de forma uniforme.

O conceito de matriz de multiplicar muitos elementos em uma direção se perpetuou na fiada, foi abandonado o sentido vertical, o que possibilitou uma modulação que envolve as esquadrias.

A fiada também foi concebida para ter como hospedeiro a alvenaria, adicionado a esta fiada parâmetros de visibilidade que funcionam associados com algumas funções lógicas como o “Se” popularizadas no Microsoft Excel. Dependendo do valor do campo “tipo de bloco secundário” o último bloco é acionado, podendo ser um $\frac{1}{2}$ bloco, $\frac{1}{4}$ de bloco ou $\frac{1}{8}$ de bloco. Também é possível iniciar a fiada com $\frac{1}{2}$ bloco, o que evita juntas a prumo

Figura 27 – Edição de fiada de blocos.



Fonte: O autor.

Figura 28 - Parâmetros das fiada de blocos no Revit

Name: Tipo 1

Parameter	Value	Formula
Constraints		
Largura da Parede (default)	2100.0	=
Graphics		
Tipo de bloco secundário (default)	4	=
Primeiro meio bloco (default)	<input checked="" type="checkbox"/>	=
Text		
Ajuste fino (default)	0.0	=
Materials and Finishes		
Bloco	Concreto, pré-molda	=
Dimensions		
Largura Condicional (default)	1656.0	= if(Tipo de bloco secundário = 1, Largura da Parede - Desconto A, if
Junta (default)	24.0	= Largura Condicional / N de Blocos inteiro - 390 mm
Fechamento Z (report)	50.0	=
Deslocamento (default)	0.0	=
Bloco de Fechamento (default)	198.0	= if(Primeiro meio bloco, 198 mm + Ajuste fino, 0 mm)
General		
Visibilidade B (default)	<input type="checkbox"/>	= if(and(Tipo de bloco secundário = 2, Bloco final), 1 = 1, 1 = 0)
Visibilidade C (default)	<input type="checkbox"/>	= if(and(Tipo de bloco secundário = 3, Bloco final), 1 = 1, 1 = 0)
Visibilidade D (default)	<input checked="" type="checkbox"/>	= if(and(Tipo de bloco secundário = 4, Bloco final), 1 = 1, 1 = 0)
Visibilidade A (default)	<input checked="" type="checkbox"/>	= if(and(or(Tipo de bloco secundário = 1, Tipo de bloco secundário
Data		
Desconto D (default)	444.0	= if(Primeiro meio bloco, (198 mm + 246 mm + 2 * Ajuste fino), 246
Desconto C (default)	296.0	= if(Primeiro meio bloco, (198 mm + 98 mm + 2 * Ajuste fino), 98 m
Desconto B (default)	246.0	= if(Primeiro meio bloco, (198 mm + 48 mm + 2 * Ajuste fino), 48 m
Desconto A (default)	396.0	= if(Primeiro meio bloco, 2 * (198 mm + Ajuste fino), 198 mm + Ajust
Other		
N de Blocos inteiro (default)	4	= rounddown(Largura Condicional / (398 mm + Ajuste fino))
Condicional (default)	<input checked="" type="checkbox"/>	= if(Primeiro meio bloco, 1 = 1, 1 = 0)
Bloco final (default)	<input checked="" type="checkbox"/>	=

Family Types: New..., Rename..., Delete

Parameters: Add..., Modify..., Remove, Move Up, Move Down

Sorting Order: Ascending, Descending

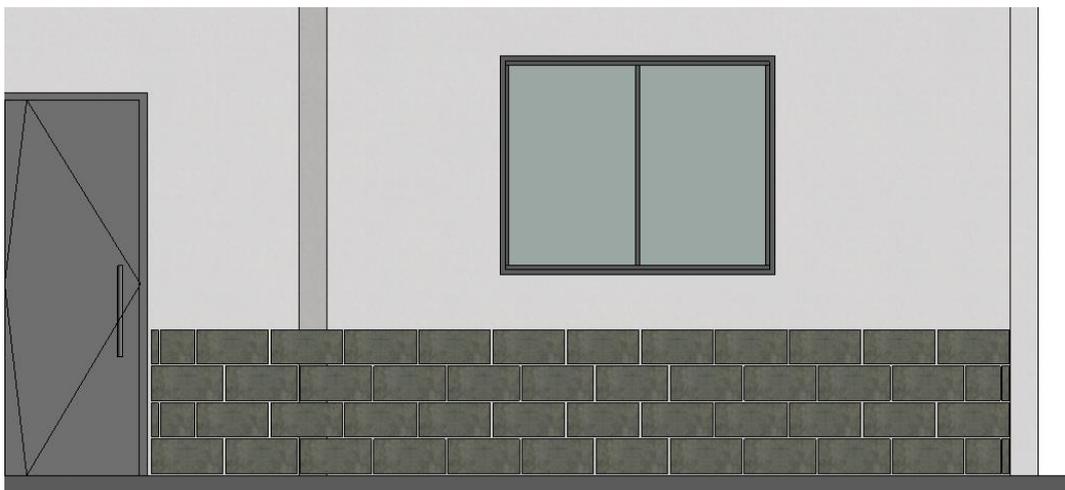
Lookup Tables: Manage...

OK Cancel Apply Help

Fonte: O autor (2016).

Para visualizar um objeto que está hospedado dentro do outro é necessário ativar a transparência. Na Figura 29 pode-se observar que o comprimento da parede não permitiu uma modulação com blocos inteiros.

Figura 29 - Modulação com fiadas



Fonte: O autor (2016).

O modelo de fiadas apresentou algumas barreiras que foram decisivos para que fosse buscada outra prática. Essas limitações são descritas a seguir:

- Não é possível substituir algum bloco dentro da matriz, impossibilitando algum tipo de bloco especial;
- As paredes não foram projetadas moduladas, haverá sempre medidas que impossibilitam a colocação de um componente inteiro da família de blocos.
- Excessiva quantidade de parâmetros geométricos, para garantir o funcionamento, leva a um tempo maior de processamento;
- Para funcionar a fiada tem um comprimento mínimo o que dificulta a modulação da maioria das paredes de um apartamento por exemplo.

5.2.3. Desenvolvimento das Famílias de Blocos

Para superar as restrições apresentadas pelas matrizes e fiadas de blocos, e oferecer uma modulação que atendesse a necessidade do processo arquitetônico. Deu-se início a modelagem das unidades básicas, famílias de blocos, vergas e contravergas.

As famílias desenvolvidas apresentam parâmetros e regras permitem que os objetos se atualizem automaticamente de acordo com os novos valores estabelecido pelo usuário. Esses parâmetros são compartilhados por todas as famílias e pelo arquivo modelo o que permite uma manipulação e uma quantificação automatizada a exemplo da Figura 30.

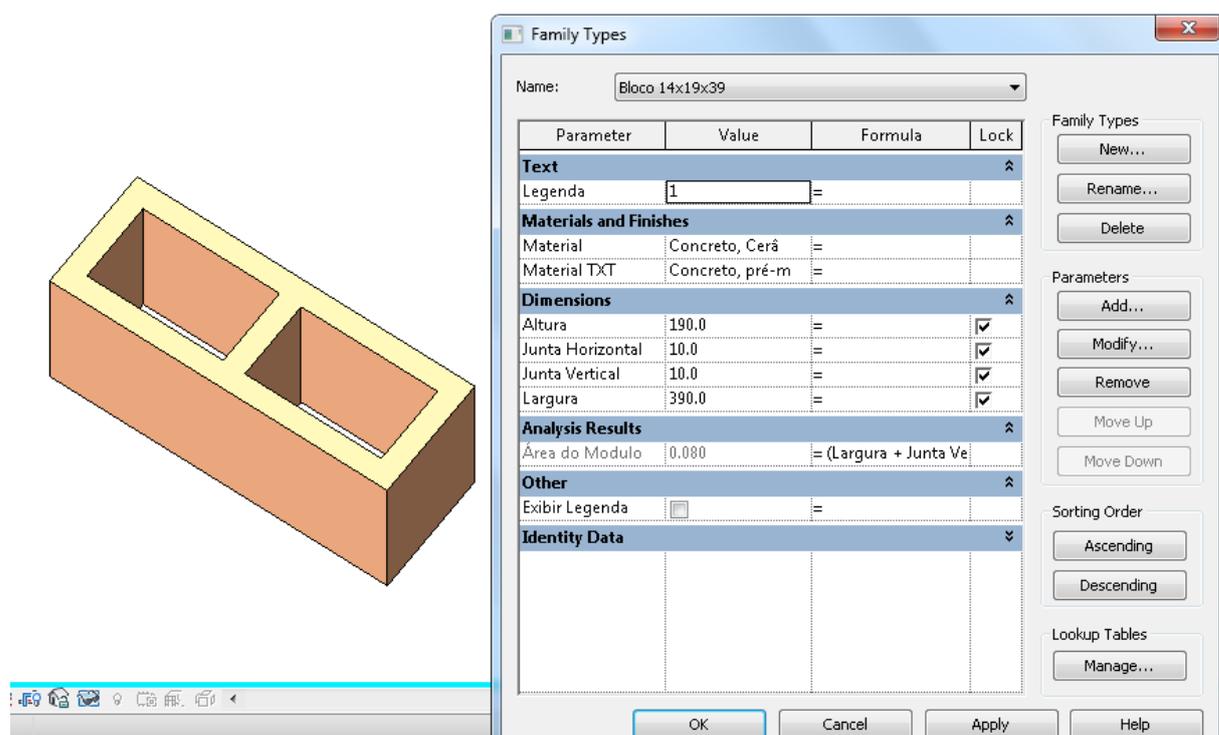
Figura 30 - Tabela de quantitativo de blocos, extraído durante o desenvolvimento de modelo no estudo de caso

<Quantitativo de Blocos>						
A	B	C	D	E	F	G
Espessura	Largura	Altura	Quantidade	Nº da Parede	Legenda	Exibir Legenda
0,140	0,390	0,190	1586		1	<input type="checkbox"/>
0,140	0,190	0,190	272		2	<input type="checkbox"/>
0,140	0,090	0,190	116		4	<input type="checkbox"/>
0,140	0,040	0,190	175		5	<input type="checkbox"/>
0,090	0,390	0,190	1954		6	<input type="checkbox"/>
0,090	0,190	0,190	261		7	<input type="checkbox"/>
0,090	0,340	0,190	5		8	<input type="checkbox"/>
0,090	0,090	0,190	107		9	<input type="checkbox"/>
0,090	0,040	0,190	364		10	<input type="checkbox"/>
Total geral			4840			

Fonte: O autor (2016).

A modelagem das famílias de blocos deu-se pela ferramenta de edição extrusão, os blocos modelados apresentam dimensão real e uma aparência simplificada comparada a representação real, isso é justificado pelo esforço do hardware em representar modelos com geometrias mais complexas, tornando-os lentos. Na Figura 31 é apresentada a edição de uma família e a sua parametrização.

