

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CARLOS EDUARDO LEEPKALN
INAÊ DA SILVA ROSA**

**DESENVOLVIMENTO DE ROTINAS EM DYNAMO PARA
OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM BIM**

FLORIANÓPOLIS, 2022.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CARLOS EDUARDO LEEPKALN
INAÊ DA SILVA ROSA**

**DESENVOLVIMENTO DE ROTINAS EM DYNAMO PARA
OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador:
Prof. Alexandre Lima de Oliveira, Doutor

FLORIANÓPOLIS, 2022.

CDD 624.183
R788d

Rosa, Inaê da Silva

Desenvolvimento de rotinas em Dynamo para otimização de projetos de alvenaria estrutural em BIM – [TCC] / Inaê da Silva
Rosa, Carlos Eduardo Leepkaln; orientação de Alexandre Lima de Oliveira – Florianópolis, 2022.

170 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Alvenaria estrutural. 2. Building Information Modeling (BIM). 3. Projetos de alvenaria. I. Leepkaln, Carlos Eduardo. II. Oliveira, Alexandre Lima de. III. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Raphael Vieira Gomes Costa - CRB 14/1341

DESENVOLVIMENTO DE ROTINAS EM DYNAMO PARA OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM BIM

**CARLOS EDUARDO LEEPKALN
INAÊ DA SILVA ROSA**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 15 de dezembro de 2022.

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

ALEXANDRE LIMA DE OLIVEIRA

Data: 30/01/2023 09:25:24-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Alexandre Lima de Oliveira, Dr.



Documento assinado digitalmente

ANA PAULA PUPO CORREIA

Data: 30/01/2023 09:35:20-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Ana Paula Pupo Correia, Dra.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

LUCIANA DA ROSA ESPINDOLA

Data: 31/01/2023 09:10:46-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Luciana da Rosa Espindola, Dra.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Para sermos melhores, devemos nos cercar das melhores pessoas. Por isso, primeiramente nos auto agradecemos. Não seríamos capazes de chegar aqui se não tivéssemos escolhido trilhar essa jornada juntos. Formamos uma dupla inseparável que conquistou lugares inimagináveis, como a constituição de nossa sociedade na Cannê Engenharia. Nosso sucesso advém de muito esforço desde o primeiro trabalho da faculdade.

Aos nossos pais e avós, pela paciência, carinho, companheirismo e principalmente por nos ensinar a buscar realizar nossos sonhos. Se hoje estamos concluindo essa fase é por conta do esforço e dedicação deles, e temos certeza que a conclusão desta etapa é a realização de um sonho deles também. Em extensão, aos demais membros das nossas famílias, que nos apoiaram das mais diversas maneiras e acreditaram em nosso potencial.

Ao nosso orientador Prof. Dr. Alexandre Lima de Oliveira, pela humildade e competência que o tornam um profissional inspirador. Bem como, por confiar e acreditar em nós, mesmo quando nós mesmos não fomos capazes de acreditar.

Aos demais professores que contribuíram para nossa formação, pelo conhecimento técnico e pessoal transmitido. Cada um de vocês se tornaram modelos a quem devemos nos espelhar.

Aos nossos amigos de caminhada na Engenharia Civil, que tornaram a graduação mais leve e prazerosa. Em especial, a Giulia e Michelly, que caminharam conosco desde o início dessa etapa, realizando boa parte dos trabalhos da faculdade juntos.

Assim como, nossos amigos por nos manterem firmes durante esses períodos difíceis e nos apoiarem para manter o foco no TCC. Em particular, aos nossos estimados amigos André, Bruno, Gilmar, João, Kelly, Luana e Mariana, por todo o incentivo prestado a nós e nos diversos momentos especiais que vivenciamos juntos, servindo de inspiração em muitas circunstâncias da nossa jornada.

Aos profissionais da engenharia que contribuíram para o aprimoramento do nosso conhecimento técnico.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que nós chegássemos onde estamos, e a nos levar onde queremos chegar.

RESUMO

Buscando por soluções relacionadas ao alto custo das construções, advindo de um elevado índice de desperdícios, os profissionais da construção civil, direcionaram seus estudos à precisão dos processos e meios construtivos que garantam a viabilidade econômica. Frente a isso, projetar ultrapassou a visão gráfica e tornou-se um banco de dados para que a construção aconteça de forma eficiente. Aliado a isso, a alvenaria estrutural surgiu como uma opção economicamente exequível e com baixo desperdício, de modo a suprir as problemáticas supracitadas. No entanto, a execução da alvenaria estrutural requer mão de obra qualificada e controle sistemático, uma vez que os projetos possuem detalhes que devem ser seguidos para garantir a viabilidade do sistema construtivo. Apesar do crescimento da utilização do BIM (*Building Information Modeling*), muitos projetistas no âmbito da alvenaria estrutural, ainda utilizam *softwares* CAD, como o AutoCAD. Ante o exposto, tal área é uma das que menos utilizam esta tecnologia em seus processos. Para tanto, com a necessidade da apresentação de informações construtivas a partir de um projeto executivo eficiente, o presente trabalho tem como objetivo geral, a elaboração de uma metodologia de trabalho empregando rotinas de programação Dynamo que otimizem o desenvolvimento de projetos de alvenaria estrutural, visando explorar os benefícios da tecnologia BIM. Como objetivos específicos tem-se a coleta de informações a partir do desenvolvimento de uma modulação no TQS Alvest, a elaboração de um *template* e famílias, por meio do Revit, o desenvolvimento de otimizações de processos projetuais através do Dynamo e, por fim, a aplicação destes no projeto desenvolvido e a análise dos resultados. Para atingir tais objetivos, foi realizada a concepção de um projeto estrutural unifamiliar no TQS Alvest e em seguida, foi desenvolvido um *template* com pré-configurações estipuladas, como modelo de vista e tabelas quantitativas, e criação de famílias. Posteriormente, foram elaboradas rotinas de programação visual para otimizar a criação de níveis, plantas baixas, substituição de elementos e criação de documentações. Por fim, a partir da aplicação do *template* e das rotinas de programação, verificou-se o aumento da produtividade perante a padronização dos projetos de alvenaria estrutural devido ao ganho de tempo, de informação e apresentação de dados quantitativos que agregam o processo de orçamentação, tais meios proporcionados devido a proximidade da construção virtual à real. Deste modo, pode-se verificar que o *template* e as rotinas permitiram a otimização do processo de padronização, garantindo assim, documentações com informações coesas em um projeto de qualidade em um menor tempo de elaboração.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural. *Building Information Modeling* (BIM). Dynamo. Otimização. TQS.

ABSTRACT

Searching for solutions related to the high cost of constructions, arising from a high rate of waste, civil construction professionals have directed their studies to the precision of processes and constructive means that guarantee economic viability. Faced with this, designing went beyond the graphic view and became a database for the construction to happen efficiently. Allied to this, structural masonry emerged as an economically feasible option with low waste, in order to overcome the aforementioned problems. However, the execution of structural masonry requires skilled labor and systematic control, since the projects have details that must be followed to guarantee the viability of the construction system. Despite the growth in the use of BIM (Building Information Modeling), many engineering designers in the field of structural masonry still use CAD software such as AutoCAD. In view of the above, this area is one of those that least use this technology in their processes. Therefore, with the need to present constructive information from an efficient executive project, the present work has as its general objective, the elaboration of a work methodology using Dynamo programming routines that optimize the development of structural masonry projects, aiming at explore the benefits of BIM technology. As specific objectives, there is the collection of information from the development of a modulation in TQS Avest, the elaboration of a template and families, through Revit, the development of design process optimizations through Dynamo and, finally, the application of these in the developed project and the analysis of the results. To achieve these objectives, a single-family structural project was conceived in TQS Avest and then a template was developed with stipulated pre-configurations, such as a view model and quantitative tables, and the creation of families. Subsequently, visual programming routines were developed to optimize the creation of levels, floor plans, replacement of elements and creation of documentation. Finally, from the application of the template and the programming routines, there was an increase in productivity due to the standardization of structural masonry projects due to the gain in time, information and presentation of quantitative data that aggregate the budgeting process, such means provided due to the proximity of the virtual construction to the real one. In this way, it can be verified that the template and the routines allowed the optimization of the standardization process, thus guaranteeing documentation with cohesive information in a quality project in a shorter elaboration time.

Keywords: Structural Masonry. Building Information Modeling (BIM). Dynamo. Optimization. TQS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do trabalho	19
Figura 2 - Tipos de alvenaria	21
Figura 3 - Edifício Monadnock, Chicago	22
Figura 4 - Primeira e segunda fiada	35
Figura 5 - Exemplo de projeto executivo de alvenaria estrutural	35
Figura 6 - Demonstração da repetição de fiadas	37
Figura 7 - Posicionamento dos blocos de acordo com o módulo	38
Figura 8 - Amarração direta com bloco especial	38
Figura 9 - Amarração indireta ligada por grampos	39
Figura 10 - Vergas e contravergas preenchidas com graute	43
Figura 11 - A metodologia BIM	45
Figura 12 - Exemplo de parede associada ao pavimento	47
Figura 13 - Categorias de elemento	48
Figura 14 - Rotina em Dynamo expressa em “nós”	50
Figura 15 - Fluxograma da metodologia do estudo de caso	55
Figura 16 - Planta baixa disponibilizada para estudo pelo TQS	56
Figura 17 - Disposição inicial da primeira fiada	65
Figura 18 - Disposição inicial das esquadrias e graute	66
Figura 19 - Elevação da parede	66
Figura 20 - Exportação do TQS para o Revit	67
Figura 21 - Interface do <i>plugin</i> do TQS no Revit 2020	68
Figura 22 - Comparação do bloco exportado pelo IFC e do bloco modelado no REVIT	69
Figura 23 - <i>Interface</i> do Revit para criação de famílias	70

Figura 24 - Graute Vertical na Interface de criação de famílias do Revit	72
Figura 25 - Estrutura da parede destinada para o revestimento argamassado	73
Figura 26 - Interface do “Modelos de vistas” no software Revit	74
Figura 27 - Filtros aplicados nos modelos de vista	75
Figura 28 - Tabelas presentes no <i>template</i>	75
Figura 29 - Criação de nova tabela no Revit	76
Figura 30 - Configurações adotadas para a tabela “Quantitativo de Blocos Estruturais”	77
Figura 31 - Interface “Propriedades de parâmetros”	79
Figura 32 - Aplicação da família “IDENTIFICADOR N° FIADA”	80
Figura 33 - Símbolo de anotação: Identificador de parede	81
Figura 34 - Importação do IFC	80
Figura 35 - Acesso ao Reprodutor do Dynamo na <i>interface</i> do Revit	82
Figura 36 - Rotina de programação “Criação de níveis e plantas baixas”	83
Figura 37 - Grupo de nós para criação do nível térreo	84
Figura 38 - Grupo de nós para o restante da programação	85
Figura 39 - Aplicação da Programação de Criação de Níveis e Plantas Baixas	86
Figura 40 - Rotina de programação “Substituição dos blocos IFC”	87
Figura 41 - Rotina de programação “Deletar blocos IFC”	87
Figura 42 - Aplicação das rotinas “Substituição dos Blocos IFC” e “Deletar Blocos IFC”	89
Figura 43 - Rotina de programação “Criação de paredes de acabamento”	90
Figura 44 - Revestimento argamassado aplicada nos blocos estruturais	91
Figura 45 - Edição de entrada de dados da rotina de criação de paredes	92
Figura 46 - Rotina de programação “Criação do graute vertical IFC”	93

Figura 47 - Aplicação do novo graute modelado	94
Figura 48 - Rotina de programação “Criação da armadura para grautes verticais”	95
Figura 49 - Aplicação da rotina de armadura no Reprodutor do Dynamo	96
Figura 50 - Armadura inserida no graute vertical	96
Figura 51 - Famílias de graute horizontal IFC	97
Figura 52 - Rotina de programação “Renomear Quadros Estruturais IFC”	98
Figura 53 - Rotina de programação “Criação de Armadura para Grautes Horizontais”	99
Figura 54 - Armaduras inseridas no graute horizontal	99
Figura 55 - Rotina de programação “Criação de Eixos Verticais”	100
Figura 56 - Eixos aplicados no pavimento térreo	102
Figura 57 - Aplicação da rotina criação de eixos no Reprodutor do Dynamo ...	102
Figura 58 - Rotina de programação “Criação da Vista de Elevação”	103
Figura 59 - Rotina de programação “Aplicação do Modelo de Vista de Elevação”	103
Figura 60 - Aspecto das elevações após a aplicação da rotina	104
Figura 61 - Ajuste de direção da vista de elevação	105
Figura 62 - Aplicação da rotina criação das elevações no Reprodutor do Dynamo	105
Figura 63 - Rotina de programação “Criação da Folhas”	106
Figura 64 - Criação da folha	107
Figura 65 - Ajustes na planta baixa	108
Figura 66 - Elevação após ajustes finais	109
Figura 67 - Etapas para aplicação do refinamento gráfico em BIM	112
Figura 68 - Vista de elevação de uma parede no <i>software</i> Revit	113
Figura 69 - Vista isométrica de uma parede no <i>software</i> Revit	113

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Blocos de cerâmico: Família M-15 de “29 cm”	27
Quadro 2 - Blocos de cerâmico: Família M-15 de “39 cm”	28
Quadro 3 - Blocos de cerâmico: Família M-20	28
Quadro 4 - Blocos de concreto: Família M-15 de “29 cm”	29
Quadro 5 - Blocos de concreto: Família M-15 de “39 cm”	30
Quadro 6 - Blocos de concreto: Família M-20	31
Quadro 7 - Fases de desenvolvimento do modelo no TQS	57
Quadro 8 - Requisitos de padronização de projetos	60
Quadro 9 - Parâmetros selecionados para as tabelas do <i>template</i>	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	<i>Building Information Modeling</i> (Modelagem da Informação da Construção)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
DACC	Departamento Acadêmico da Construção Civil
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFSC	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
NBR	Norma Brasileira

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa	17
1.2	Definição de Problema	18
1.3	Objetivo Geral	19
1.4	Objetivos Específicos	19
1.5	Estrutura do Trabalho	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	Projeto em Alvenaria Estrutural	20
2.1.1	Histórico	21
2.1.2	Componentes da alvenaria estrutural	23
2.1.2.1	<i>Argamassa</i>	24
2.1.2.2	<i>Armaduras</i>	25
2.1.2.3	<i>Blocos</i>	26
2.1.2.3.1	<i>Blocos cerâmicos</i>	26
2.1.2.3.2	<i>Blocos de concreto</i>	29
2.1.2.3.3	<i>Blocos sílico-calcários</i>	31
2.1.2.4	<i>Graute</i>	31
2.1.3	Projeto	32
2.1.3.1	<i>Evolução do projeto</i>	33
2.1.3.2	<i>Considerações projetuais</i>	36
2.1.3.2.1	<i>Coordenação Modular</i>	36
2.1.3.2.2	<i>Posicionamento dos blocos: 1ª e 2ª fiadas</i>	37
2.1.3.2.3	<i>Modulação Vertical</i>	39
2.1.3.2.4	<i>Elevação das Paredes</i>	40
2.1.3.2.5	<i>Locação das Instalações Elétricas e Hidráulicas</i>	40
2.1.3.2.6	<i>Pontos de Grauteamento, Vergas, Contravergas e Cinta</i>	42
2.2	Processos projetuais: CAD e BIM	43

2.2.1	Projeto e Desenho Assistidos por Computador (CAD)	44
2.2.2	Modelagem da Informação na Construção (BIM)	44
2.2.2.1	<i>Revit</i>	46
2.2.2.2	<i>Dynamo</i>	49
2.2.2.3	<i>TQS Alvest</i>	51
2.3	Sistematização Projetual.....	52
3	METODOLOGIA	55
3.1	Elaboração do projeto modelo de alvenaria estrutural no TQS Alvest	56
3.2	Desenvolvimento do <i>template</i>	59
3.3	Elaboração das rotinas de programação em Dynamo	62
3.4	Aplicação do <i>template</i> e rotinas de programação no projeto desenvolvido	62
3.5	Análise dos Resultados	62
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	64
4.1	Desenvolvimento do modelo no TQS Alvest	64
4.1.1	Exportação para <i>software</i> Revit	67
4.2	Desenvolvimento do <i>template</i> base	69
4.2.1	Aplicação das famílias ao <i>template</i>	69
4.2.1.1	<i>Blocos Estruturais</i>	69
4.2.1.2	<i>Graute</i>	71
4.2.1.3	<i>Revestimento Argamassado</i>	72
4.2.2	Criação dos modelos de vista	73
4.2.3	Criação das tabelas	75
4.2.4	Elementos de identificação	79
4.3	Importação do arquivo IFC para o <i>software</i> Revit	81
4.4	Algoritmos desenvolvidos no Dynamo e suas aplicações	82
4.4.1	Criação de níveis e plantas de piso	82
4.4.2	Substituição dos blocos	86

4.4.3	Criação de paredes de revestimento argamassado através de blocos filtrados	89
4.4.4	Graute e aplicação de armadura	92
4.4.4.1	<i>Graute Vertical</i>	92
4.4.4.2	<i>Graute Horizontal</i>	97
4.4.5	Criação dos Eixos	100
4.4.6	Elevações	103
4.4.7	Criação das folhas do caderno de projeto executivo	106
4.5	Itens complementares à padronização de projetos em alvenaria estrutural	107
4.6	Análise e discussão dos resultados	109
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
5.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	116
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
	APÊNDICE A – DESENVOLVIMENTO DO PROJETO UNIFAMILIAR NO SOFTWARE TQS ALVEST	123
	APÊNDICE B – DESENVOLVIMENTO DO PROJETO UNIFAMILIAR NO SOFTWARE REVIT	135

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo que vem sendo utilizado há milhares de anos, para os mais diversos fins. No entanto, ao longo dos anos, foram desenvolvidas tecnologias, de modo a elaborar um método com critérios de projetos e cálculos normatizados, a fim de viabilizar o sistema de forma caracterizada pela durabilidade, economia e baixo desperdício, afirma Tauil e Nese (2010).

Tanto para a aplicação residencial como comercial, o Mapa da Obra (2013) revela que, através de uma pesquisa realizada junto a 4 mil construtoras brasileiras pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) em parceria com a E8 Inteligência, os blocos estruturais de concreto são três vezes mais pedidos que os cerâmicos. Só no ano de 2000, segundo Prudêncio et al. (2002), aproximadamente 17% das obras de edifícios residenciais utilizavam os blocos de concreto como elemento advindo da alvenaria estrutural.

Ressalta-se que através da escolha do bloco, cerâmico ou de concreto, a ser utilizado para o desenvolvimento do empreendimento, elabora-se um projeto condizente com a modulação escolhida de modo a alcançar a eficiência projetual. Todavia, atualmente, a condução dos projetos para a construção civil, direcionados a execução da alvenaria estrutural, não apresentam qualidade suficiente para evitar retrabalhos nos canteiros de obras, desperdícios excessivos e aumento de custos, afirma Machado (2017), refletindo assim um projeto executivo com indefinições.

Ao buscar por inovações tecnológicas que diminuam os impactos na obra e otimizem os processos, o *Building Information Modeling* (BIM) vem ganhando espaço no mercado da construção civil. O BIM, conforme Andrade (2017), trata-se de uma metodologia que permite a criação de um modelo virtual tridimensional que contém os dados do empreendimento na sua forma de execução real, possibilitando assim a extração destes para garantir a eficácia de sua execução.

Assim sendo, a utilização do BIM em projetos de alvenaria estrutural, proporcionam a elaboração de projetos com a minimização de improvisos no canteiro de obras, uma vez que a modulação é prevista de maneira adequada e ocorre a verificação de incompatibilidades com os demais sistemas construtivos. Ou

seja, proporcionam obras com execução otimizadas e com a estimativa de custos mais próxima da realidade, afirma Alves (2020).

Frente a isso, verifica-se a necessidade da elaboração de procedimentos que otimizem as tarefas, com o propósito de agilizar o processo da criação de projetos e garantir confiabilidade ao resultado final.

1.1 Justificativa

Atualmente, o mercado de trabalho brasileiro apresenta um baixo índice de capacitação dos profissionais envolvidos no desenvolvimento de projetos de alvenaria estrutural, bem como na execução das mesmas. Tal fato, é evidenciado pela afirmativa discorrida por Machado (2017), o qual relata a insuficiência de detalhes projetuais que tornam a execução dificultosa, desvalorizando os princípios bases do sistema. Devido ao menoscabo da fase projetual, constata-se uma interferência nos lucros do empreendimento ao adotar a alvenaria estrutural como método construtivo, uma vez que, através de projetos com baixo nível de detalhamento e falhas projetuais, a taxa de problemas que comumente são advindas durante a execução não poderão ser extinguidas no escritório.

De acordo com Leepkahn et al. (2021), o desenvolvimento de projetos de alvenaria estrutural em *softwares* CAD demanda trabalho braçal, o que consequentemente prolonga o seu tempo de elaboração e aumenta a chance de ocorrência de erros. Além disso, ressalta-se que o *software* é baseado na metodologia de trabalho vetorizado e não em elementos com informações, dificultando o desenvolvimento, uma vez que a visualização gráfica se faz majoritariamente em 2D, e impossibilitando a coleta precisa de informações para a execução do projeto.

Com a necessidade da apresentação de informações construtivas para garantir um projeto executável com eficiência, tornou-se necessária a implementação do *Building Information Modeling* (BIM) na elaboração de projetos de alvenaria estrutural. Através do BIM a coleta destas informações se faz durante o processo projetual, uma vez que não é norteado por vetores e sim, como tradução direta, trata-se de uma modelagem da informação da construção. Além disso, esses *softwares* facilitam a integração e compatibilização dos diferentes projetos que

contemplam o conjunto da edificação, buscam por interferências e facilitam a extração de dados quantitativos.

Contudo, no mercado de trabalho atual, constata-se que as ferramentas CAD ainda dominam o âmbito projetual da alvenaria estrutural, e que quando há a inserção do BIM, observa-se a utilização apenas da modelagem tridimensional, menosprezando assim a extração de dados e a otimização que a metodologia pode proporcionar. Destaca-se ainda que, em ambas esferas, o ato de projetar ocorre de maneira repetitiva, demandando horas de trabalho manual pelos profissionais dos escritórios de engenharia.

Deste modo, o presente trabalho justifica-se pela necessidade de se otimizar os processos de elaboração de projetos de alvenaria estrutural em BIM, de modo a acelerar o desenvolvimento do mesmo. Essas otimizações visam: reduzir os trabalhos manuais recorrentes durante a elaboração do projeto, garantir um nível de detalhamento elevado, proporcionar quantitativos precisos e, principalmente, viabilizar a facilidade de execução, assegurando uma obra planejada e racionalizada.

1.2 Definição de Problema

A engenharia civil busca através da concepção dos projetos ferramentas que garantam a parametrização de informações, como forma de realizar análises construtivas e previsão de gastos. Diante disso, engenheiros e projetistas estão se capacitando e buscando formas de aperfeiçoar o desenvolvimento dos projetos para evitar problemas futuros nas construções. Todavia, a metodologia atualmente utilizada para a coleta destas informações demanda um grande esforço dos profissionais e tempo de trabalho.

Sendo assim, o problema da pesquisa é definido: Como otimizar os processos para o desenvolvimento de projetos de alvenaria estrutural, de forma a obter uma gama de informações condizentes com a realidade a ser edificada?

1.3 Objetivo Geral

Elaborar uma metodologia de trabalho empregando rotinas de programação em Dynamo, que otimizem o desenvolvimento de projetos de alvenaria estrutural, visando explorar os benefícios da metodologia BIM.

1.4 Objetivos Específicos

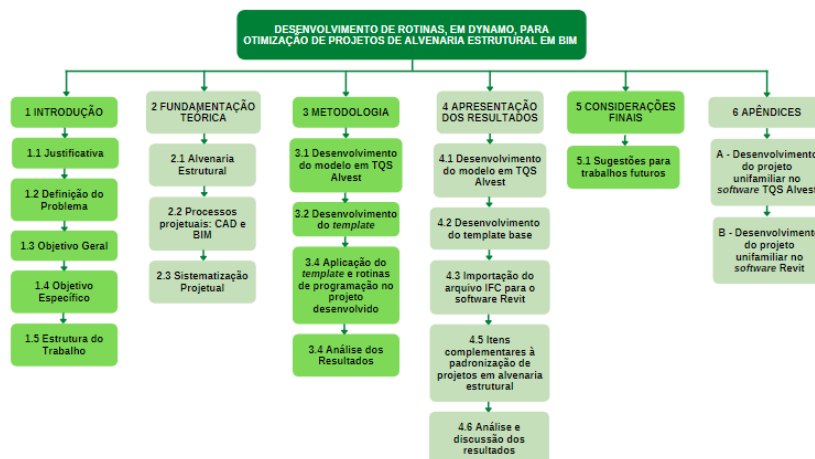
Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- criar um projeto de alvenaria estrutural da edificação modelo através do *software* TQS Alvest;
- elaborar um *template* de projetos de alvenaria estrutural, por meio do *software* Autodesk Revit, e famílias que darão suporte ao mesmo;
- desenvolver programações em Dynamo, que garantam a otimização de processos projetuais, coletando dados construtivos;
- aplicar o *template*, bem como os processos de otimização no projeto desenvolvido e analisar os resultados.