Figura 31 - Família de bloco modeladas no estudo de caso no Revit.



Fonte: O autor (2016)

Cada família de bloco modelado apresenta parâmetros de geometria, materiais, legenda visual, customizáveis, além de parâmetros de instância de cada bloco como o nome da parede e um parâmetro de códigos o que possibilita realizar simulações no Autodesk Navisworks para fins de treinamento da equipe de produção.

O esquema de representação de cores levou em conta o tipo de bloco (cerâmico, cimento), a família (14 e 9), blocos especiais (compensador, verga e contraverga)

5.3. Desenvolvimento do modelo

As etapas preliminares descritas no item 3.6.2 Caracterização das Etapas de desenvolvimento do PPVVA, devido às particularidades do estudo de caso apresentadas no

item 5.1. Descrição Do Empreendimento e nos seus subtópicos tornou-se necessário adaptar uma metodologia simplificada.

O PPVVA será resumido, dividido e detalhado em 2 produtos: a planta de marcação e o caderno de elevações. A seguir no Quadro 13 será apresentada uma rotina com as atividades necessárias ao processo de concepção do projeto em questão.

Quadro 13 - Etapas para o projeto de paginação de alvenaria

Produtos	Etapas	Descrição da atividade
Marcação	1	Iniciar o lançamento do projeto, na planta limpa de arquitetura, pelos encontros de parede em “L” e em “T”, e pelos blocos estratégicos utilizados para definir as paredes.
	2	Lançar os vãos construtivos nominais para as esquadrias e os <i>shafts</i> demarcados por blocos estratégicos.
	3	Utilizar o maior número de blocos no espaço de coordenação.
	4	Enumerar as paredes e indicar a dimensão das juntas nominais verticais
	5	Indicar passagens elétricas, hidráulicas e <i>shafts</i>
	6	Traçar os eixos de marcação (no mínimo 2), perpendiculares, evitando passar por pilares e paredes
	7	Cotar as paredes, com valores acumuladas, a partir dos eixos de marcação
	8	Especificar e quantificar os blocos por tipo
Caderno de Elevação	9	Copiar a 1ª fiada para cima, com uma defasagem de maneira que as juntas permaneçam alternadas sucessivamente
	10	Definir a espessura das juntas entre os blocos
	11	Definir o encunhamento (aperto das paredes)
	12	Definir e detalhar o tipo de ligação entre as alvenarias e entre alvenaria e estrutura
	13	Definir as dimensões dos vãos construtivos para os contramarcos das esquadrias
	14	Definir o uso e fabricação de vergas, contravergas e elementos complementares
	15	Indicar os ramais e os pontos de utilização dos aparelhos hidráulicos e sanitários
	16	Indicar os pontos das instalações elétricas e rede de distribuição.
	17	Especificar e quantificar os blocos por tipo e o volume de argamassa

Fonte: O autor (2016)

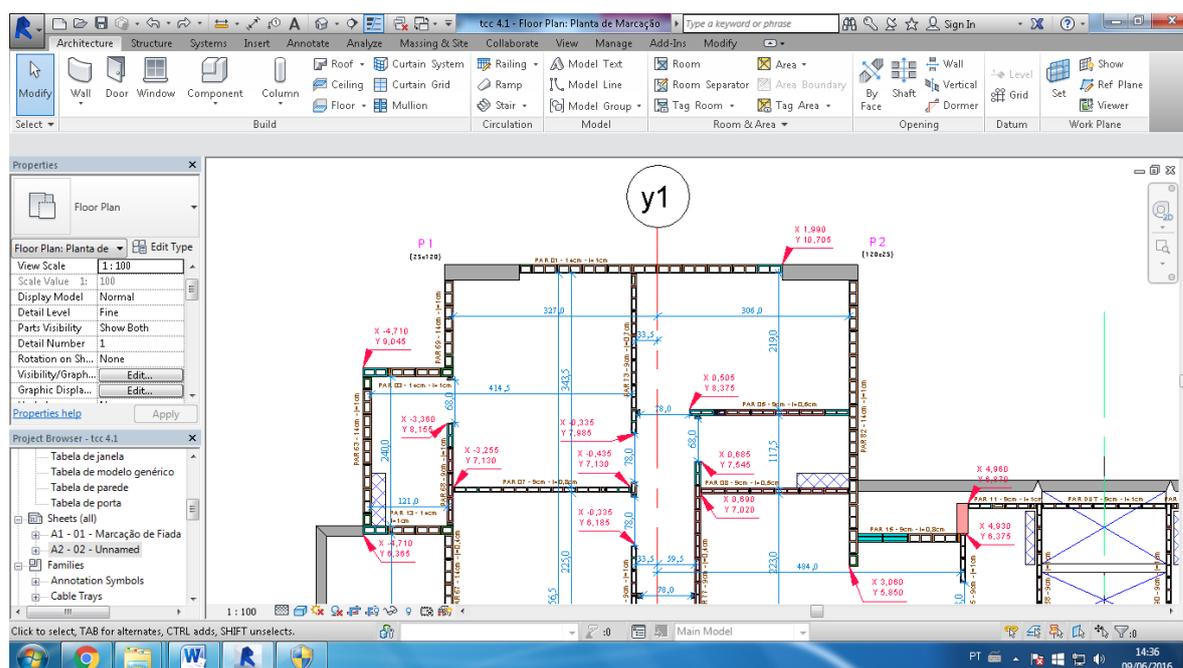
5.3.1 Projeto de Marcação de Alvenaria

A etapa de marcação da alvenaria é um passo fundamental para a qualidade de qualquer construção. A primeira fiada é a referência para a elevação das fiadas superiores num mesmo pavimento. (ABCP, sem data).

O projeto de paginação para produção de vedações verticais envolve diversos projetos, com o objetivo de detalhar todo o processo construtivo das alvenarias (marcação, levante, posicionamento das instalações, vão de projeto para esquadrias, detalhes de ligações a estrutura, amarração das paredes e juntas e fabricação de vergas e contravergas).

No projeto a primeira fiada de bloco é apresentada (Figura 34), bem como os vãos de projetos e as passagens de instalações, o quantitativo, e um sistema de cotas a partir dos eixos, com cotas acumuladas.

Figura 32 - Etapas para modulação da 1ª fiada



Fonte: O autor (2016)

O projeto de marcação de alvenaria está disponível no item 8.0 Apêndice A.

Definição dos Eixos do Projeto de Alvenaria

Um importante aspecto a ser definido são os eixos do projeto que tem a função de locar os blocos da marcação. Esses eixos podem ser definidos no projeto de arquitetura antes do início do empreendimento e serve também para locar pilares e vigas.

Para realizar a marcação dos eixos com uma maior eficácia no projeto de alvenaria, determinadas precauções devem ser adotadas como: evitar passar o eixo por pilares e passar o mínimo possível por paredes, pois dificultam as marcações dos mesmos.

Já na fase de execução o empreiteiro deve garantir o esquadro dos eixos e uma translação de um pavimento para o outro perfeita. Na Figura 33 é apresentado o suporte para transferência dos eixos. Após a transferência do eixo para o pavimento superior, os pilares podem ser marcados a partir dos eixos como observado na Figura 33

Figura 33 - Gancho concretados na laje para translação dos eixos da obra



Fonte: Estudo de casos

Figura 34 - Encontros de eixos na laje utilizados para marcação de pilares



Fonte: Estudo de casos

O serviço de marcação de alvenaria deve ter início pela alvenaria externa, devido a questão da segurança, o trabalho da equipe de produção deve seguir rigorosamente os procedimentos da NR-18. Na Figura 35 são apresentadas as etapas de marcação externa (a), interna (b). É possível observar que o início da marcação interna, principia-se após o término da alvenaria externa.

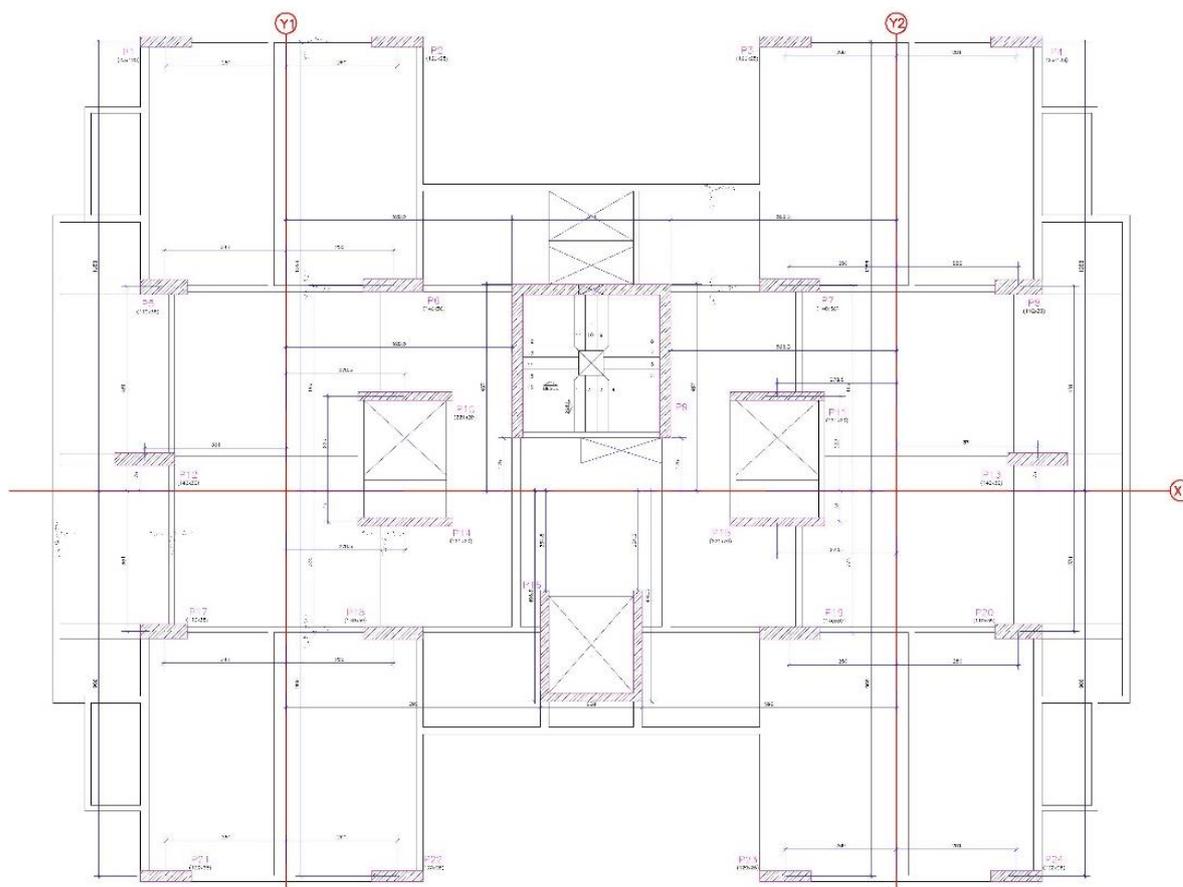
Figura 35 - Execução da marcação de alvenaria: a) externa, b) interna



Fonte: Estudo de casos

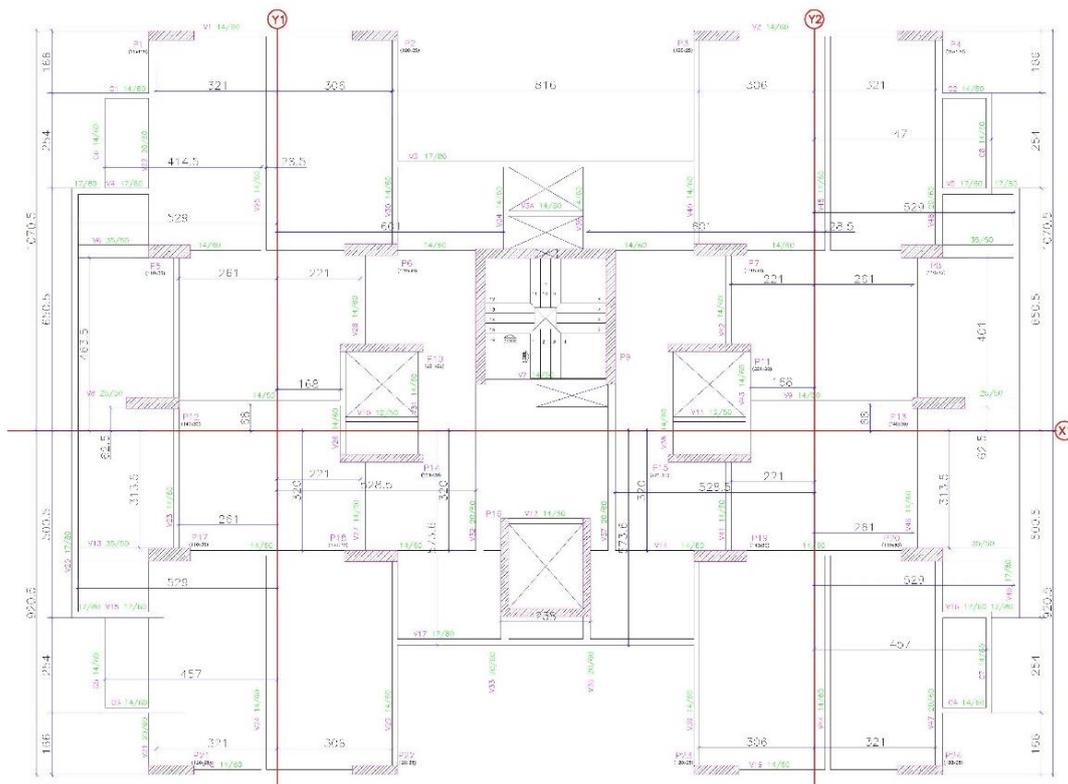
Nas Figura 36 e Figura 37 são apresentados respectivamente a locação de pilares e locação de vigas, ambos a partir do eixo da obra

Figura 36- Planta de locação dos pilares a partir dos eixos da obra



Fonte: Estudo de caso (2016).

Figura 37 - Planta de locação das vigas a partir dos eixos da obra

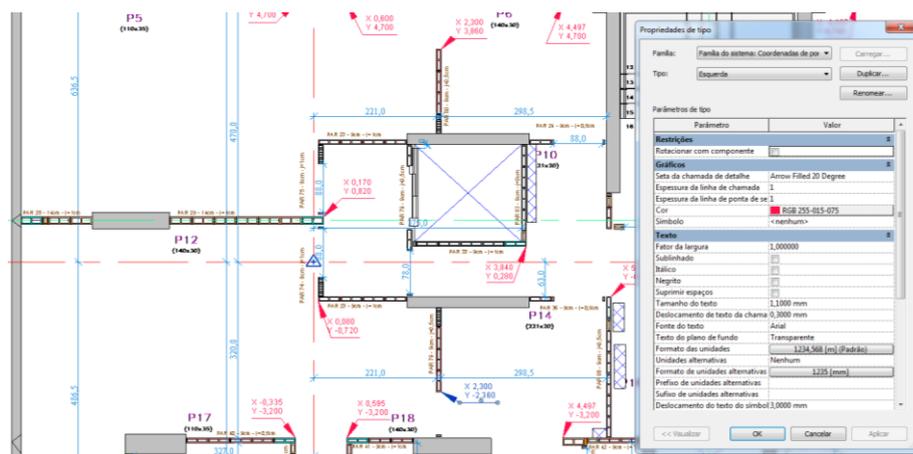


Fonte: Estudo de caso (2016).

Criando os eixos no modelo

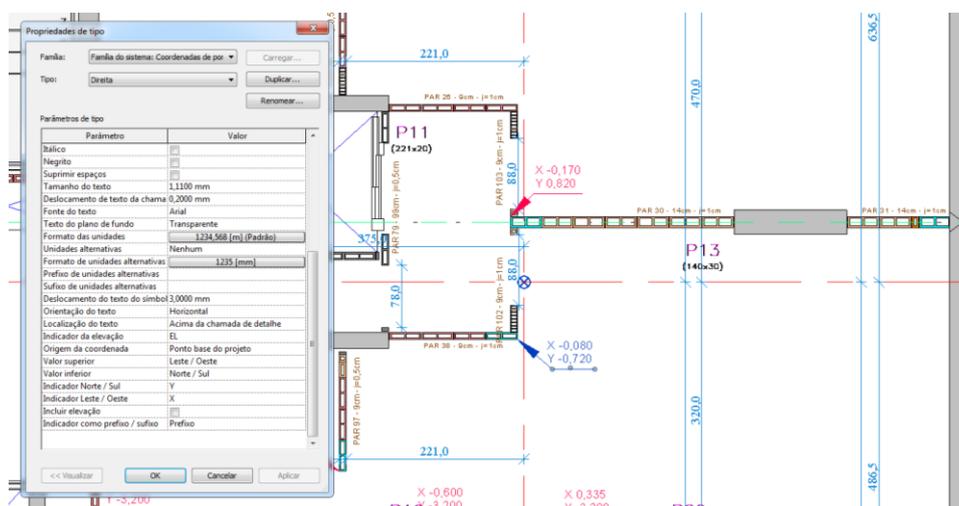
O trabalho foi concebido com 3 eixos, sendo na horizontal o eixo x, na vertical os eixos y1 e y2. No encontro dos eixos foram posicionados 2 pontos de referências do modelo, do lado esquerdo no cruzamento do eixo x com y1, foi inserido o “ponto de pesquisa interno” (Figura 38) do lado direito no encontro dos eixos x e y2, foi inserido o “ponto base do projeto” (Figura 39). Com base nesses pontos são utilizadas as coordenadas para locar os blocos, os que estão à esquerda do eixo de simetria, são referenciados pelo ponto de pesquisa e as coordenadas que estão à direita do eixo de simetria foram referenciada pelo ponto base do projeto.

Figura 38 - Configuração de coordenadas com base no ponto de pesquisa interno do estudo de caso



Fonte: Estudo de caso (2016).

Figura 39 - Configuração de coordenadas com base no ponto do projeto do estudo de caso



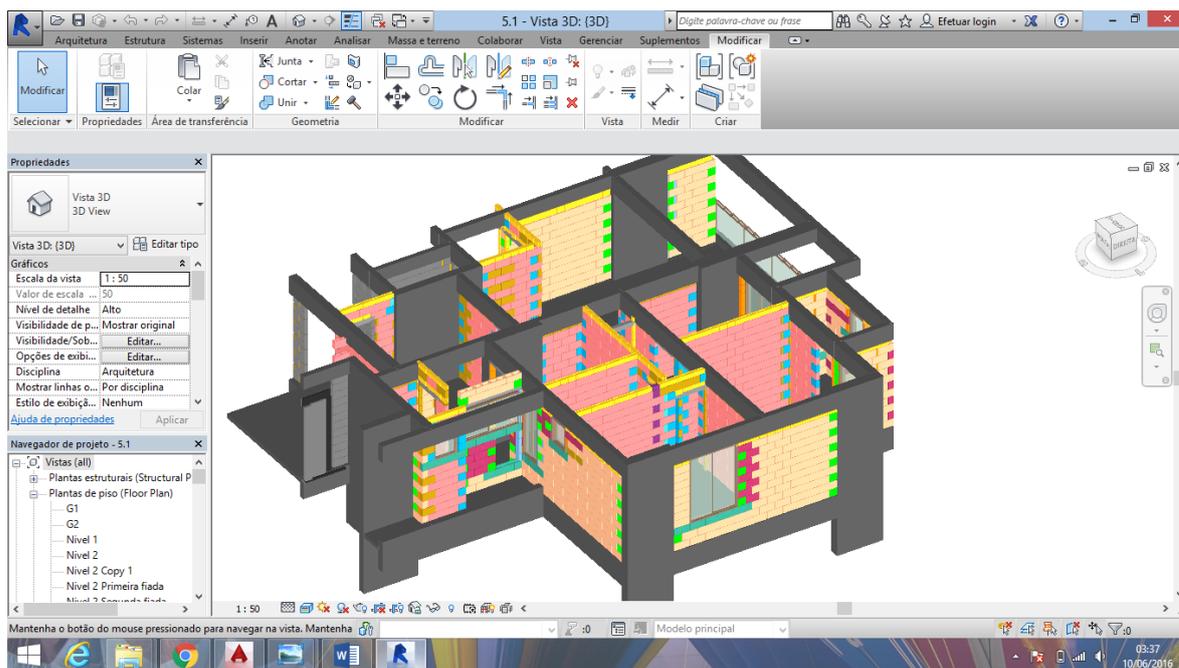
Fonte: Estudo de caso (2016).

5.3.2 Caderno de Elevações

O caderno de elevações contém essencialmente as vistas de cada alvenaria que será construída e o quantitativo. O autor decidiu incluir no caderno de elevações os detalhes construtivos das dimensões do contramarcos, ligação entre estrutura e alvenaria, aperto, instalações as especificações de vigas e contravergas.

Na Figura 40 é apresentada a vista em perspectiva do levante de alvenaria, compatibilizadas com as disciplinas de arquitetura e estrutura.