1.5 Estrutura do Trabalho

A estrutura do trabalho está apresentada no fluxograma mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Estrutura do trabalho



Fonte: Elaboração própria (2022).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão apresentados os principais conceitos que subsidiarão o trabalho.

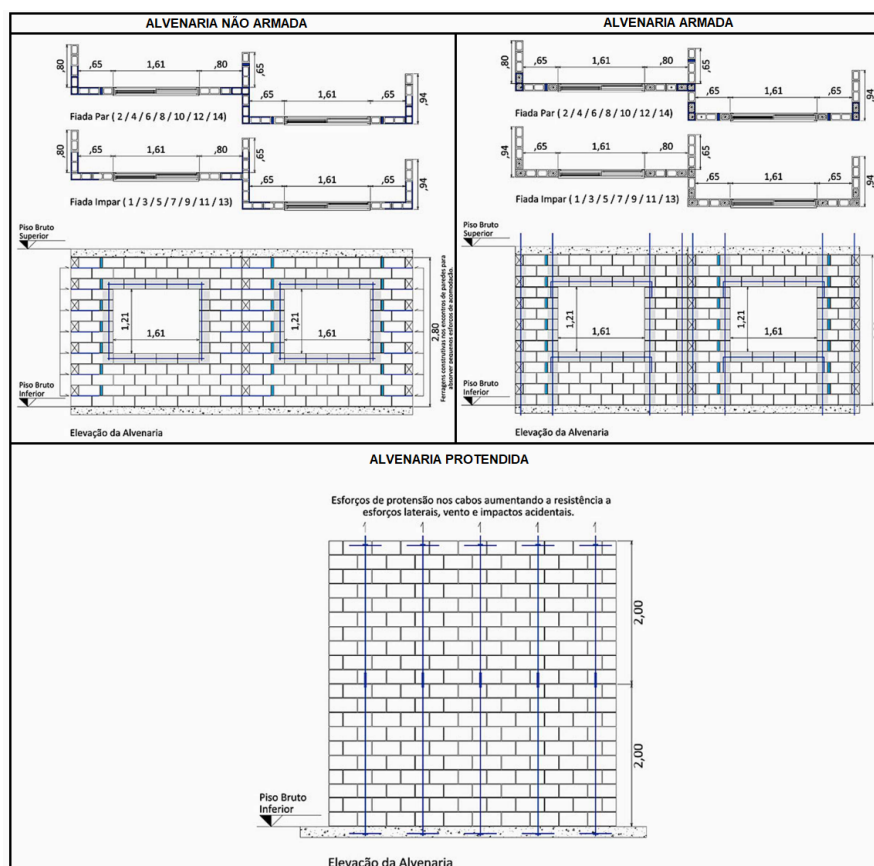
2.1 Projeto em Alvenaria Estrutural

Denomina-se alvenaria como o conjunto de elementos ou blocos, justapostos e unidos por uma argamassa apropriada, caracterizado pela vedação de espaços através de um elemento vertical coeso (Tauil e Nese, 2010). No caso da alvenaria estrutural, esse grupo de componentes, que formam as paredes, também são responsáveis por resistir às cargas verticais e horizontais, bem como seu próprio peso. Essas paredes são dimensionadas por meio de cálculos racionais, diferindo-se, assim, da alvenaria resistente que é calculada empiricamente (PRUDÊNCIO et al., 2002, p. 13). Ou seja, esse sistema de alvenaria norteado pelas NBR 16868-1/2020, NBR 16868-2/2020 e NBR 16868-3/2020, permite que os blocos supram a necessidade da implementação de pilares e vigas, uma vez que se comportam como elementos estruturais.

Através dos cálculos racionais, é possível determinar através de qual padrão de elementos a edificação será projetada (Fig. 2), de acordo com Prudêncio et al. (2002) e Tauil e Nese (2010), conceitua-se tais padrões como:

- i. Elemento de alvenaria não armada: estrutura constituída por blocos assentados com argamassa, podendo conter reforços de aço por razões construtivas e para evitar patologias futuras;
- ii. Elemento de alvenaria armada ou parcialmente armada: estrutura constituída por blocos assentados com argamassa, cujas cavidades são preenchidas com graute, recebendo armaduras dimensionadas para absorver esforços calculados, além daquelas por razões construtivas, em algumas regiões;
- iii. Elemento de alvenaria protendido: estrutura constituída por blocos assentados com argamassa, reforçada com armadura ativa, submetendo-a a esforços de compressão.

Figura 2 - Tipos de alvenaria



Fonte: Adaptado de Ramalho e Corrêa (2003).

2.1.1 Histórico

A alvenaria estrutural é um método construtivo utilizado há milhares de anos, haja visto que as principais construções que marcaram a humanidade, graças aos seus aspectos arquitetônicos e estruturais, eram compostas por unidades de blocos de pedra ou cerâmicos intertravados com ou sem material ligante (MOHAMAD, 2020, p. 13). Esses verdadeiros monumentos, ao longo dos séculos, foram construídos em diversas partes do mundo e sendo considerados por muitas vezes um marco a serem mencionados, dentro do sistema construtivo estudado, conforme Ramalho e Corrêa (2003). O Parthenon, na Grécia, construído entre 480 a.C. e 323 a.C, e a Muralha da China, construído no período de 1368 e 1644, são alguns exemplos desta técnica (PRUDÊNCIO et al., 2002, p. 07).

Considerado um símbolo clássico da moderna alvenaria estrutural, foi construído em Chicago, entre 1889 e 1891, o Edifício Monadnock (Fig. 3), com seus

16 pavimentos e 65 m de altura, explorando os limites dimensionais possíveis para a tecnologia da época, como exposto por Ramalho e Corrêa (2003). Por conta dos métodos empíricos adotados para o dimensionamento desta edificação, suas paredes da base possuem 1,80 m de espessura, acredita-se que se fosse realizado o dimensionamento com base nas normas vigentes atualmente, as paredes teriam uma espessura inferior a 30 cm.

Figura 3 - Edifício Monadnock, Chicago



Fonte: Franco e Barros (2020).

No entanto, segundo Prudêncio et al. (2002), apesar de alguns avanços tecnológicos na área, somente por volta de 1950 surgiu a alvenaria estrutural propriamente dita, ou seja, aquela concebida a partir de teorias de cálculo. Tal fato é confirmado pelo exposto por Franco e Barros (2020), o qual em 1951, Paul Haller realizou o dimensionamento de um edifício, com 13 andares e aproximadamente 41 m de altura, com base em ensaios e pesquisas na Universidade de Basileia, resultando em paredes menos espessas.

No Brasil, o sistema construtivo em alvenaria é utilizado desde que os portugueses desembarcaram no início do século XVI, consoante Ramalho e Corrêa (2003). No entanto, apenas em 1966, teve-se o registro da construção de um

conjunto de edifícios, o Central Parque da Lapa, regido por cálculos que garantem a exequibilidade da alvenaria estrutural, segundo Franco e Barros (2020). Ramalho e Corrêa (2003) afirmam que apesar da chegada tardia deste sistema construtivo, a alvenaria estrutural acabou se firmando como uma alternativa eficiente e economicamente viável para a construção de edificações, e com crescente avanço no mercado da construção civil, fato este demonstrado devido ao número de empresas que produzem blocos, tanto de concreto quanto cerâmico.

Em dezembro de 1977, conforme exposto por Prudêncio et al. (2002), o IBRACON (Instituto Brasileiro de Concreto) realizou uma conversação com diversos profissionais como, projetistas e calculistas, sobre a produção de blocos, controle de qualidade, normatização e tudo que envolve a execução do sistema de alvenaria estrutural. Ainda de acordo com Prudêncio et al. (2002), as incertezas quanto à seguranç a estrutural e à garantia de qualidade foram praticamente eliminadas com a criação do PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat), assim como a criação do selo de qualidade outorgado pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), quando utilizado blocos de concreto.

Atualmente, o sistema em alvenaria vem se mostrando competitivo no Brasil quando comparado com o concreto armado e aço (MOHAMAD, 2020, p. 19). Em conformidade com Ramalho e Corrêa (2003), no Brasil, a alvenaria não-armada de blocos vazados de concreto passou a ser mais promissora por conta da economia proporcionada e pelo maior número de fornecedores espalhados pelo país, enquanto a alvenaria de blocos cerâmicos vem sendo utilizada majoritariamente em edificações de poucos pavimentos. No entanto, de acordo com Prudêncio et al. (2002), muito ainda precisa ser feito em termos de pesquisa e divulgação de experiências para que a alvenaria estrutural atinja uma fatia de mercado compatível com suas potencialidades.

2.1.2 Componentes da alvenaria estrutural

Neste item serão abordados alguns componentes constituintes do método construtivo de alvenaria estrutural. No entanto, ressalta-se a importância de compreender a distinção conceitual entre componentes e elementos, como exposto por Ramalho e Corrêa (2003). Desta forma, entende-se como:

- i. Componente: são unidades básicas que quando unidas compõem os elementos que, por sua vez, comporão a estrutura. Como exemplo de componentes, destacam-se os blocos, as argamassa, os graute e as armaduras;
- ii. Elemento: são formados pela junção de pelo menos dois componentes, compondo uma parte significativa da estrutura. Como exemplo de elementos, destacam-se as paredes, as cintas e as vergas.

2.1.2.1 Argamassa

A argamassa é definida como uma “mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalações próprias (...)” (NBR 13281, 2005, p.2). Prudêncio et al. (2002) destaca que na alvenaria estrutural, a argamassa tem como finalidade unir os elementos unitários (blocos) com o intuito de realizar a transferência de esforços entre os mesmos, e acomodar pequenas deformações características da alvenaria.

Frente a necessidade de se alcançar desempenhos satisfatórios, o mercado brasileiro da construção civil precisou se adequar e oferecer diferentes tipos de argamassas. Atualmente, destacam-se o uso das argamassas mistas, as semi prontas e as industrializadas, sendo que essa última opção promove maior homogeneidade e qualidade das mesmas, visando a racionalização dos canteiros.

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), as argamassas utilizadas para o assentamento dos blocos devem apresentar boas características de trabalhabilidade, resistência, plasticidade e viabilizar a durabilidade da estrutura. Como forma de garantir tal durabilidade, o desempenho de suas funções primárias devem:

- a. Promover a união dos elementos da alvenaria a fim de transmitir e uniformizar as tensões entre os mesmos;
- b. Auxiliar na resistência aos esforços laterais;

- c. Absorver pequenas deformações naturais que a alvenaria estiver sujeita;
- d. Prevenir a entrada de fluidos, como água e vento, na edificação.

Ressalta-se ainda que as juntas horizontais e verticais apresentam valores de espessura que devem ser respeitados de acordo com o descrito na NBR 16868-2/2020. Sendo assim, na primeira fiada fica definido como valor mínimo, das juntas horizontais, o de 5 mm, enquanto que o valor máximo não pode ultrapassar 20 mm. Já nas demais fiadas, limita-se as espessuras das juntas verticais e horizontais a 10 mm, com uma variação máxima de ± 3 mm. Essas limitações são impostas uma vez que de acordo com estudo feito por Francis (1971), a resistência da parede diminui com o aumento da espessura da junta horizontal. Destaca-se ainda que a presença de grandes espessuras de juntas podem proporcionar rupturas, mesmo que sua resistência à compressão seja pequena. Além disso, não se recomenda o uso de altas resistências em argamassas, pois tendem a ocasionar a diminuição da resistência final da parede.

2.1.2.2 *Armaduras*

“As armaduras são colocadas para absorver eventuais esforços de tração, sempre envolvidas por graute, de modo que trabalhem monoliticamente com os blocos” (SALVADOR, 2007, p. 83). Para as armaduras utilizadas nas juntas das argamassas de assentamento, isenta-se a necessidade do grauteamento, desde que o diâmetro seja de no mínimo 3,8 mm e não exceda a metade da espessura da junta, de acordo com Ramalho e Corrêa (2003).

Segundo Salvador (2007, p. 84, apud THOMAZ, HELENE, 2000), a maioria dos edifícios em alvenaria estrutural brasileiros são do tipo não armada, isso porque se constatou uma baixa contribuição das armaduras na resistência final da alvenaria frente às cargas verticais. O mesmo autor ainda destaca que a adoção da alvenaria armada se faz viável principalmente quando as paredes estão sujeitas a esforços laterais, ou seja elevada tração.

Nos casos de alvenaria armada, a definição dos pontos de colocação da ferragem fica a cargo do projetista estrutural, que deve detalhar nas fiadas e nas

elevações a localização das mesmas, bem como sua bitola, enfatiza Rizzatti Jr. (2015). Destaca-se que normalmente as armaduras são dispostas verticalmente nos furos de encontro de paredes e próximo às aberturas, e horizontalmente nas canaletas.

2.1.2.3 Blocos

Dentre as unidades de alvenaria estruturais presentes no mercado da construção civil do Brasil, sobressaem-se os blocos cerâmicos, os blocos sílico-calcários e os blocos de concreto, todos podendo ser vazados ou maciços. Deve-se levar em consideração que a categoria de blocos deve ser escolhida antecedentemente ao início do projeto. Consoante Roman et al. (1999), essa escolha dependerá do local, dos recursos disponíveis e das características da edificação, determinando qual tipo de bloco será mais viável economicamente e se adapta melhor ao projeto.

2.1.2.3.1 Blocos cerâmicos

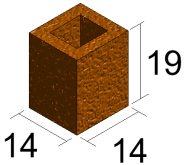
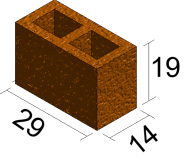
Define-se como bloco cerâmico aquele “componente de alvenaria que possui furos ou vazados prismáticos, perpendiculares às faces que os contêm, produzido para ser assentado com furos ou vazados na vertical, com características e propriedades específicas para alvenaria estrutural” (NBR 15270-1, 2017, p. 3). Ainda de acordo com a mesma norma técnica, entende-se como alvenaria estrutural aquela cuja alvenaria é admitida como participante da estrutura.

Os blocos cerâmicos, segundo Brasil (2001), são utilizados pela humanidade desde 4.000 a.C, destacando-se pela sua durabilidade e por conta da facilidade de produção, haja visto a abundância de sua matéria prima, a argila, além de apresentarem uma maior flexibilidade para criação de peças especiais. Referente as argilas, Rizzatti (2003 apud SANTOS, 2008) destaca que a mesma é composta de sílica, silicato de alumínio e quantidades distintas de óxidos ferrosos, podendo ser calcária ou não, componentes esses que influenciam diretamente na tonalidade do bloco.

De acordo com Rizzatti Jr. (2015), a utilização dos blocos cerâmicos fica limitada às resistências das paredes, uma vez que são poucos os fabricantes que conseguem produzir blocos de alta resistência, por isso, normalmente são empregados em edificações de até 5 pavimentos. No entanto, destaca-se que os blocos cerâmicos apresentam um peso aproximadamente 40% menor quando comparados aos blocos de concreto, fato esse que facilita o manuseio e transporte das unidades, agilizando a mão-de-obra, e diminuindo a carga na fundação, consequentemente reduzindo o custo da obra, afirma Bispo (2018).

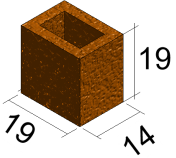
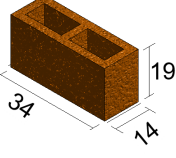
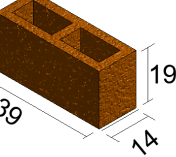
Como essa vertente de blocos apresenta maior facilidade para serem moldados, o mercado da construção civil brasileiro contém blocos com tamanhos, espessuras e utilidades diferentes. No entanto, destaca-se que as famílias apresentam duas unidades padronizadas de largura nominal, como afirmado por Ramalho e Corrêa (2003), sendo elas: 15 cm (M-15) ou 20 cm (M-20). A seguir, apresenta-se nos quadros 1, 2 e 3, as principais unidades construtivas:

Quadro 1 - Blocos de cerâmico: Família M-15 de “29 cm”

Produto		Código	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)
Meio bloco 14x19x14		BE15	14	19	14
Bloco 14x19x29		BE30	14	19	29
Bloco 14x19x44		BE45	14	19	44

Fonte: Elaboração própria (2022).

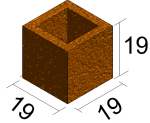
Quadro 2 - Blocos de cerâmica: Família M-15 de “39 cm”

Produto		Código	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)
Meio bloco 14x19x19		BE20	14	19	19
Bloco 14x19x34		BE35	14	19	34
Bloco 14x19x39		BE40	14	19	39

Fonte: Elaboração própria (2022).

Quadro 3 - Blocos de cerâmica: Família M-20

Produto		Código	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)
Bloco 19x19x29		BE30	19	19	29
Meio bloco 19x19x14		BE15	19	19	14
Bloco 19x19x39		BE40	19	19	39

Meio bloco 19x19x19		BE20	19	19	19
------------------------	---	------	----	----	----

Fonte: Elaboração própria (2022).

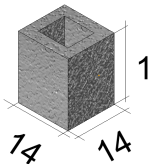
2.1.2.3.2 Blocos de concreto

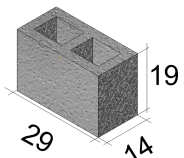
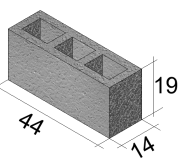
A produção de blocos de concreto se estabeleceu a partir do surgimento do cimento Portland, conforme Salvador (2007), e com isso deu-se início a modernização do seu processo produtivo frente ao aumento da tecnologia empregada nas indústrias. Com isso, grandes unidades puderam ser produzidas, inclusive do modelo maciço. De acordo com Betim et al. (2013), os blocos passaram a ser produzidos por intermédio de uma sistematização de uma produção metódica em série, através de mecanismos qualificados que agilizam a produção em formato modular de construção.

De acordo com as considerações prescritas na NBR 6136/2016 - blocos vazados de concreto para alvenaria estrutural, pode-se realizar a escolha dos blocos, estes que possuem diferentes tipologias, concebidos para serem utilizados em conjunto, constituindo o que se denomina família, diferenciando-se pela unidade básica a ela pertencente (PRUDÊNCIO et al., 2002).

Como mencionado nos blocos cerâmicos, as famílias apresentam duas unidades padronizadas de largura nominal, a de 15 cm (M-15) e a de 20 cm (M-20). Na sequência, apresenta-se os principais elementos construtivos nos quadros 4, 5 e 6.

Quadro 4 - Blocos de concreto: Família M-15 de “29 cm”

Produto		Código	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)
Meio bloco 14x19x14		BE15	14	19	14

Bloco 14x19x29		BE30	14	19	29
Bloco 14x19x44		BE45	14	19	44

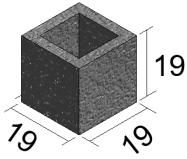
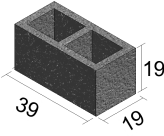
Fonte: Elaboração própria (2022).

Quadro 5 - Blocos de concreto: Família M-15 de “39 cm”

Produto	Código	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)
Meio bloco 14x19x19	BE20	14	19	19
Bloco 14x19x34	BE35	14	19	34
Bloco 14x19x39	BE40	14	19	39
Bloco 14x19x54	BE55	14	19	54

Fonte: Elaboração própria (2022).

Quadro 6 - Blocos de concreto: Família M-20

Produto		Código	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)
Meio Bloco 19x19x19		BE20	19	19	19
Bloco 19x19x39		BE40	19	19	39

Fonte: Elaboração própria (2022).

2.1.2.3.3 Blocos sílico-calcários

O bloco sílico-calcário é uma unidade de alvenaria constituída por uma estrutura granular de areia quartzosa cimentada por silicatos cálcio hidratados (SABBATINI, 1984, p.18), sendo considerado um material cerâmico. De acordo com Rizzatti Jr. (2015), estes blocos apresentam porosidade baixa, são compactos e com bom acabamento superficial, sendo produzidos através de prensagem e cura por vapor.

Esse bloco é pouco utilizado nas obras de alvenaria estrutural por conta de seus pólos fabricantes estarem situados em poucas regiões do Brasil. Atualmente, o seu principal uso é destinado para preenchimento de lacunas, não sendo utilizado diretamente como um elemento estrutural propriamente dito.

2.1.2.4 Graute

“O graute é um concreto ou argamassa com agregados finos e alta plasticidade, utilizado para preencher vazios dos blocos” (RIZZATTI, 2015, p. 41). Já, de acordo com a NBR 16868-1/2020, define-se graute como um material cimentício fluido cuja função é preencher os espaços vazios da alvenaria a fim de unir a armadura à alvenaria ou aumentar a sua resistência.

No caso de haver necessidade da aplicação do graute, realiza-se o preenchimento dos espaços vazios dos furos dos blocos verticais, ou das canaletas e peças similares, como blocos J e compensadores. O grauteamento, segundo Ramalho e Corrêa (2003), tem como função elevar a capacidade portante da alvenaria à compressão através do aumento da área da seção transversal dos elementos. E, ou promover a união dos blocos com as armaduras distribuídas nos seus vazios para permitir que as mesmas resistam às tensões de tração que a alvenaria não suportaria independentemente.

Segundo Rizzatti Jr. (2015, apud PARSEKIAN, 2010), com o aumento da área líquida advindo do grauteamento ocorre o aumento proporcional da resistência da parede, no entanto, o mesmo ressalta que quando se adota um graute com resistência muito superior à do bloco, não necessariamente ocorrerá o aumento da eficiência.

2.1.3 Projeto

Tratando-se do método construtivo em alvenaria estrutural, no qual os blocos serão a estrutura da edificação, Tauil e Nese (2010) recomendam a execução de um projeto detalhado, compatibilizado à utilização de produtos normatizados contáveis e de mão de obra qualificada. Nesse sistema, conforme Mohamad (2020), o projeto deve passar por etapas que vão desde um estudo preliminar, até aspectos como a adaptação da concepção à modulação. Após a concepção, é necessário que haja a compatibilização do projeto arquitetônico com o projeto estrutural, elétrico, hidrossanitário e, quando houver, preventivo de incêndio. Para tanto, utiliza-se a NBR 16868-1/2020, norma responsável por estabelecer os requisitos para o projeto de estruturas de alvenaria.

Essas etapas são importantes para a obra em alvenaria, afirma Mohamad (2020), pois a falta de projeto e detalhamentos podem comprometer o sistema e gerar problemas globais na construção. Contudo, apesar da complexidade exigida na elaboração projetual desta técnica, ainda de acordo com Mohamad (2020), a alvenaria estrutural é capaz de proporcionar flexibilidade no planejamento das etapas de execução das obras, otimizando tarefas na obra e reduzindo resíduos.

2.1.3.1 *Evolução do projeto*

Inicialmente, realizam-se estudos preliminares que irão constituir as diretrizes básicas do projeto da edificação. Essa etapa, chamada de anteprojeto, é reconhecida como uma das mais importantes na elaboração de um projeto em alvenaria estrutural visto que é definido seu escopo. Verifica-se as restrições impostas pelo Código de Obra e o Plano Diretor do município na qual a edificação será construída, além de definir a simetria, densidade e distribuição das paredes por pavimento a fim de contribuir com a rigidez do edifício, afirma Prudêncio et al. (2002).

Ainda nessa etapa, seguindo o raciocínio de Prudêncio et al. (2002), deve-se tomar o cuidado para que as dimensões dos espaços internos da edificação sejam múltiplas de módulos básicos. Como forma de auxiliar na concepção arquitetônica em projetos de alvenaria estrutural, Tauil e Nese (2010) elaboraram algumas premissas básicas, sendo elas:

- a. Ao definir espaços internos, considera-se uma unidade modular de referência na qual será a base do projeto até sua finalização;
- b. Após os primeiros estudos e com o pré dimensionamento realizado, é possível prever qual o sistema construtivo será adotado, dentro da alvenaria estrutural;
- c. Deve-se prever elementos de fachada, circulações vertical e horizontal, vãos de iluminação, caixas de escada, caixa de elevador e outras questões específicas como conforto térmico e acústico;
- d. A altura da edificação, em conjunto à geometria e à destinação de uso de cada espaço, será a responsável pela definição das paredes portantes de contravento e das apenas de vedação.

Conforme Prudêncio et al. (2002), a partir de então, já na etapa de projeto propriamente dita, inicia-se o ajuste das medidas dos ambientes a fim de definir uma modulação preliminar, evitando o uso excessivo de blocos especiais e compensadores. Salienta-se a importância ao escolher o tipo de família que será utilizada pois, após a sua escolha, de acordo com Tauil e Nese (2010), todo o processo de organização modular deverá ocorrer de maneira automática, auxiliando

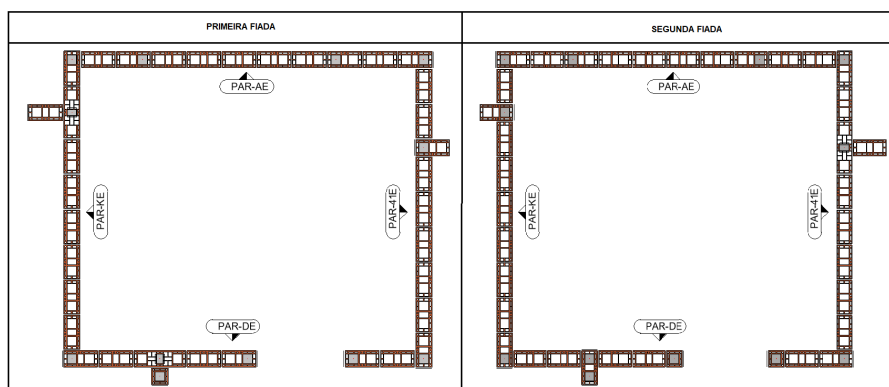
nas definições dos ambientes, nas instalações e até mesmo na hipótese de existir alguma mudança de projeto.