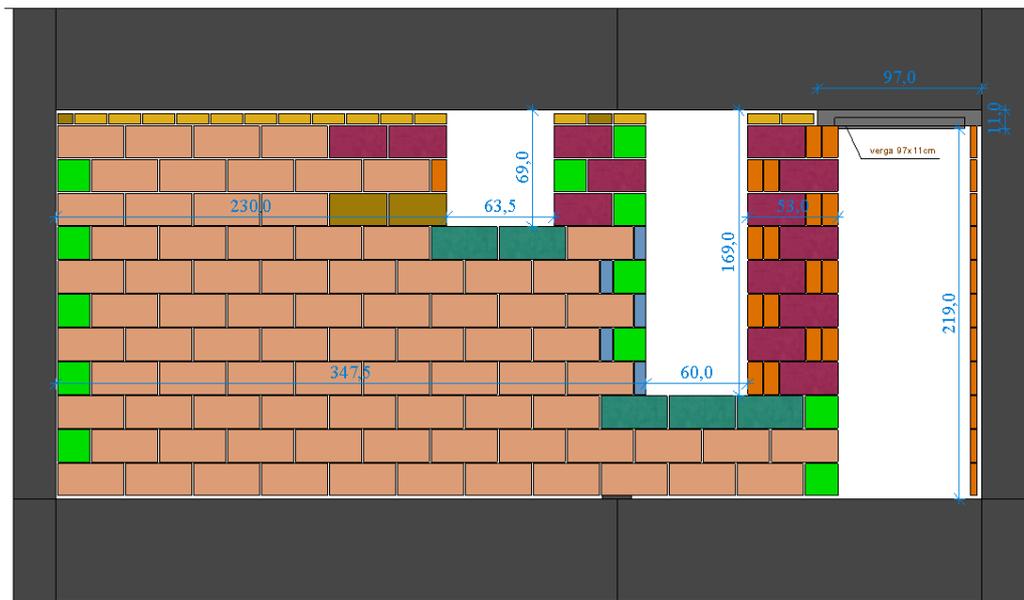
Figura 40 - Perspectiva do levante de 1 apartamento do estudo de caso



Fonte: Estudo de caso (2016).

Na Figura 41 é apresentada a vista de uma parede durante o processo de modulação dos vãos, pode-se observar que as contravergas foram executadas em bloco calha, a viga serviu como verga para as janelas, já na porta foi necessário colocar uma verga de menor.

Figura 41 - Parede 51, espessura 14, junta=1cm



Fonte: Estudo de caso (2016).

Devido as dimensões dos vãos não modulados torna-se necessária a utilização de blocos compensadores para o encunhamento.

A etapa de levante interno pode ser observado na Figura 42, com o projeto de modulação o aspecto visual da alvenaria apresenta melhorias.

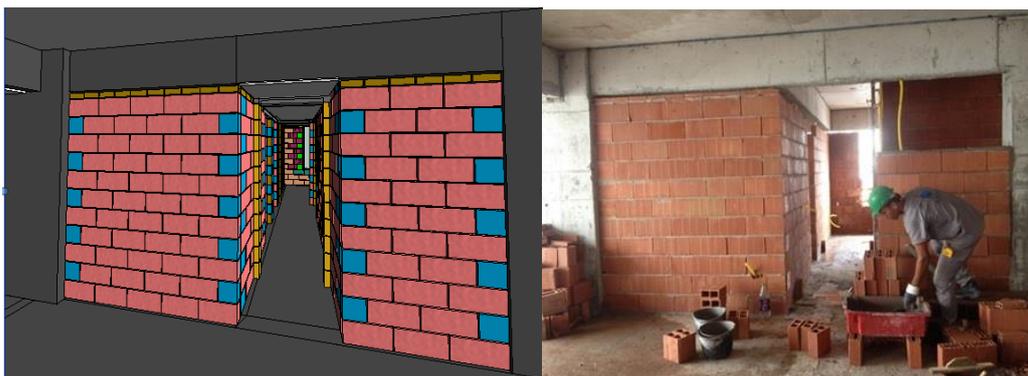
Figura 42 - Alvenaria interna aguardando as vergas



Fonte: Estudo de caso (2016).

Tendo a modelagem executada dentro do software é possível leva-la a campo dentro de dispositivos móveis e compara-la com a execução real.

Figura 43 - Comparativo entre a modulação executada dentro do software e a real



Fonte: Estudo de caso (2016).

Os levantes de algumas paredes estão disponíveis no item 8.0 Apêndice A.

5.4. Validação do PPVVA com o uso da ferramenta do BIM

Para validação dos resultados do trabalho foram realizados, uma pesquisa de satisfação com a equipe da obra, utilizando a escala de Likert e uma análise do autor onde será exposta as vantagens da modelagem com o uso de uma ferramenta BIM.

5.4.1. Pesquisa de Satisfação

Foi realizada uma pesquisa de satisfação com o intuito de inferir a aplicabilidade e os benefícios ocasionados pelo trabalho. O público alvo foram os pedreiros de marcação e levante, a administração da obra do estudo de caso.

Para realização da pesquisa de satisfação foi adotado um questionário contendo perguntas fechadas, suportadas por questões de múltipla escolha e que também utilizam a escala do tipo Likert com 5 opções. Sendo está uma das mais usadas nas pesquisas; Ao contrário das perguntas sim/não, a escala de Likert nos permite medir as atitudes e conhecer o grau de conformidade do entrevistado com qualquer afirmação proposta. É totalmente útil para situações em que o entrevistado expresse com detalhes a sua opinião. Neste sentido, as categorias de resposta servem para capturar a intensidade dos sentimentos dos respondentes.

O Quadro 14 apresenta as perguntas relacionadas ao PPVVA e os graus de conformidade da pesquisa.

Quadro 14 - Questionário sobre o projeto de paginação de alvenaria

Análise qualitativa do projeto de paginação de alvenaria					
Legenda: DT = discordo totalmente; D = discordo; I = indiferente; C = concordo; CT = concordo totalmente.					
1- Como você classifica a importância do projeto de paginação de alvenaria?	DT	D	I	C	CT
2- O projeto de paginação de alvenaria representa uma evolução do método tradicional?	DT	D	I	C	CT
3- Houve um aumento na diminuição de entulho e em retrabalho?	DT	D	I	C	CT
4- Houve um aumento de produção no serviço de levante e marcação de alvenaria?	DT	D	I	C	CT
5- Você acha que futuramente o projeto de paginação de alvenaria estará presente em todas as obras de edificações?	DT	D	I	C	CT

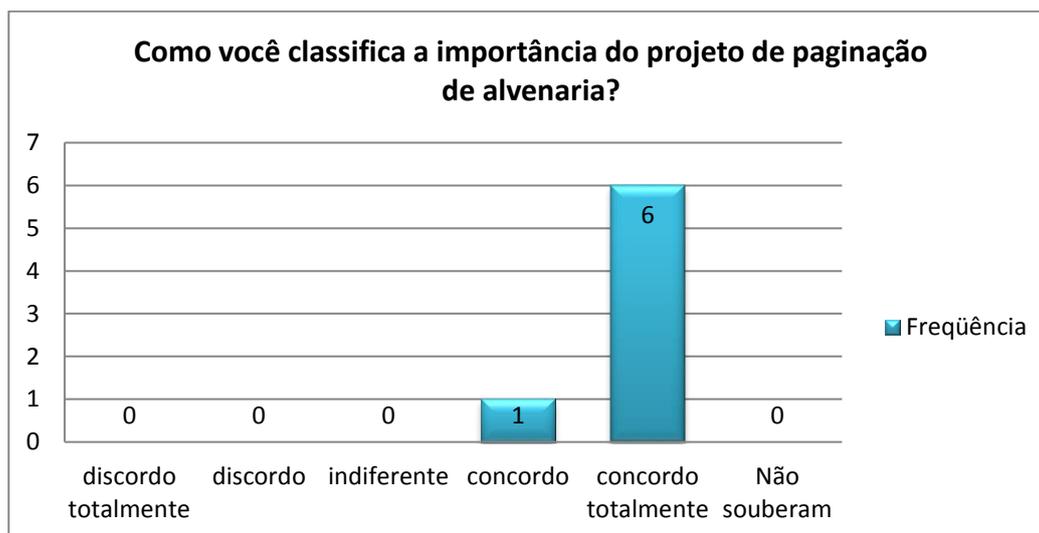
A amostra da pesquisa é caracterizada no Quadro 15, através da função, setor e tempo de serviço.

Quadro 15 - Amostra da pesquisa de satisfação

Setor	Função	Tempo de serviço
Administração	Gerente de obra	11 anos
Administração	Engenheira de Produção	7 anos
Administração	Diretor de terceirizada	14 anos
Campo	Pedreiro de marcação	6 anos
Campo	Pedreiro de marcação	34 anos
Campo	Pedreiro de Levante	3 anos
Campo	Pedreiro de Levante	3 anos

A primeira pergunta tem como objetivo medir o grau de importância do projeto de paginação de alvenaria realizado na obra. No Gráfico 1 são apresentados os resultados da questão.

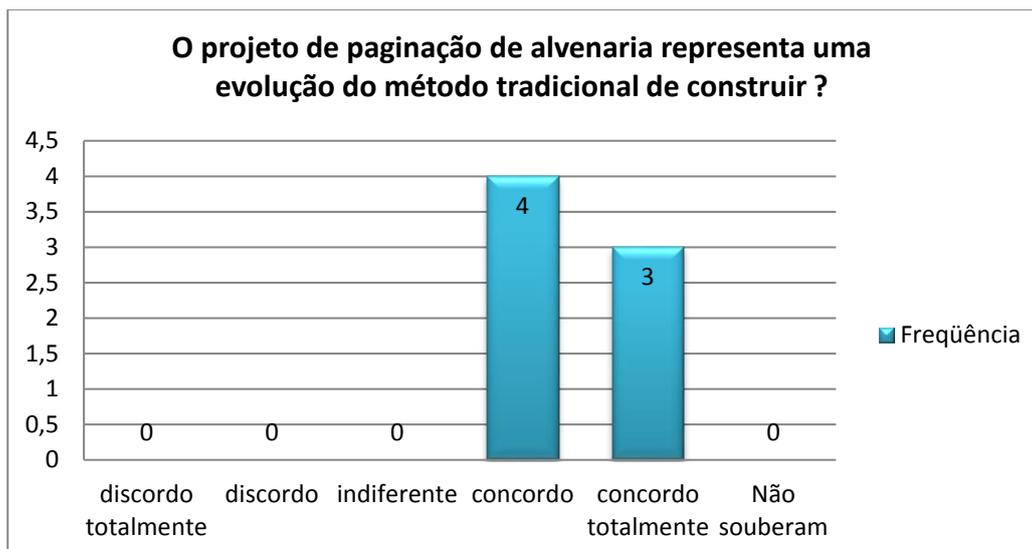
Gráfico 1- Pesquisa de opinião, questão 1



Pode-se observar, na 1ª questão que todos os entrevistados consideram importante o projeto de alvenaria.

A segunda pergunta tem como objetivo medir o grau de evolução do projeto de paginação de alvenaria em relação ao método tradicional de se construir (sem o projeto). No Gráfico 2 é apresentada o resultado da questão.