Após a concepção arquitetônica ser realizada, de acordo com Prudêncio et al. (2002), desenha-se a planta da primeira fiada, obtendo assim uma versão preliminar do projeto estrutural e seus complementares. Quanto ao sistema de alvenaria estrutural é importante ressaltar que o projeto arquitetônico também se comporta como projeto estrutural, e isso exige que ele apresente bastante precisão e detalhes (BISPO, 2018, p.37). Nessa etapa, realiza-se uma compatibilização preliminar para então chegar ao final do anteprojeto e do projeto legal, afirmam Tauil e Nese (2010).

Os projetos complementares devem ser desenvolvidos paralelamente ao projeto arquitetônico e estrutural de modo que os projetos sejam compatibilizados entre si. Na alvenaria estrutural, segundo Bispo (2018), essa compatibilização é necessária para que não haja improvisos, como cortes e remoção das paredes estruturais, pois quando isso ocorre a segurança do edifício pode ser comprometida.

Com os referidos projetos definidos, afirma Prudêncio et al. (2002), é possível obter a planta da primeira fiada definitiva, a partir da qual são confeccionadas as plantas da segunda fiada, elevações das paredes e detalhes construtivos. Prudêncio et al. (2002) ainda afirma que as plantas de primeira fiada e segunda fiada (Fig. 04) correspondem a planta baixa utilizada em projetos convencionais, além de mostrar os tipos e o posicionamento dos blocos utilizados na concepção. Já em relação às elevações das paredes, seguindo o raciocínio do Prudêncio et al. (2002), deve-se prever as posições de blocos especiais, salientando que a alteração dos posicionamentos e tipos de blocos nas plantas de primeira e segunda fiada se faz para viabilizar ou facilitar a execução.

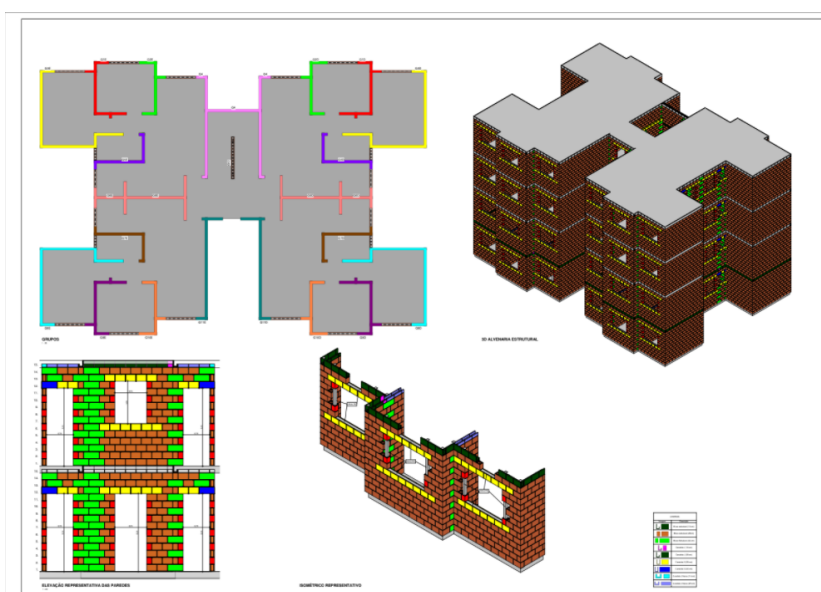
Figura 4 - Primeira e segunda fiada



Fonte: Elaboração própria (2022).

A partir de então, elabora-se o projeto executivo, ou seja, o projeto utilizado para a execução da edificação no qual contém detalhamentos para a execução da obra, e características gráficas, técnicas e memoriais, de acordo com Bispo (2018). Para o projeto, acrescenta Prudêncio et al. (2002), que se faz necessário o detalhamento dos blocos com cores distintas em função do seu tipo, além de conter legendas indicando o tipo, quantidade, cotas e indicações das vistas de cada parede para as quais foram elaboradas as plantas de elevação, conforme exposto na Figura 5.

Figura 5 - Exemplo de projeto executivo de alvenaria estrutural



Fonte: Elaboração própria (2022).

2.1.3.2 Considerações projetuais

A seguir serão apresentados itens necessários para a compreensão de um projeto em alvenaria estrutural.

2.1.3.2.1 Coordenação Modular

A modulação do projeto é fundamental para a execução de uma edificação em alvenaria estrutural, visto que a coordenação modular tem como função organizar as peças do edifício a fim de compatibilizar os elementos construtivos. Tauil e Nese (2010) ressaltam que a sua importância está relacionada à estabilidade da edificação, uma vez que sua estrutura serve de sustentação e por outros componentes que, no futuro do projeto e obra, comporão toda a edificação pronta para uso.

Dentro dessa perspectiva, de acordo com Ramalho e Corrêa (2003), percebe-se o quanto é necessário que o comprimento e a largura dos blocos sejam iguais ou múltiplos, de modo que se tenha um único módulo em planta. Além de evitar quebras de blocos e recortes nas paredes, conseqüentemente será menor o desperdício de material, mão de obra, e tempo, durante a construção (PRUDÊNCIO et al., 2002, p. 36).

Uma vez que as medidas dos blocos determinam as dimensões dos espaços internos em um projeto arquitetônico, é importante adotar uma família de blocos com antecedência. No entanto, a escolha da modulação a ser utilizada não é unicamente definida pelo arranjo arquitetônico. Conforme Ramalho e Corrêa (2003), em relação às dimensões horizontais, é ideal que o módulo longitudinal dos blocos seja igual à largura a ser adotada para a edificação. Por exemplo, ao utilizar um bloco de 14 cm de largura, a modulação da arquitetura deve possuir 15 cm de largura. Para tanto, seguindo o raciocínio de Ramalho e Corrêa (2003), antes de sugerir uma modulação a ser utilizada, o projetista deve avaliar a edificação e verificar se é conveniente a largura adotada.

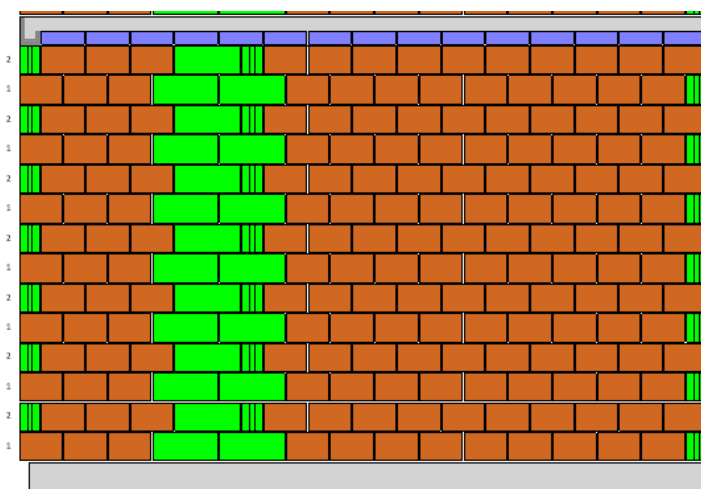
Quando se trata das dimensões dos módulos no sentido vertical, é mais fácil aderir mudanças nas dimensões arquitetônicas, como regular os espaços entre o teto e o piso para uma medida que seja múltipla da unidade escolhida (BISPO,

2018, p.58). Além disso, o módulo horizontal adotado e a largura dos blocos não influenciam na escolha do módulo vertical, afirma Ramalho e Corrêa (2003).

2.1.3.2.2 Posicionamento dos blocos: 1ª e 2ª fiadas

É imprescindível que o projeto arquitetônico tenha a distribuição da primeira e segunda fiada, conforme afirma Bispo (2018), pois estas detalham as posições de cada bloco em planta baixa. Além de permitir, após a sua conclusão, a pré-visualização da passagem das instalações elétricas, hidráulicas e as medidas das aberturas das esquadrias. Já na planta de elevação, seguindo o raciocínio de Bispo (2018), as duas fiadas vão servir como base para o restante das outras, de modo a se produzir uma concatenação entre os blocos (Fig. 6).

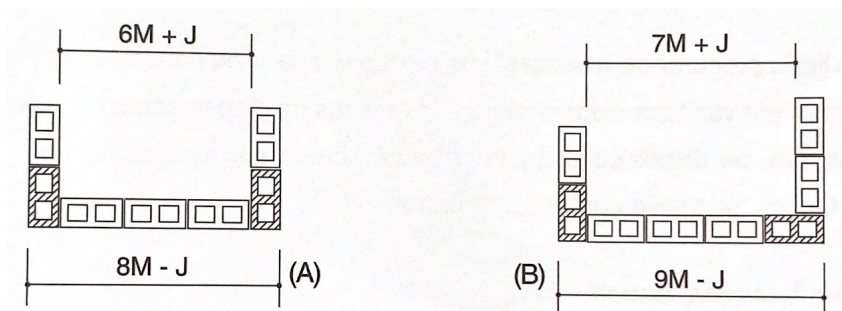
Figura 6 - Demonstração da repetição de fiadas



Fonte: Elaboração própria (2022).

Em relação às dimensões entre os blocos de canto ou borda vizinhas, de acordo com Ramalho e Corrêa (2008), quando for um número par vezes o módulo, os blocos se apresentam paralelos. Já quando a dimensão for um número ímpar vezes o módulo, os blocos devem ser posicionados perpendicularmente, conforme demonstrado na Figura 7.

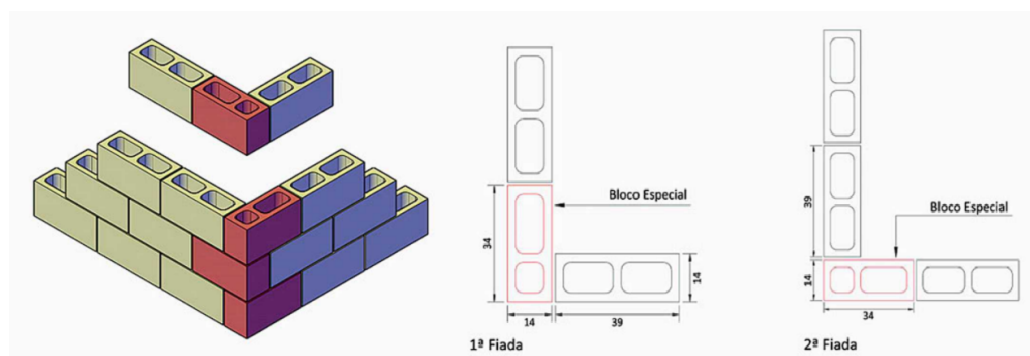
Figura 7 - Posicionamento dos blocos de acordo com o módulo



Fonte: Adaptado de Ramalho e Corrêa (2003).

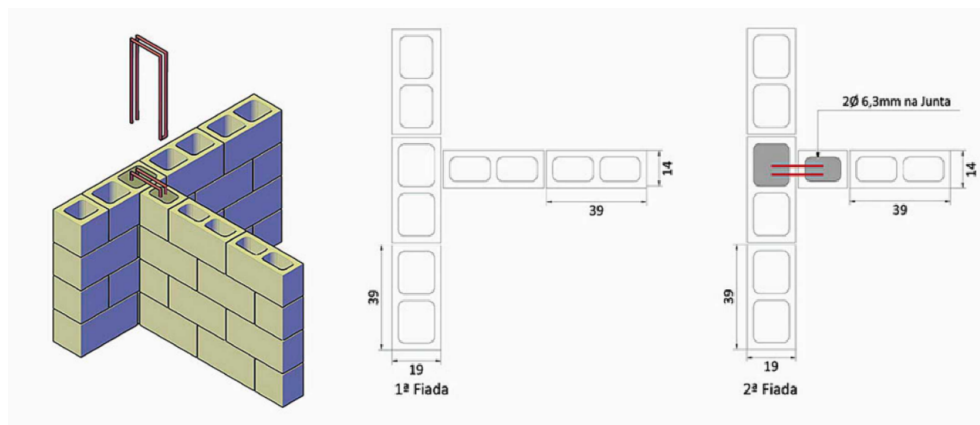
No entanto, os encontros de paredes são os pontos nos quais mais se deve ter atenção, ao elaborar o projeto de alvenaria estrutural, em função da concentração de tensões e da transferência de cargas de uma parede para outra, afirma Prudêncio et al. (2002). Para que ocorra um intertravamento, a amarração das paredes podem ser efetuadas direta ou indiretamente. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a amarração direta (Fig. 8) é obtida pela sobreposição das unidades, gerando uma ligação alternada a cada duas fiadas. Já a amarração indireta (Fig. 9) é realizada por armaduras introduzidas nas juntas das argamassas, não havendo justaposição entre as paredes. Ambas formas de amarrações devem ser especificadas no projeto, no entanto, a amarração direta apresenta uma prioridade maior (BISPO, 2018, p. 61, apud RAUBER, 2005).

Figura 8 - Amarração direta com bloco especial



Fonte: Adaptado de Tauil e Nese (2010).

Figura 9 - Amarração indireta ligada por grampos



Fonte: Adaptado de Tauil e Nese (2010).

Em relação à disposição dos blocos nas fiadas, os blocos de 14 cm e/ou 19 cm devem, exclusivamente, ser posicionados ao final das paredes, ou seja, quando não ocorre intersecção. Já, os blocos de 44 cm e/ou 54 cm, apresentam uso exclusivo para amarração das paredes, isto é, devem ser dispostos em paredes que se contraíam em pontos que não sejam da extremidade. Por outro lado, os blocos de 34 cm deverão ser adotados para as amarrações de extremidades das paredes. Por fim, os blocos de 39 cm são os mais utilizados, uma vez que complementam as elevações. Ressalta-se que, quando utilizados os blocos da família de 29 cm, o bloco de 29 cm possui a mesma função que os blocos de 34 cm e de 39 cm da família de 39 cm.

2.1.3.2.3 Modulação Vertical

A finalidade da modulação vertical é indicar as medidas verticais, como a altura da porta, peitoril e altura da janela, pé direto e até mesmo a altura do patamar intermediário da escada, conforme Prudêncio et al. (2002). Assim como na modulação horizontal, afirma Bispo (2018), os blocos devem possuir medidas múltiplas de uma das dimensões da unidade, sendo utilizados blocos especiais na última fiada.

Nesse caso, existem duas maneiras de analisar a modulação vertical, de piso a teto e de piso a piso, dissertam Ramalho e Corrêa (2008). A primeira forma,

ou seja, aquela em que a distância modular é aplicada de piso a teto, as paredes de extremidades terminarão com um bloco “J”, bloco que possui uma de suas laterais maior que a convencional, de modo a encaixar a laje. As paredes internas possuirão sua última fiada compostas por blocos do tipo “U”, ou seja, por blocos de canaletas comuns. Já na segunda forma, isto é, aquela em que a distância modular será de piso a piso, a última fiada das paredes externas também será formada com blocos “J”. No entanto, uma de suas laterais será menor que a convencional, também para encaixar a laje, e unidades compensadoras do tipo “U” para as paredes internas.

2.1.3.2.4 Elevação das Paredes

De modo a obter detalhes além dos observáveis nas plantas de primeira e segunda fiada, em um projeto de alvenaria estrutural deve-se constar as elevações de todas as paredes da edificação, ou seja, suas vistas frontais. Um bom detalhamento deve dispor de subsídios mínimos para um correto entendimento durante a construção, de forma que as plantas de levantamento apresentem uma identificação que caracterize a parede detalhada, afirma Prudêncio et al. (2002).

É estabelecido por Bispo (2018) os principais itens que devem conter em um projeto de elevação, sendo eles: a paginação dos blocos, instalação hidráulica e elétrica, locação do graute, contagem das fiadas, quantitativo dos blocos, posicionamentos das cintas de amarração, vergas e contravergas e o detalhamento das ligação das unidades. Ao executar as elevações, conforme Prudêncio et al. (2002), realiza-se praticamente uma construção virtual da edificação, conseguindo prever possíveis problemas construtivos, para os quais se devem buscar soluções imediatas.

2.1.3.2.5 Locação das Instalações Elétricas e Hidráulicas

Como os elementos portantes em uma edificação em alvenaria estrutural são as próprias paredes, não são permitidos rasgos na horizontal para passagem das instalações elétricas e hidráulicas, pois os mesmos comprometem o desempenho estrutural, afirma Prudêncio et al. (2002). Em função disso, alguns

cuidados devem ser tomados na locação das instalações no Projeto Elétrico e no Projeto Hidrossanitário.

i. Projeto Elétrico em Alvenaria Estrutural

Nos projetos elétricos e telefônicos, segundo Prudêncio et al. (2002), para obras em alvenaria estrutural é comum empregar-se descidas de eletrodutos em cada ponto de força ou comando de iluminação e ponto telefônico. Quando muito próximos, utiliza-se um eletroduto de ligação, na qual realiza-se um pequeno rasgo transversal central na parte superior do bloco, de modo a conectá-los. As instalações devem ser distribuídas pelas lajes até os pontos que serão embutidas verticalmente dentro da alvenaria, acompanhando seus furos, conforme Bispo (2018, apud RAUBER, 2005), havendo o cuidado de não locar em locais grauteados.

As caixas de tomadas, interruptores e quadros de distribuição podem ser instaladas em blocos cortados com espaço para a sua colocação posterior, na qual é chumbada nele, afirmam Ramalho e Corrêa (2008). No entanto, o projetista deve ser informado das dimensões e posições desses recortes para que detalhe o reforço necessário na abertura, prosseguem Ramalho e Corrêa (2008). Todavia, deve-se sempre dar preferência aos blocos adaptados para esse sistema, salienta Bispo (2018).

ii. Projeto Hidrossanitário em Alvenaria Estrutural

A passagem de prumadas verticais de tubos hidráulicos e sanitários nas paredes, de acordo com Prudêncio et al. (2002), devem ser pré-definidas em projeto e constar nas plantas de elevação das paredes. Para tanto, são recomendadas algumas alternativas para a passagem dos dutos hidrossanitários por Ramalho e Corrêa (2003), sendo elas:

- a. Utiliza-se paredes nas quais não exista graute para o embutimento das tubulações, com passagem das mesmas pelos furos dos blocos;
- b. Utiliza-se abertura de passagens tipo *shafts*;

- c. Emprega-se paredes com espessura menor, sobre as quais são instalados os dutos, com posterior enchimento da diferença de espessura;
- d. Emprega-se tubulações aparentes;
- e. Emprega-se aberturas para passagem da tubulação e fixação de registros sejam feitas em bancadas fora do local de assentamento, quando não seja possível a utilização de blocos especiais.

No entanto, a alternativa comumente realizada são os *shafts*, ou seja, paredes de vedação nas quais irão passar as tubulações que descem pelos vãos dos blocos até o local pretendido, conforme Bispo (2018). Em relação às tubulações horizontais, como as de esgoto, estas ficam suspensas nas lajes, podendo ser ocultadas por um forro.

2.1.3.2.6 Pontos de Grauteamento, Vergas, Contravergas e Cinta

A utilização do graute tem por objetivo solidarizar as armaduras à alvenaria onde elas se encontram, e promover maior resistência para o absorver os esforços aos quais a parede está solicitada, de acordo com Salvador (2007). Os pontos de grauteamento devem ser apresentados como hachuras na paginação e na planta baixa de um projeto de alvenaria estrutural, afirma Bispo (2018).

Já as vergas e contravergas são usadas como um reforço estrutural para garantir a estabilidade dos vãos livres, como portas e janelas (BISPO, 2018, p. 70). Segundo a NBR 16868-2/2020, norma de execução e controle de obras em alvenaria estrutural, podem ser executadas com canaletas preenchidas com graute e armaduras, peças moldadas *in loco* ou peças pré-moldadas. No entanto, consoante Bispo (2018), independentemente do tipo usado elas devem ser apresentadas no projeto, mais precisamente nas elevações, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 - Vergas e contravergas preenchidas com graute



Fonte: Elaboração própria (2022).

As cintas de amarração, de acordo com Prudêncio et al. (2002), são elementos estruturais apoiados continuamente nas paredes, ligados ou não às lajes, de modo a transmitir cargas e consolidar as paredes. Segundo a NBR 16868-2/2020, esta cinta pode ser executada com blocos especiais, tipo canaleta ou com formas.

No caso das paredes internas, normalmente são executadas com canaletas do tipo “U” ou com compensadores, enquanto nas paredes externas executa-se canaletas do tipo “J” a fim de evitar o uso de formas de madeiras. Nos cantos e encontros de paredes, é característico a colocação de formas de madeiras ou canaletas com cortes nas abas, afirma Prudêncio et al. (2002). No entanto, em todas as situações, a NBR 16868-2/2020 salienta que deve-se assegurar o completo preenchimento da cinta com grauteamento, de modo a cumprir sua finalidade.

2.2 Processos projetuais: CAD e BIM

Conforme Cezar (2017), no mercado atual de desenvolvimento, existem duas tecnologias em linhas de sistemas utilizadas: o CAD (*Computer Aided Design*)

e o BIM (*Building Information Modeling*). Assim, nesta seção serão apresentados os seus principais conceitos.

2.2.1 Projeto e Desenho Assistidos por Computador (CAD)

O CAD, introduzido nos escritórios de arquitetura no final do século 20, proporcionou a substituição das atividades de desenho realizadas manualmente em papel por desenhos elaborados através de *softwares*, promovendo uma maior produtividade nos processos de trabalho, salienta Lima et al. (2018). Destaca-se que projetar em CAD permite a geração de desenhos plotados em duas dimensões (2D) e modelagem em três dimensões (3D), de acordo com Chuck (2014), o que possibilitou ao campo da arquitetura uma nova interface, afirma Lima et al. (2018, apud Celani et al., 2015), uma vez que houve a inclusão de conceitos de tecnologia da informação, amplificando o potencial de complexidades no ambiente projetual.

No entanto, segundo Leepkahn et al. (2021, Chuck et al., 2014), os *softwares* CAD, como o AutoCAD, facilitam apenas a representação gráfica de um projeto, dado que se tratam de desenhos compostos basicamente por vetores em diferentes camadas, ou seja, *layers*. Dessa forma, destaca-se que as ferramentas CAD possuem interfaces focadas apenas na geração de documentação gráfica, não atendendo a exploração da criação e customização de maneira integrada, afirma Lima et al. (2018).

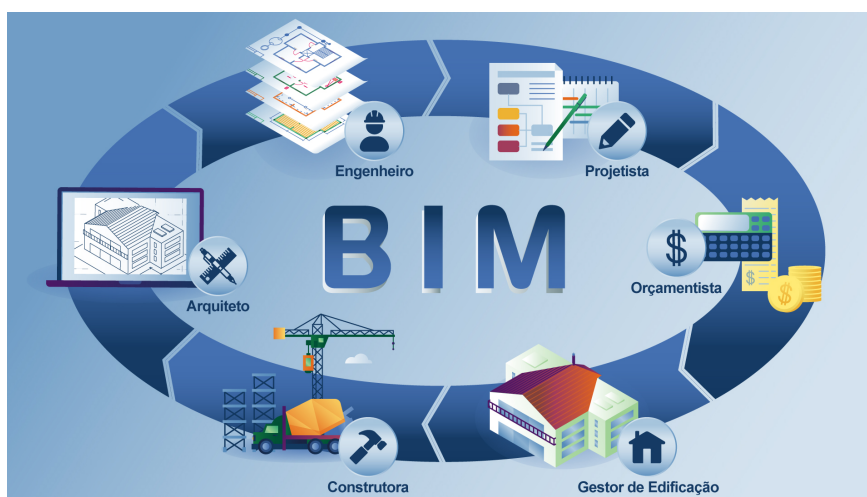
Ressalta-se que conforme os níveis de informações em projetos aumentaram, as ferramentas passaram a necessitar de novas competências, fazendo com que atualmente ocorra uma mudança semelhante à do CAD em relação ao desenho manual, salienta Lima et al. (2018, Celani et al., 2015). Assim, o CAD está passando por algo chamado de *Design Computation*, onde se busca ultrapassar limitações de plataformas e ampliar os seus potenciais, advindo então a metodologia BIM, afirma Lima et al. (2018).

2.2.2 Modelagem da Informação na Construção (BIM)

O BIM permite a criação de um modelo virtual de uma edificação com precisão, possuindo a forma exata e todos os dados necessários para a sua

execução real, consoante Chuck (2014). Esses dados têm por propósito integrar todos os agentes e disciplinas envolvidas no desenvolvimento de um projeto, impactando não só a parte de concepção, afirma Gonçalves Jr. (c2017). Assim, segundo Netto (2020), todos os profissionais envolvidos no processo, desde o planejamento inicial até o projeto executivo, construção e manutenção do edifício, são beneficiados com o modelo 3D e suas informações, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - A metodologia BIM



Fonte: Gonçalves Jr. (c2017).

O BIM permite construir um projeto virtualmente, sendo possível incluir informações semânticas ricas em dados, que vão além das dimensões de formas arquitetônicas, possibilitando a extração de diversas informações, enquanto as informações acionáveis de um desenho feito em *software* CAD 2D dependem exclusivamente da interpretação dos projetos, de acordo com Lima et al. (2018, apud Pittman, 2003).

Assim, por conta do maior controle e coordenação do projeto, a utilização dos sistemas BIM propiciam maior produtividade e racionalidade, afirma Andrade (2017).