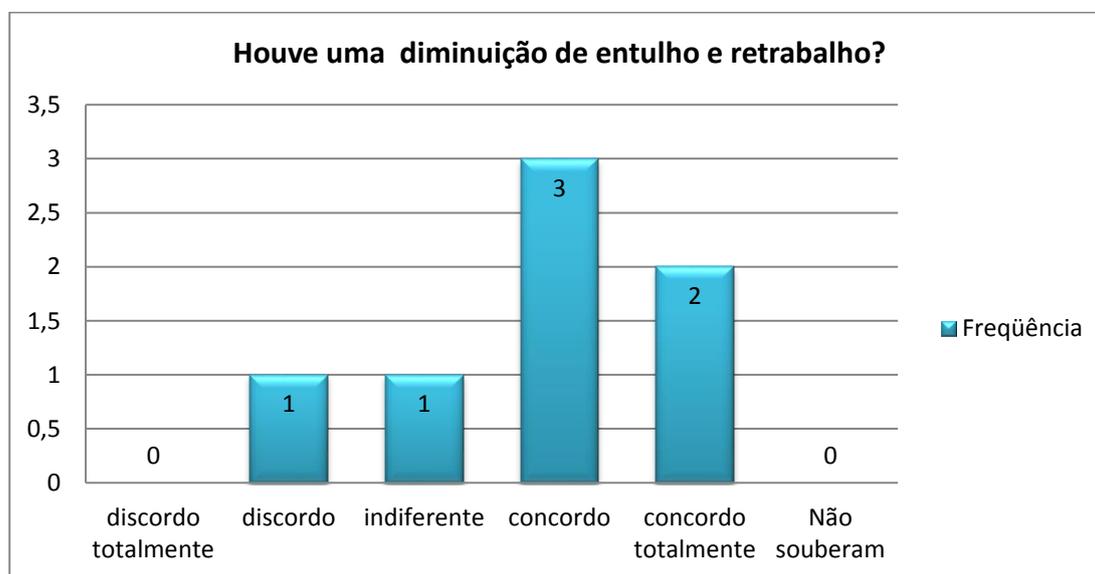
Gráfico 2 - Pesquisa de opinião, questão 2



Pode-se observar, na 2ª questão que todos os entrevistados consideram uma evolução do projeto de alvenaria.

A terceira pergunta tem como objetivo medir alguns benefícios do projeto de paginação de alvenaria, diminuição do entulho e retrabalho. No Gráfico 3 são apresentados os resultados da questão.

Gráfico 3 - Pesquisa de opinião, questão 3



Pode-se observar, na 3ª questão que não há unanimidade entre os entrevistados, enquanto que 71,4% consideram que houve redução do entulho e do retrabalho, 14,3% ficaram indiferentes e 14,3% discordaram. Durante a execução não houve um treinamento adequado da equipe de produção.

A quarta pergunta tem como objetivo medir a percepção do aumento da produtividade no serviço de levante e alvenaria. No Gráfico 4 são apresentados os resultados da questão.

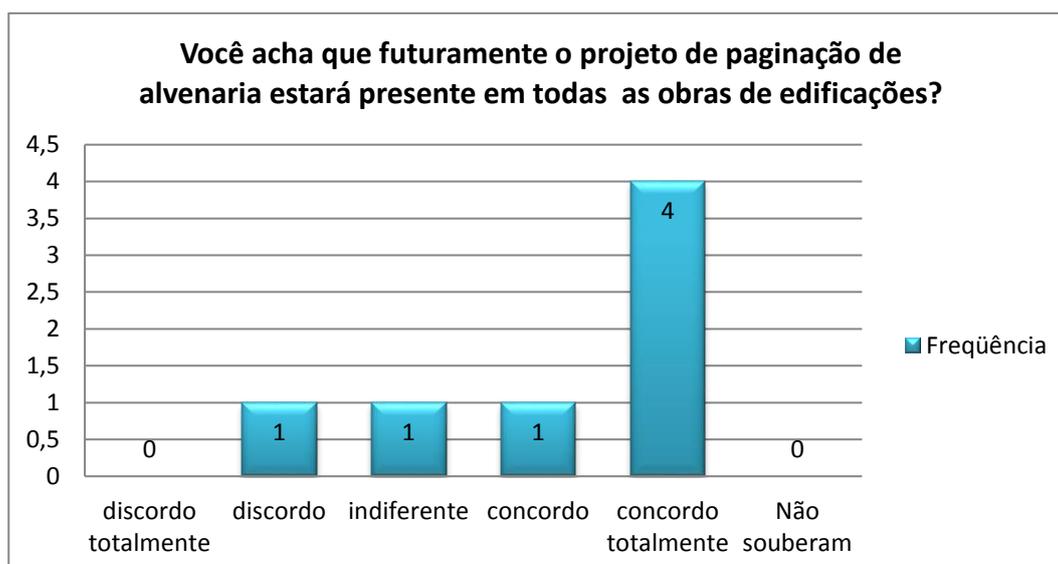
Gráfico 4 - Pesquisa de opinião, questão 4



Pode-se observar, na 4ª questão que não há unanimidade entre os entrevistados, enquanto que 71,4% consideram que houve aumento na produtividade do serviço de alvenaria, 14,3% ficaram indiferentes e 14,3% discordaram. Durante a execução houve problemas de fornecimento e logística dentro do canteiro.

A quinta pergunta tem como objetivo medir a expectativa do futuro do projeto para produção de alvenaria. No Gráfico 5 são apresentados os resultados da questão.

Gráfico 5 - Pesquisa de opinião, questão 5



Pode-se observar, na 5ª questão que não há consenso entre os entrevistados, enquanto que 71,4% consideram que o PPVVA estará presente em todas as obras de edificações, 14,3% ficaram indiferentes e 14,3% discordaram.

5.4.2.Comparação do Método Aplicado no Trabalho (BIM) com o Método Tradicional (CAD).

O projeto feito com a tecnologia BIM diferencia-se do habitual por ser constituído em geral de um único arquivo que simula a construção real. Este modelo teria todas as informações necessárias, o possibilita uma análise avançada da construção, o modelo BIM, possibilita a extração de vistas, cortes e detalhes do projeto. A seguir são apresentados alguns benefícios da modelagem BIM.

- Visualização 3D;
- Documentação e detalhamento;
- Facilita a compatibilidade entre arquitetura, estrutura e instalações;
- Informações contidas nas famílias e no modelo;
- Quantitativo;
- Parametrização dos componentes.

Dentro do estudo de caso foram encontradas algumas dificuldades como:

- Dificuldade na configuração do arquivo modelo, criação de famílias, criação de folha de impressão, criação dos parâmetros que atendam às necessidades do cliente.
- A alto nível de complexidade para obter um bom desempenho.

Durante a realização do estudo de caso pode-se constatar que os projetos desenvolvidos em BIM realmente demandam maior esforço, devido ao alto nível de detalhamento e informações presentes no modelo, entretanto um melhor projeto possibilitará economia de tempo e melhor qualidade na fase executiva.

O maior gasto de energia é na configuração do arquivo modelo e criação das famílias do projeto. A modulação das paredes não demanda tanto esforço, todavia realizado esse gasto inicial, pode-se utilizar o arquivo modelo e as famílias para outros projetos.

6.0. CONCLUSÃO

Através da pesquisa e desenvolvimento do estudo de caso realizado, foi possível analisar o principal objetivo deste trabalho que foi avaliar a utilização da ferramenta BIM para o desenvolvimento do Projeto de Produção de Vedação Vertical em Alvenaria.

Visando atingir o primeiro objetivo específico que foi conhecer os conceitos e aplicações do BIM, foi realizada uma revisão bibliográfica expondo as principais características e as diversas utilizações da tecnologia BIM para a construção civil, evidenciando suas aplicações e benefícios para o setor tais como uso no ciclo de vida, interoperabilidade, e compatibilização virtual pelo modelo 3D.

Em relação ao segundo objetivo específico, que foi conhecer os princípios relevantes para desenvolvimento de projetos para produção de vedação vertical em alvenaria, foram observados conceitos referentes a alvenaria como modulação e racionalização, além de um esquema para o desenvolvimento, contratação e acompanhamento por parte das construtoras do PPVVA.

Com o intento de atingir o terceiro objetivo específico, que era Desenvolver Projeto para Produção de Vedação Vertical em Alvenaria com o uso de uma ferramenta BIM, foram desenvolvidas famílias paramétricas e foi elaborado o projeto para produção do pavimento tipo do estudo de caso.

O quarto objetivo específico, avaliar os resultados obtidos pela aplicação da ferramenta BIM para desenvolvimento do PPVVA e sua execução, foi alcançado e comprovado através da pesquisa de satisfação com a equipe de execução e a engenharia, e pela análise da tecnologia BIM realizada pelo autor.

É fundamental para que o PPVVA funcione adequadamente, que haja empenho por parte de todo o pessoal envolvido, desde a administração da empresa, passando pelos engenheiros, mestre de obra e equipe de produção. É importante que nenhum elo do processo se quebre. Para isto é necessário treinamento e conhecimento do processo e do projeto.

É bastante importante iniciar o desenvolvimento do projeto o mais breve possível, e não posteriormente ao começo da obra, tendo sido observado uma dificuldade por parte da empresa, em contratar projetos para produção antes do início da obra. Projetar antes é antever os problemas e solucionar-los antes da sua ocorrência.

Outro aspecto importante é a necessidade de uma mudança cultural por parte dos projetistas e das empresas contratantes. Os projetistas devem lançar mão de novas tecnologias que aperfeiçoem a produção, o tempo de desenvolvimento e possibilitem o trabalho

colaborativo. As empresas contratantes devem exigir cada vez mais o desenvolvimento de projetos integrados e de processos colaborativos.

Cada vez mais torna-se necessário a presença do gestor de projetos para orientar a busca pelas melhores soluções e auxiliar o processo de padronização na empresa.

Não foi possível aplicar todos os conceitos de modulação descritos no referencial teórico, pois a arquitetura e a estrutura já estavam prontas e não foram concebidas com o conceito de modulação. Entretanto, recomenda-se que novos projetos sejam desenvolvidos utilizando estes conceitos.

Por fim são apresentadas sugestões para desenvolvimento de trabalhos futuros ao tema. As sugestões englobam desde aprimoramento da solução até treinamento de funcionários.

- Desenvolver *plug-in* para aperfeiçoamento do processo de modulação de alvenaria.
- Testar em outras ferramentas BIM a aplicabilidade do trabalho.
- Acompanhar a execução do PPVVA com o auxílio de dispositivos moveis que tenham suporte à tecnologia BIM.
- Avaliar o desenvolvimento do projeto com uso de processos colaborativos.
- Desenvolver PPVVA para habitações populares utilizando os conceitos de modulação.
- Definir indicadores para mensuração do desperdício, e da redução do retrabalho em projetos com PPVVA.
- Treinar as equipes de execução com simulações utilizando o BIM.
- Simular detalhadamente a execução de alvenaria no pavimento tipo, com foco no fluxo de matérias.

REFERÊNCIAS

AIA – THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. National Documents Committee. **DocumentE202** – Building Information Modeling Protocol Exhibit. Washington, DC, 2008.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA) and AIA California Council. **Integrated Project Delivery: A Guide**. Version 1, 2007. Disponível em <www.aia.org/ipdg>. Acessado em: 26 maio 2016.

AMORIM, S. L. BIM – **Uma tecnologia para o futuro imediato da construção**. In BIM - Building Information Modeling, 2011, Rio de Janeiro. Proceedings. 2011.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC, 2009, **Revista USP Gestão & Tecnologia de Projeto**. Disponível em <<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/viewFile/50960/55046>>. Acessado em: 25 maio 2016.

ARROTÉIA, A. V. Engenharia simultânea e BIM podem contribuir para a gestão de projetos AECweb, São Paulo, Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/m/cm/engenharia-simultanea-e-bim-podem-contribuir-para-a-gestao-de-projetos_12132>. Acessado em: 24 maio 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – PR1 - **Prática recomendada 1 – Alvenaria com blocos de concreto**. Recife, sem data. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/download/>>. Acessado em: 19 maio 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – PR2 - **Prática recomendada 2 – Alvenaria com blocos de concreto**. Recife, sem data. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/download/>>. Acessado em: 19 maio 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – PR3 - **Prática recomendada 3 – Alvenaria com blocos de concreto**. Recife, sem data. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/download/>>. Acessado em: 19 maio 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – PR4 - **Prática recomendada 4 – Alvenaria com blocos de concreto**. Recife, sem data. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/download/>>. Acessado em: 19 maio 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – **PR5 – Alvenaria com blocos de concreto**. Recife, sem data. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/download/>>. Acessado em: 19 maio 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA. **Relatório de Avaliação dos Esforços para Implantação da Coordenação Modular no Brasil**, ABDI. Brasília, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5706**: Coordenação Modular da construção: procedimento. Rio de Janeiro, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5725**: Ajustes modulares e tolerâncias: procedimento. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Síntese da Coordenação Modular**. Rio de Janeiro, 1975.

AUSTER, D. L. **Uso do BIM para compatibilização e modelagem de projetos hidráulicos prediais**. 122p. 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

AUTODESK, Improving Building Industry Results through Integrated Project Delivery and Building Information Modeling Disponível em: <http://images.autodesk.com/latin_am_main/files/bim_and_ipd_whitepaper.pdf> , Acessado em: 26 maio 2016.

AZUMA, F.; SCHEER, S. **Processo de projeto, sistemas CAD e modelagem de produto para edificações** TQS News, São Paulo, p 40-43. Disponível em: <<http://www.tqs.com.br/tqs-news/consulta/58-artigos/737-processos-de-projeto-sistemas-cad-e-modelagem-de-produto-para-edificacoes>>. Acessado em: 24 maio 2016.

BALDAUF, A. S. F. **Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil**. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BARROS, M. M. S. B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

BELTRÃO, E. A. **Modelagem e compatibilização de projetos de instalações elétricas com o uso do bim**. 101 f. il. 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

BIMFORUM. **Level of Development Specification: For Building Information Models**. v.2015-Draft, [S.l], 166 p. Disponível em: <<http://bimforum.org/wp-content/uploads/2015/04/Files.zip>>. Acessado em: 24 maio 2016.

BLOG RENOVACÃO. **Muralha da China: Características Gerais...um projeto de defesa completo composto de torres de vigia, faróis e fortins**. Disponível em: <<http://www.renovacaoeli.com/2015/03/muralha-da-china-caracteristicas.html>>. Acessado em: 26 maio 2016.

BUILDINGSMART **ifcSpaceProgram**. Disponível em: <http://iaiweb.lbl.gov/Resources/IFC_Releases/R2x3_final/ifcarchitectedomain/lexical/ifcpaceprogram.htm>. Acessado em: 25 maio 2016.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**. São Paulo: BNH/CBC, n. 26-27, jan./fev. 1972.

CHALITA, A. C. **Estrutura de um projeto para produção de alvenarias de vedação com enfoque na construtibilidade e aumento de eficiência na produção**. São Paulo, 2010. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CHING, F. D. K. **Arquitectura: forma, espacio y orden**. México: GG, 1998.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Cartilha de alvenaria de vedação**, 2008.

CORREA, F. R.; SANTOS, E. T. Ontologias na construção civil: Uma alternativa para o problema de interoperabilidade com o uso do IFC. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 7-22, jul./dez, 2014.

DUEÑAS PEÑA, M. **Método para a elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. John Wiley & Sons, Inc. 2ed. New Jersey, 2011.

EASTMAN, C. **Building Product Models: computer environments supporting design and construction**. Boca Raton: CRC Press, 1999, 411p.

EMIDÍO ET AL., 2016. Coordenação Modular par Construção Civil. UFMG. Disponível em: <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/23_cm/index.html> acessado 26 maio 2016.

FABRÍCIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio século XX: o dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FRANCO, L. S. O projeto de vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção. em: I SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Vedações Verticais – São Paulo, 1998. *Anais*. EPEUSP/PCC, 1998. P221-236.

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, Novembro 2006. São Carlos, 2006.

FU, C.; AOUAD, G.; LEE, A.; MASHALL-PONTING, A.; WU, S. IFC model viewer to support nD model application. *Automation in Construction*, v. 15, n. 2, March 2006.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos**. 2003. Dissertação (Mestrado Profissional), Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT, São Paulo.

GREVEN, H. A. Coordenação Modular. In: GREVEN, H. A. **Técnicas não convencionais em edificação I**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. Notas de aula.

GUILHERME, A. T. P. **Recomendações para execução de diferentes tipos de alvenaria**. / **Ana Tália Pinto Guilherme**. 2011. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Mossoró-RN, 2011.

KIVINIEMI, **University of Salford & Open BIM learning Xchage**, Apresentação de slides, University of Salford 2011. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/SoBEVPSeries/bim-at-salford-professor-arto-kiviniemi>>. Acessado em: 26 maio 2016.

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

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MANZIONE, L.; MELHADO, S.C **Metodologia de cálculo do Nível de Desenvolvimento de um projeto em BIM**. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 3.; Encontro Brasileiro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção, 6., 2013, Campinas. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2013. p. 1-13.

Marques, D. V. P. **Racionalização do processo construtivo de vedação vertical em alvenaria**. 2013. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

MIKALDO JR, J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de TI**. 2006. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), UFPR – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MONTEIRO, A. **Projeto para produção de vedação verticais em alvenaria em uma ferramenta CAD-BIM**. 2011. Dissertação (Mestrado Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Universidade de São Paulo, 2011.

NISSEN, H. **Construcción industrializada y diseño modular**. Madrid: H. Blume, 1976.

PEREIRA, A. P. **A adoção do paradigma BIM em escritórios de arquitetura em Salvador – BA**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2013.

ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo: FAUUSP, 1980.

ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: FAUUSP, 1976.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos**. 1989. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

SANTOS, E. T.; BARISON, M. B. **Bim e universidades**. *Revista Construção e Mercado*. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/artigo282479-1.aspx>. Acessado em: 20 maio 2016.

SANTOS, G. C. S. **Aplicação da tecnologia BIM 5D na integração do modelo com o orçamento e planejamento**. 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

SCHEER, S. **Abordando a BIM em níveis de modelagem**, 2009, Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído.

SENA, T. S. **A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

SUCCAR, B. **Effects of BIM on project lifecycle phases**. Disponível em: <http://www.bimthinkspace.com/bim-maturity/>. Acessado em: 23 maio 2015.

TARALLI, C. H. **Mudança de Tecnologia na Habitação: os conjuntos habitacionais da COHAB-SP**. São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, 1994.

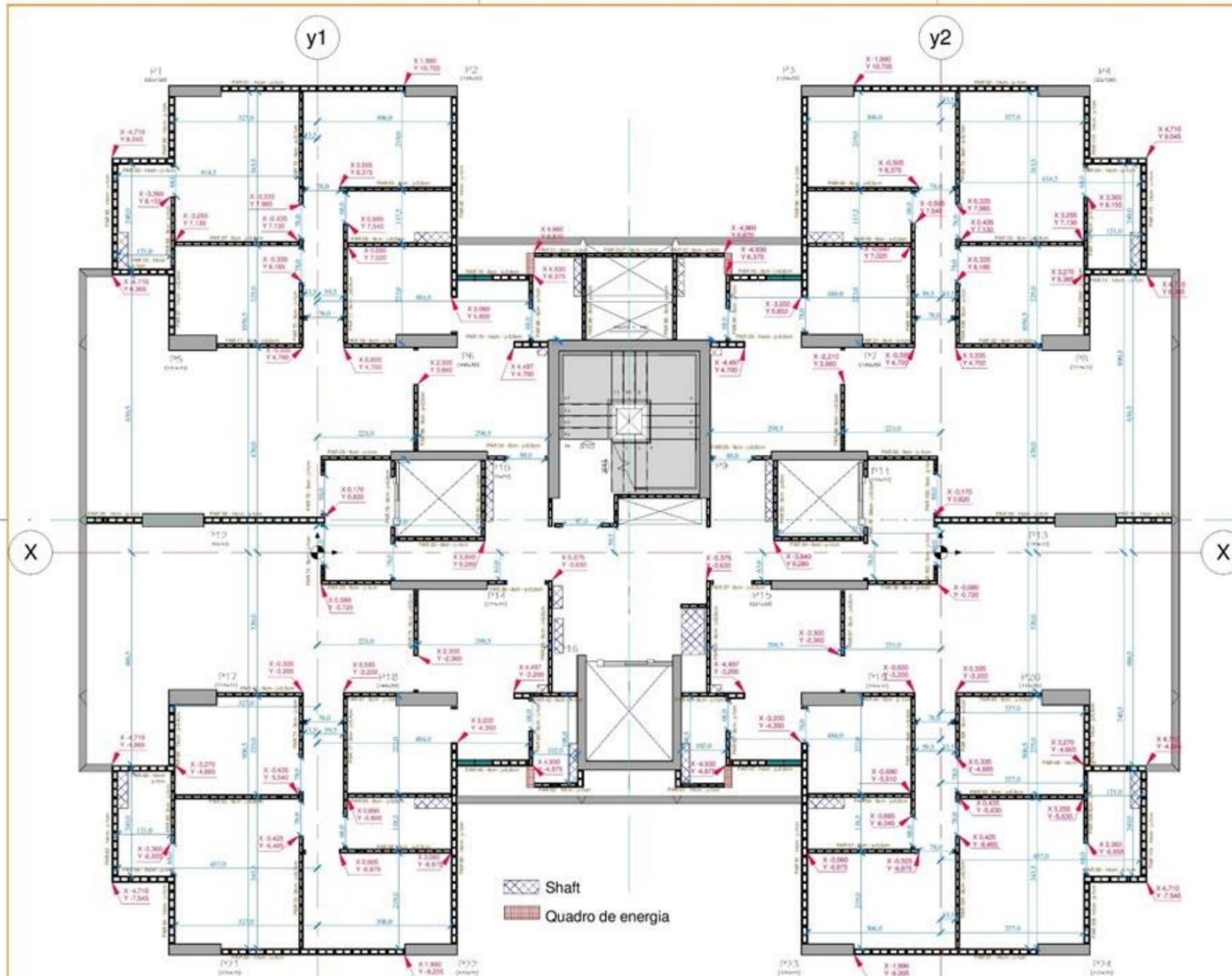
TAUIL, C. A. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

TSE, T. K. **THE UTILISATION OF BUILDING INFORMATION MODELS IN nD MODELLING: A STUDY OF DATA INTERFACING AND ADOPTION BARRIERS**, Hong Kong, 2015.