Pode-se afirmar que esse processo de criação do BIM foi alavancado pela necessidade e vontade de se obter e se criar modelos tridimensionais dos processos construtivos e dos projetos de engenharia, o que, por

consequente, veio a se transformar num protótipo digital da construção. Por isso, a ideia de se ter um edifício representado por linhas, está cada vez mais desvalorizado, dando cada vez mais força e valor para modelagem com parametrização. Através do BIM a informação é passada com qualidade e é o que ajuda a empresa a fazer mais com menos. (CEZAR, 2017, p. 18)

O BIM não se resume a um desenho em três dimensões, mas sim a um banco de dados integrado e estruturado de todos os componentes da construção, enfatiza Kensek (2018). Além de ser considerado uma metodologia de projeto com interoperabilidade de *softwares*, como por exemplo, o Revit e o TQS, não se limitando apenas a uma representação gráfica.

2.2.2.1 Revit

O Revit, *software* de projetos que faz parte da metodologia BIM, foi lançado no mercado no ano de 2000 e no ano de 2002 foi comprado pela empresa Autodesk, a qual detém os direitos até os dias atuais, segundo Farias (2021, apud RACE, 2013). O *software* oferece, de acordo com Netto (2020), ferramentas para projeto de arquitetura e complementares, engenharia estrutural e de construção, e permite a coordenação entre as disciplinas .

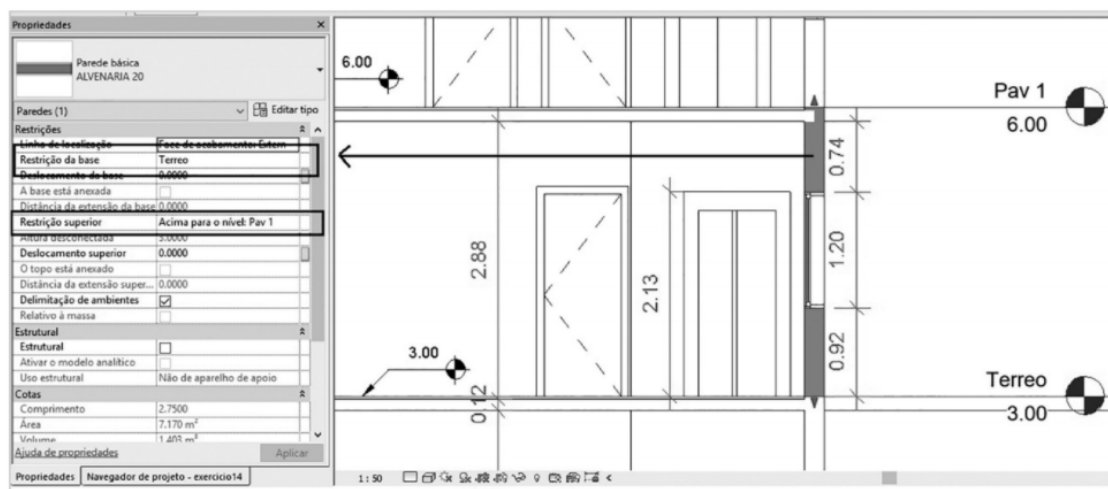
O nome Revit vem das palavras em inglês *Revise Instantly* que significam “revise instantaneamente”, consoante Netto (2020), caracterizando um dos seus diversos recursos, tal qual a realização de revisões instantâneas em plantas, elevações e tabelas à medida que os projetos são alterados. Além de modelar formas, estruturas e sistemas em 3D com exatidão, precisão e facilidade paramétricas (AUTODESK, 2022c) na possibilidade de extração automática de quantitativos, como metragem das tubulações e quantidade de conexões, otimizando as etapas de orçamentação, afirma Leepkahn et al. (2021).

Em um projeto paramétrico, conforme Andrade (2017, apud EASTMAN e TEICHOLZ, 2008), ao invés de projetar uma representação de um elemento construtivo, o projetista define uma família de modelos ou uma classe de elementos. Dessa forma, é possível que cada objeto de uma classe possa variar de acordo com seus parâmetros e condição relacionada a outros objetos (NETTO, 2020, p.24).

Esses parâmetros são definidos através de um conjunto de especificidades como regras de posicionamento, envolvendo distâncias, ângulos, e proporções.

Por exemplo, no *software* Revit, um tipo de parede pode ter sua altura definida e anexada a um pavimento (Fig. 12), de forma que, se a altura do pavimento for alterada, a altura da parede modifica-se, exemplifica Netto (2020). Assim, em um projeto paramétrico, a geometria de qualquer objeto se ajusta automaticamente. Traduz-se então por Andrade (2017) que os componentes de uma edificação modelada em BIM são objetos digitais codificados que descrevem e representam atributos, propriedades, comportamentos e inter-relações. Ao contrário do que representam os sistemas projetados na metodologia CAD, na qual contém apenas informações sobre a geometria e atributos não geométricos, discorre Andrade (2017).

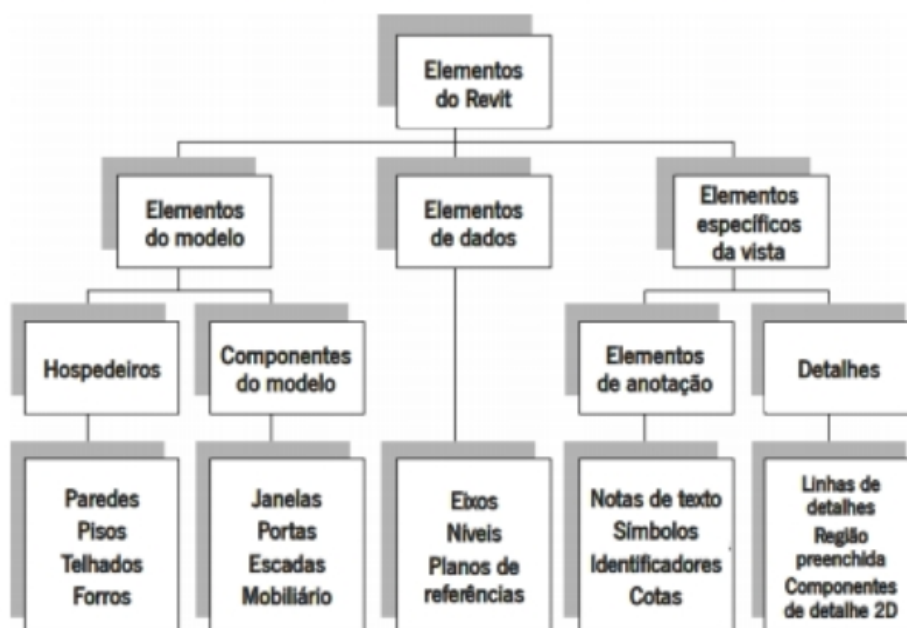
Figura 12 - Exemplo de parede associada ao pavimento



Fonte: Netto (2020).

De acordo com Netto (2020), todos os objetos do Revit pertencem a uma família que faz parte de uma categoria ou classe. As categorias ou classes podem ser elementos que se subdividem em modelo (objetos construtivos do projeto), dados (objetos de referência) ou elementos específicos de vista (objetos de anotação), conforme a Figura 13.

Figura 13 - Categorias de elemento



Fonte: Netto (2020).

De acordo com Netto (2020), para um bom aproveitamento, com organização e produtividade, da ferramenta Revit, se faz necessário compreender a manipulação das famílias, uma vez que são estas que possibilitam o desenvolvimento dos projetos. O autor ainda destaca que as famílias são criadas e modificadas através de conhecimentos básicos de modelagem e parametria, sem necessidade de programação adicional. Ressalta-se ainda, que através dos parâmetros geométricos definidos para os elementos construtivos é facilitada a modificação das famílias, não sendo necessária a troca do elemento no plano de desenho após as modificações.

O Revit por ser uma ferramenta BIM permite o desenvolvimento rápido e direto de alterações, automatização do fluxo de trabalho, bem como meios para a realização simultânea de diversas frentes de trabalho, condições essas que proporcionam prazos mais curtos para a elaboração dos projetos, afirma Martins e Monteiro (2011). Devido a suas características, esclarece Gonçalves Jr. (c2017), frente a essas alterações, o Revit permite a geração automática de quantitativos tendo um grande impacto no esforço e tempo dedicado às etapas de projeto.

No entanto, Andrade (2017) atesta que se faz necessário a capacitação de profissionais da construção civil, como arquitetos e engenheiros, para que os recursos advindos do Revit sejam utilizados de maneira eficiente. Dessa forma, serão capazes de desenvolver métodos e padrões que suportam o detalhamento necessário para estimativas úteis, corroborando ao entendimento do BIM como um banco de dados visuais de famílias de objetos de construção.

2.2.2.2 *Dynamo*

O *Dynamo Visual Programming*, é um *software* de programação visual que tem como utilidade o *plug-in* para as plataformas da Autodesk Revit e Autodesk Vasari, cuja principal funcionalidade é o desenvolvimento de programação por “nós” (pequenos blocos de código) os quais já possuem suas funções pré definidas, afirma Farias (2021, apud ARAÚJO et al. 2019). Esse *software* é uma ferramenta de código aberto concebida para expandir as funções do Revit, na qual, atualmente, já vem com instalação do aplicativo automática, segundo Domingues (2019).

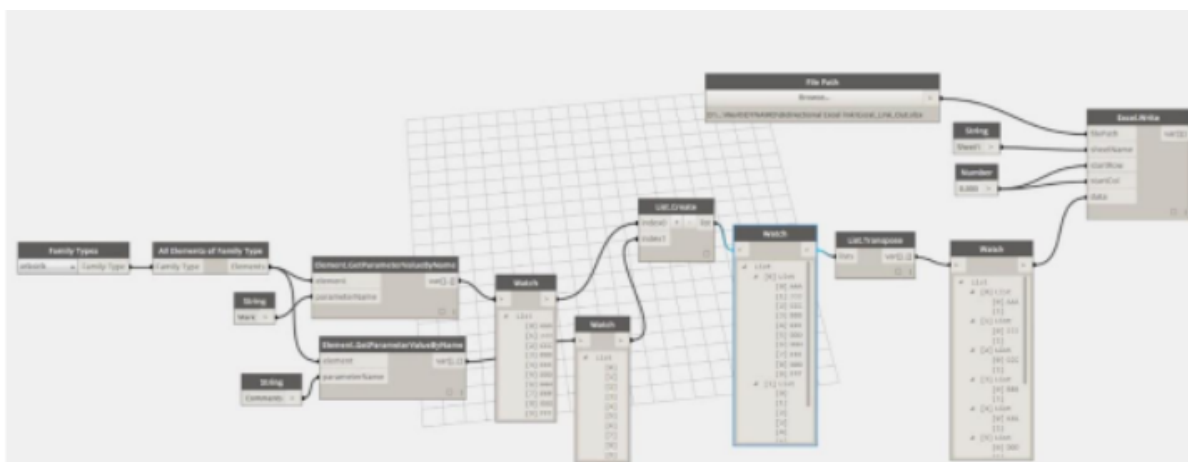
O *plug-in* Dynamo pode ser descrito como “*a visual way of doing complex tasks*”, ou seja, uma maneira visual de se executar tarefas complexas, conforme Cezar (2017, apud Secerbegovic, 2016). De acordo com Domingues (2019), é uma ferramenta que permite ao usuário produzir suas próprias rotinas, mesmo sem deter o domínio em nenhuma linguagem de programação. Facilitando assim diversos recursos oriundos do Revit ao ser utilizado para múltiplas finalidades. O Dynamo estende a capacidade básica do Revit, afirma Cezar (2017), permitindo realizar tarefas avançadas, automação de processos repetitivos, manipulação de dados e de geometrias. Além de produzir interações com modelos do próprio Revit ou elaboração de modelos a partir de premissas complexas ou informações externas, exemplifica Domingues (2019).

No Dynamo os usuários recebem recursos para manipulação sofisticada de dados, seja na geração de dados em plataformas externas, como por exemplo no *software* Excel, ou no ajuste de parâmetros de cada família de elementos, afirma Cezar (2017). A extração de dados para planilhas permite a geração de quantitativos e uma base de dados variáveis, permitindo a criação de uma sequência de indicadores. Além disso, seguindo o raciocínio de Cezar (2017), o Dynamo dá ao

projetista a vantagem adicional de alavancar fluxos de trabalho, permitindo a criação de sistemas e relações únicas que expandem a maneira que o BIM pode ser usado na geração de informações.

Elaborar uma rotina na ferramenta, de acordo com Domingues (2019), é fundamentalmente a montagem de uma sequência de tarefas a serem realizadas, onde cada tarefa individual é chamada de “nó”, conforme Figura 14. Essa tarefa pode ser entendida como um comando do próprio Revit, um cálculo matemático ou também qualquer outra função pré-programada, afirma ainda Domingues (2019). A divisão de funções em componentes ou nodos as transforma em verdadeiras “caixas de ferramentas” e permitem que as soluções criadas por um usuário sejam altamente customizáveis e compartilháveis, conforme Lima et al. (2018, apud Mackey e Roudsari, 2018).