UNDERWOOD, J.; ISIKDAG, U. Preface: Being lost or becoming lost. **Handbook of research on building information modeling and construction informatics: concepts and technologies**. 2010.

VEERAMANI, D; TSERNG, H. P; RUSSELL, J. S. **Computer-integrated collaborative design and operation the construction industry**. **Automation in Construction**, v. 7, p. 485-492, 1998.

APÊNDICE A – PAGINAÇÃO DE ALVENARIA DO PAVIMENTO TIPO



Instruções

- A marcação dos blocos deve ser iniciada pelo primeiro bloco, que está cotado em uma de suas quinas;
- A cota do bloco tem como referencial o eixo mais próximo;
- Deve-se iniciar a marcação pelas paredes externas;
- Todos os blocos devem estar apoiados sobre a estrutura;
- As paredes externas possuem junta vertical de 1cm, podendo variar em alguns casos;
- As paredes internas possuem junta seca, com exceção de onde nasce a parede que deve ser adotado uma junta vertical;
- Qualquer divergência entre o projeto e a estrutura executada deve ser comunicada ao setor de Engenharia para que o mesmo tome as devidas providências

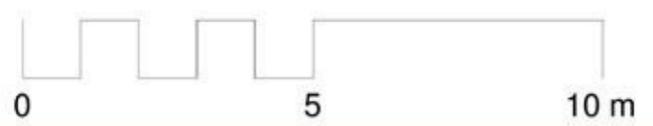
Quantitativo de Blocos

Esp.	Larg	Altura	Qtd.	Nº da Par.	Leg.
0,14	0,39	0,19	8		
0,14	0,39	0,19	188		1
0,14	0,19	0,19	32		2
0,14	0,09	0,19	2		4
0,14	0,04	0,19	18		5
0,09	0,39	0,19	298		6
0,09	0,19	0,19	33		7
0,09	0,34	0,19	7		8
0,09	0,09	0,19	13		9
0,09	0,04	0,19	53		10
Total geral			652		

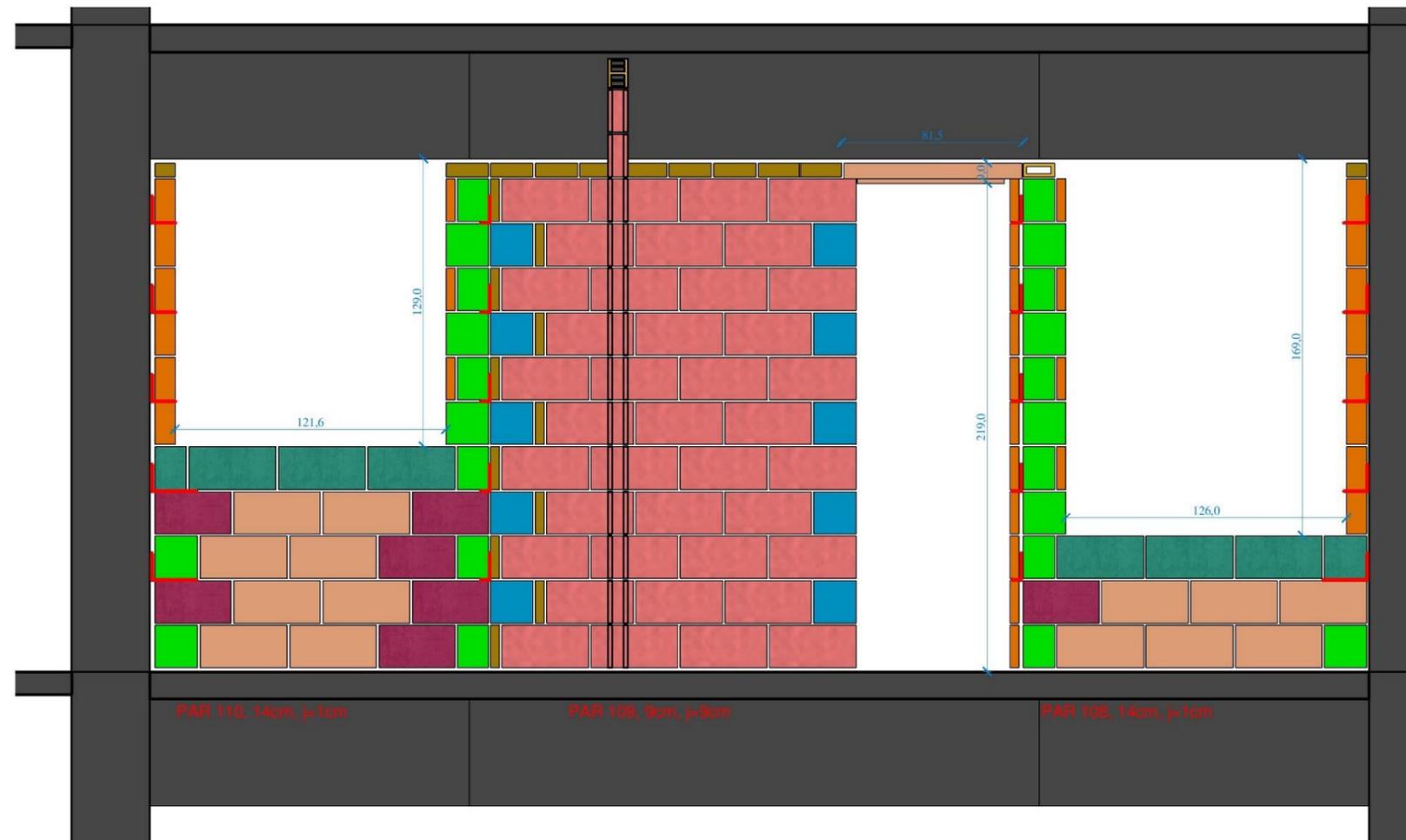
QUADRO DE CONTROLE DOS PROJETOS

PROJETOS	FOLHA	REV	MODIFICAÇÃO
Arquitetura	15	02	Executivo
Estrutura	06	01	
Hidráulica	05 e 06	00	
Elétrica	06	01	

1 Planta de Marcação
ESCALA 1 : 100



Nº Revisão	Modificação	Data	Assinatura
Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - DCE Rua Aristides Novis, 02, Federação, CEP 40210-630, Salvador - Bahia - Brasil Tel.: +55 71 3283-9703 / +55 71 3283-9702			
Empreendimento		Endereço	
Cliente		Código do Projeto PPVA-BIM-01	
Título Projeto de marcação - 1º Fiada		Prancha A2 - 02	
Projetado por Daniel Bacelar		Revisão	
Tel. +55 71 99215-5513	Contato eng.danielbacelar@gmail.com	Data 02/05/2015	Escala 1 : 100



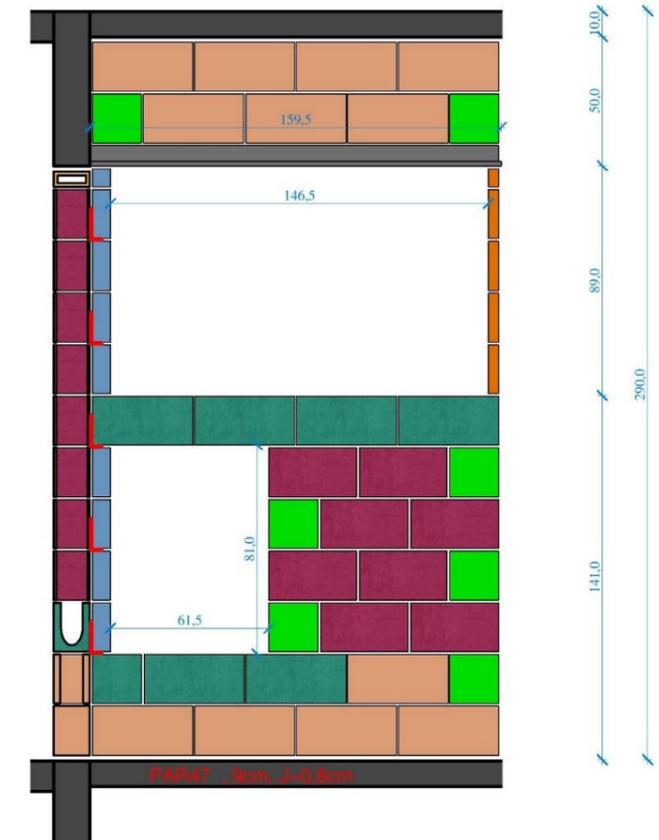
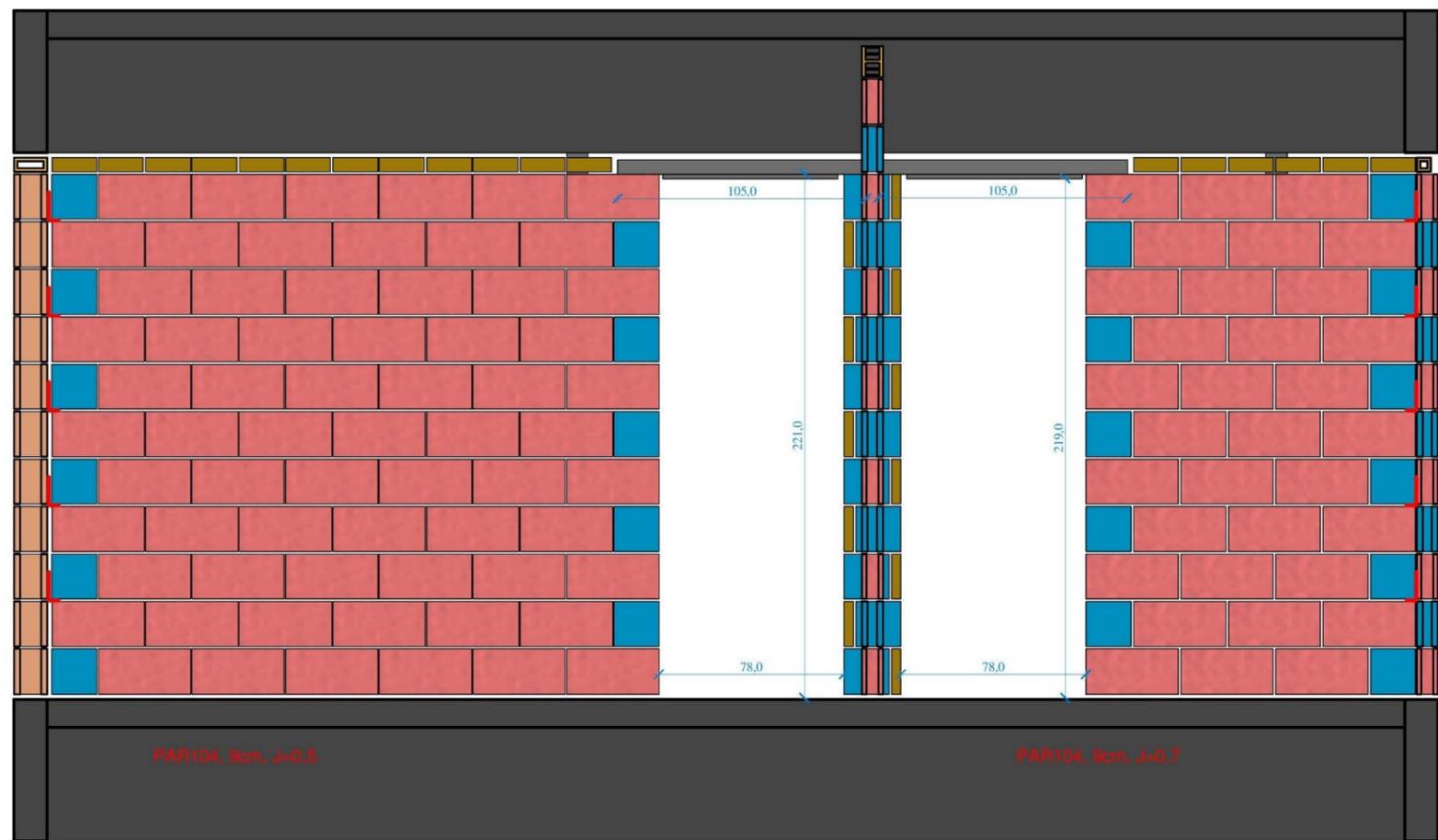
1 PAR 110, 109, 108
ESCALA 1 : 25

Para amarração nas alvenarias

- Utilizar tela galvanizada: D= 1,5mm, malha 15 x 15 mm
- Ligação alvenaria x estrutura L= 50 cm
- Ligação alvenaria x alvenaria L= 25 cm

Quantitativo de Blocos 110, 109, 108		
Tipos de Bloco	Contador	Nº da Parede
Bloco 9 x 14cm	8	108
Bloco 4 x 14	4	108
Bloco 19 x 14	11	108
Bloco 19x7 compensador	1	108
Bloco 19x7x9 compensador	1	108
Bloco 34x14	6	108
Bloco 39 x 14	12	108
Bloco Callha 39 x 14	4	108
108	47	
Bloco 4 x 9	23	109
Bloco 4 x 14	12	109
Bloco 9 x 14 x19	16	109
Bloco 19x7x9 compensador	8	109
Bloco 39 x 9	39	109
Bloco Compensador deitado 13cm	1	109
109	99	
Bloco 9 x 14cm	6	110
Bloco 4 x 14	4	110
Bloco 19 x 14	11	110
Bloco 19x7 compensador	1	110
Bloco 19x7x9 compensador	2	110
Bloco 34x14	11	110
Bloco 39 x 14	13	110
Bloco Callha 39 x 14	4	110
110	52	
Total geral: 198	198	

Nº Revisão	Modificação	Data	Assinatura
<p>Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - DCE Rua Aristides Novis, 02, Federação, CEP 40210-630, Salvador - Bahia - Brasil Tel.: +55 71 3283-9703 / +55 71 3283-9702</p>			
Empreendimento		Endereço	
Cliente		Código do Projeto PPVVA-BIM-01	
Título PAR 110, 109, 108		Prancha A3 - 08	
Projetado por Daniel Bacelar		Revisão	
Tel. +55 71 99215-5513	Contato eng.danielbacelar@gmail.com	Data 02/05/2015	Escala 1 : 25



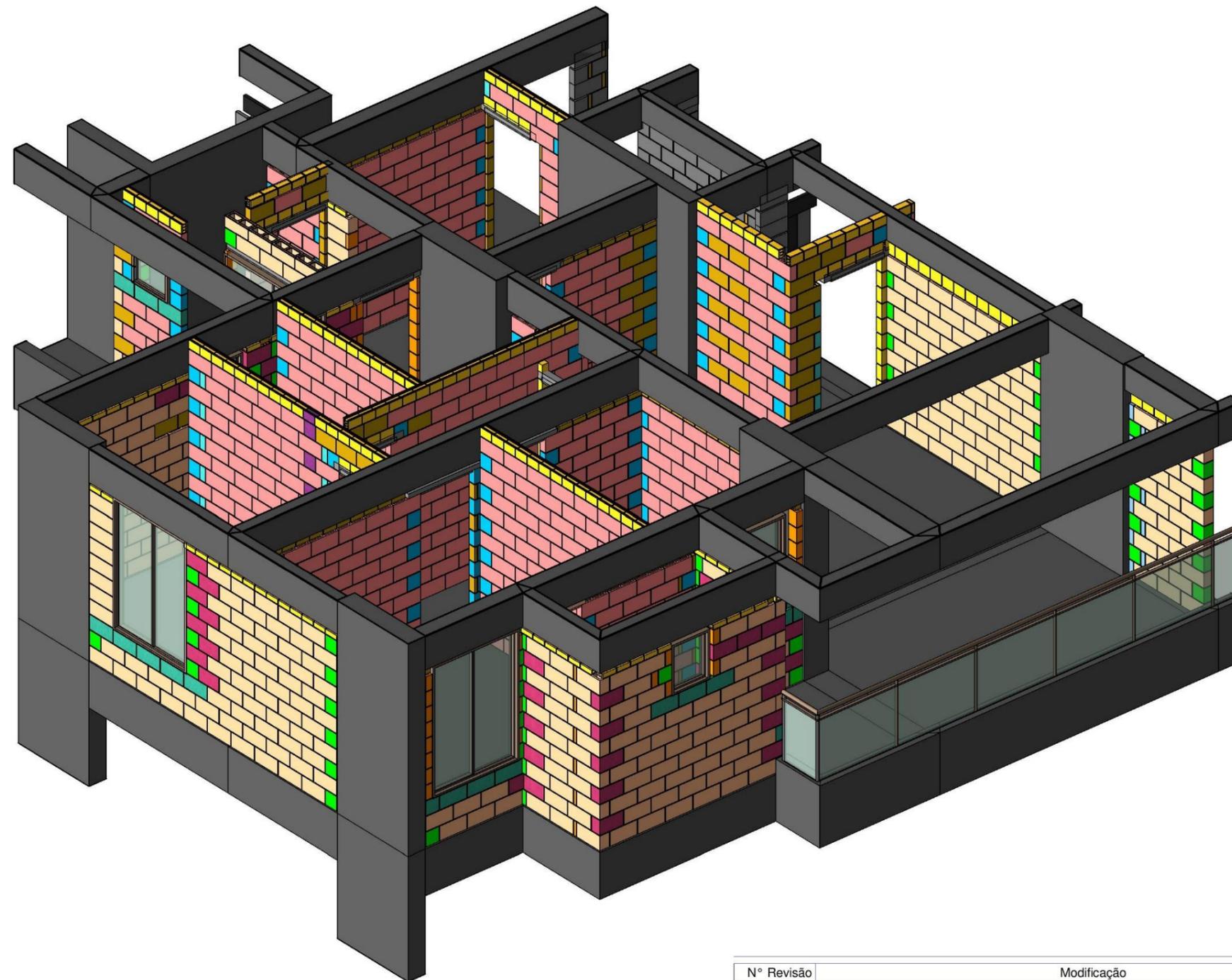
1 PAR 47
ESCALA 1 : 25

2 PAR 104, 105
ESCALA 1 : 25

Quantitativo de Blocos			Quantitativo de Blocos 1		
Tipos de Bloco	Contador	N° da Parede	Tipos de Bloco	Contador	N° da Parede
Bloco 4 x 9	5	104	Bloco 4 x 14	9	47
Bloco 9 x 14 x19	11	104	Bloco 19 x 14	13	47
Bloco 19x7x9 compensador	12	104	Bloco 19x7 compensador	6	47
Bloco 39 x 9	66	104	Bloco 34x14	13	47
104	94		Bloco 39 x 14	38	47
Bloco 4 x 9	6	105	Bloco Callha 39 x 14	7	47
Bloco 9 x 14 x19	27	105		86	
Bloco 19x7x9 compensador	7	105	Total geral: 86	86	
Bloco 39 x 9	39	105			
Verga	1	105			
105	80				
Total geral: 174	174				

- Para amarração nas alvenarias
- Utilizar tela galvanizada: D= 1,5mm, malha 15 x 15 mm
 - Ligação alvenaria x estrutura L= 50 cm
 - Ligação alvenaria x alvenaria L= 25 cm

N° Revisão	Modificação	Data	Assinatura
		Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - DCE Rua Aristides Novis, 02, Federação, CEP 40210-630, Salvador - Bahia - Brasil Tel.: +55 71 3283-9703 / +55 71 3283-9702	
Empreendimento		Endereço	
Cliente		Código do Projeto PPVVA-BIM-01	
Título		Prancha A3 - 10	
Projetado por Projetista		Revisão	
Tel. +55 71 99215-5513	Contato eng.danielbacelar@gmail.com	Data 02/05/2015	Escala 1 : 25



1 3D COLUNA 02
ESCALA

N° Revisão	Modificação	Data	Assinatura
		Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - DCE Rua Aristides Novis, 02, Federação, CEP 40210-630, Salvador - Bahia - Brasil Tel.: +55 71 3283-9703 / +55 71 3283-9702	
Empreendimento		Endereço	
Cliente		Código do Projeto PPVVA-BIM-01	
Título 3D COLUNA 02		Prancha A3 - 15	
Projetado por Daniel Bacelar		Revisão	
Tel. +55 71 99215-5513	Contato eng.danielbacelar@gmail.com	Data 02/05/2015	Escala

APÊNDICE B – DADOS DA PESQUISA DE SATISFAÇÃO

Quadro 16 - Dados detalhados da Pesquisa de satisfação

Amostra da pesquisa			Questões				
Setor	Função	Tempo de serviço	1	2	3	4	5
Adm.	Gerente de obra	11 anos	5	4	5	4	3
Adm.	Engenheira de Produção	7 anos	5	5	4	2	2
Adm.	Diretor de terceirizada	14 anos	5	4	5	4	5
Campo	Pedreiro de marcação	6 anos	5	5	4	5	5
Campo	Pedreiro de marcação	34 anos	4	4	3	5	5
Campo	Pedreiro de Levante	3 anos	5	5	4	4	5
Campo	Pedreiro de Levante	3 anos	5	4	2	3	4

Fonte: Estudo de Caso (2016)

Quadro 17 - Opções da respostas do questionário da pesquisa de satisfação

Opções de Resposta	
Concordo totalmente	5
Concordo	4
Indiferente	3
Discordo	2
Discordo totalmente	1

Fonte: Estudo de Caso (2016)