Figura 14 - Rotina em Dynamo expressa em “nós”



Fonte: Adaptado de Cezar (2017, apud Grimm, 2014).

Ao interligar os nós necessários, o usuário elabora uma sequência lógica que pode ser executada de forma automática enquanto o projetista trabalha no Revit ou por meio de um clique (Domingues, 2019, p.54). Os blocos de código permitem visualizar as alterações no fluxo de dados de forma constante, de acordo com Cezar (2017), facilitando assim o processo de programação. Além de permitir também a alteração de valores de parâmetros em um elemento, leitura e escrita em planilhas

de Excel ou criação e exclusão de objetos no modelo, exemplifica Domingues (2019).

Domingues (2019) ressalta que os projetistas devem elaborar as suas próprias rotinas, com base nos *scripts* do algoritmo no Dynamo, haja visto que os mesmos são os dominantes dos problemas encontrados durante a modelagem. Sendo assim, ao se conhecer o problema, o projetista identifica a solução e elabora uma rotina em Dynamo para agilizar os processos no futuro. Essas rotinas são desenvolvidas através de *scripts* fornecidos na própria biblioteca do *software*, através do qual o projetista encontra “nós” pré-estabelecidos que solucionam, parte ou totalmente, as adversidades momentâneas, que quando arranjado junto aos demais componentes necessários garantem soluções ágeis, acelerando o processo projetual.

Além disso, verifica-se a disponibilidade para *download* dentro da própria biblioteca do Dynamo de pacotes, ou seja, a junção de nós desenvolvidos por terceiros, esses que geram maior variedade no âmbito da criação de rotinas com um grupo de nós personalizados.

2.2.2.3 TQS Alvest

O TQS Alvest é um programa de dimensionamento desenvolvido pela TQS Informática Ltda., empresa que atua no mercado de desenvolvimento de *softwares* de projeto estrutural. Conforme Klauss (2014), o *software* é um sistema de entrada de informações geométricas e de carregamentos de edificações de alvenaria estrutural ou de alvenaria de vedação. Ademais, o TQS Alvest realiza a análise de esforços, idealiza as planta baixa, as elevação das paredes, a análise de geometria e também o dimensionamento e detalhamento de vergas e lintéis.

O Alvest torna a elaboração de projetos estruturais um processo altamente produtivo e tem impacto direto na qualidade dos mesmos. Permite o pleno atendimento aos requisitos das normas técnicas ABNT e a compatibilização do modelo estrutural dentro de um processo BIM (TQS, c2022).

O TQS admite a inserção de referências externas, possibilitando a implementação da metodologia BIM, e além disso, permite ao final do processo a extração dos seus dados para *softwares* BIM. Silva Jr. (2021) enfatiza que a

principal referência externa utilizada, no *software* em questão, são as plantas baixas elaboradas nos projetos que antecedem a estrutura, isso acontece para que haja a compatibilização necessária entre todas as esferas que envolvam a construção. Já no que remete a concepção estrutural bem como os critérios projetuais, Silva (2021) exemplifica e esclarece que é necessário a inserção de informações consistentes, para que se torne viável e confiável o dimensionamento apresentado pelo TQS.

No que tange a modelagem, o Alvest solicita apenas a disposição dos blocos de primeira fiada, ficando a cargo do *software* o posicionamento da segunda fiada, bem como das demais. No entanto, Silva (2021) destaca que com intuito de evitar possíveis juntas a prumo nos panos de parede é recomendado a modelagem das duas primeiras fiadas manualmente, já as demais a plataforma realiza a elevação automaticamente.

Na alvenaria estrutural o nível de detalhamento do projeto é maior que em um projeto em concreto armado, uma vez que é necessária a representação das elevações de cada uma das paredes existentes na edificação (SILVA, 2021, p.51). Perante as funcionalidades do TQS Alvest, as elevações são geradas automaticamente de acordo com a definição das paredes, e como forma de garantir uma execução precisa e rápida, o *software* detalha a posição dos blocos, vergas, contravergas, pontos de graute e ferragens, além de representar a numeração das fiadas.

Outro item de grande importância para a execução são os quantitativos, conforme TQS (c2022), enquanto ferramenta de uso estrutural, o TQS Alvest fornece a partir dos desenhos de alvenaria em elevação um arquivo de listagem, contendo a discriminação de todos os blocos por tipo (inteiro, meio, canaleta, etc) de cada parede e suas respectivas quantidades e ainda os volumes de graute e argamassa de assentamento, bem como as ferragens.

2.3 Sistematização Projetual

O desenvolvimento de projetos de alvenaria estrutural exige dos escritórios uma equipe capacitada e especializada, haja vista a complexidade da elaboração, bem como o nível de detalhamento necessário para uma execução

eficiente. No entanto, a capacitação não deve ocorrer somente na esfera técnica, mas também sobre as metodologias de trabalho e seus *softwares* utilizados.

Leepkain et al. (2021) aponta que a implementação do BIM na rotina de um escritório exige um investimento em horas de estudo e computadores com maior desempenho, que acabam por induzir as empresas a trabalharem de maneira isolada e direcionada para execução, com projetos simples, desenvolvidos em ferramentas CAD.

Visando a realidade do mercado brasileiro, Klauss (2017) apresenta um manual para padronização de projetos de alvenaria estrutural advindos de arquivos gerados no TQS. Posteriormente, estes sofrem ajustes gráficos no ZWCAD, *software* semelhante ao AutoCAD, como forma de proporcionar o aumento da eficácia e da produtividade na elaboração destes projetos nos escritórios de engenharia civil. O processo padronizado, garante aos clientes um projeto de qualidade e dentro dos padrões esperados pelo mercado, afirma a autora.

Ainda que se entenda a necessidade da capacitação de profissionais para o domínio da ferramenta BIM, o mercado brasileiro está em baixa nesse setor. Desta forma, Sato e Santos (2018) apontam que o AutoCAD acaba sendo mais utilizado que o Revit enquanto *software* de desenvolvimento de projetos de alvenaria estrutural. Isso ocorre, pelo fato de um grande número de profissionais não terem capacitação necessária para o manuseio do Revit, e também, pelo menor custo de implantação do AutoCAD.

Priorizando o desenvolvimento, e acatando a metodologia BIM, Sato e Santos (2018) afirmam que esta metodologia além de garantir uma melhor visualização gráfica carrega maior quantidade de informações construtivas.

“[...] além do desenho geométrico em 3D, o *software* mostra detalhes do material que a compõe, como peso do bloco, sua resistência e também calcula o quantitativo de cada material a ser utilizado como o número de meios blocos, blocos inteiros, canaletas, blocos de amarração, argamassa, revestimento até quantidade de tinta a ser utilizada [...]” (Sato e Santos, 2018, p.24)

O desenvolvimento de projetos em *softwares* BIM, como o Revit, proporcionam a compatibilização entre os projetos arquitetônicos, hidráulicos, elétricos e estruturais, garantindo a visualização de futuras incompatibilidades com

dinamismo, clareza e possibilitando as correções de forma ágil, afirma Leepkain et al. (2021).

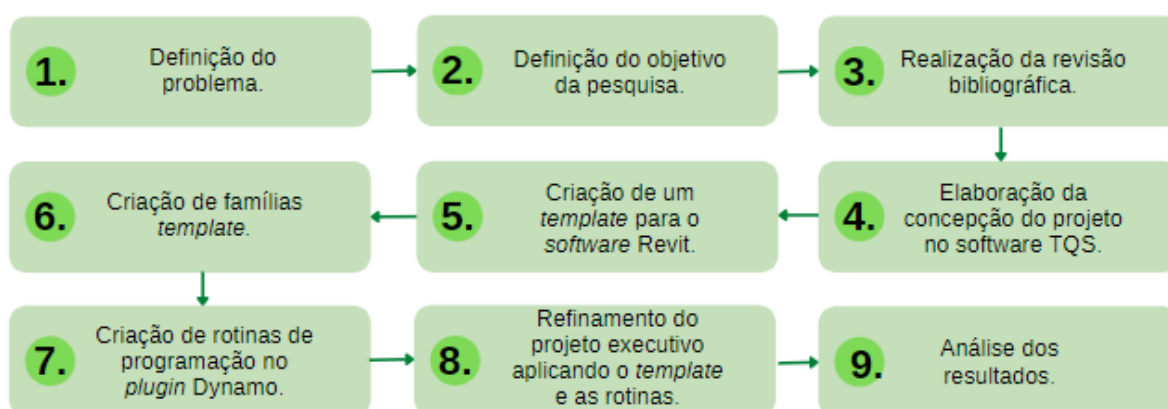
“[...] os *softwares* de ferramentas 2D, não permitem essas alterações, uma vez que o projeto é composto por um conjunto de vetores e não como elementos com informações. Entende-se que, para o uso das ferramentas BIM, no cotidiano dos cursos de graduação e nos escritórios de engenharia, é necessária formação específica sobre a metodologia e sua aplicação. [...]” (Leepkain et al., 2021, p. 203)

Machado (2017) aponta que o desenvolvimento de projetos em alvenaria estrutural em *softwares* BIM poderiam ser mais fáceis desde que houvesse uma maior interação com os programas de cálculo de estruturas. O autor ainda demonstra a complexidade ao elaborar o projeto estrutural em Revit, uma vez que o processo acaba sendo, de certa forma, manual e monótono. Sendo assim, reunindo os conceitos expressos por Machado (2017) e Klauss (2014), entende-se que, através de investimentos em treinamentos para o aprendizado de ferramentas BIM, bem como a aplicação de rotinas em Dynamo, são a realidade a ser atingida no mercado de trabalho atual.

3 METODOLOGIA

Na seção em questão, discorre-se a metodologia aplicada para o desenvolvimento do presente trabalho. E, para auxiliar na compreensão, a Figura 15 resume os passos utilizados para atingir o objetivo final.

Figura 15 - Fluxograma da metodologia do estudo de caso



Fonte: Elaboração própria (2022).

Salienta-se que serão utilizados para o desenvolvimento das atividades supracitadas os *softwares* Autodesk Revit 2020 e TQS Alvest v.22.12.15, uma vez que ambos fornecem licenças estudiantis, possibilitando assim a elaboração deste trabalho.

Frente a necessidade de projetos com uma gama de informações maiores e condizentes com a realidade edificável, buscou-se discorrer a aplicação da metodologia BIM para o tratamento gráfico nos projetos de alvenaria estrutural, bem como a coleta das informações quantitativas e orçamentárias. Etapas essas que devem ocorrer de maneira otimizada através da aplicação das rotinas Dynamo, tais quais proporcionam a redução na carga horária destinada à elaboração de projetos com o nível de detalhamento exigido para proporcionar a confiabilidade atribuída aos resultados da metodologia BIM.

3.1 Elaboração do projeto modelo de alvenaria estrutural no TQS Alvest

Para que se desse início ao estudo de caso, adotou-se um projeto arquitetônico disponibilizado pela TQS (Fig. 16). No entanto, o mesmo precisou ser adaptado para alvenaria estrutural. O sistema escolhido foi do tipo não armada, uma vez que se trata de uma estrutura constituída por blocos assentados com argamassa, que podem apresentar reforços de aço, como mencionado no item 2.1 deste trabalho.

O projeto apresenta 10 (dez) paredes no pavimento térreo e 11 paredes no pavimento superior, haja visto que o *software* apresenta limitações na versão estudantil de no máximo 15 paredes por pavimento e somente 03 (três) pavimentos. E, para realizar a concepção do empreendimento, foram utilizados blocos de concreto estrutural da família M-15 de “39 cm” (Quadro 05) e blocos canaletas “U” e “J”, ressalta-se ainda que se empregou 15 fiadas, totalizando em um pé-direito de 03 (três) metros. Além disso, adotou-se uma cinta de amarração na última fiada. Os grautes construtivos foram inseridos nos cantos e encontros de paredes, bem como diretamente ao lado das aberturas das esquadrias.

Figura 16 - Planta baixa disponibilizada para estudo pelo TQS



Fonte: TQS (c2022).

Para a concepção do projeto, baseou-se nas fases dispostas no Quadro 7, no entanto destaca-se que o cálculo da estrutura, bem como as ferragens não pertencem ao escopo deste trabalho, sendo apenas modelados a título de simulação e coleta de informações.

Quadro 7 - Fases de desenvolvimento do modelo no TQS

Fase	Descrição da fase
Primeira fase	Definição dos dados do edifício e configuração dos critérios de projeto.
Segunda fase	Desenho de arquitetura que será utilizado como base para lançamento dos blocos, aberturas de portas e janelas, geometria e etc.
Terceira fase	Edição do desenho de alvenaria em planta.
Quarta fase	Processamento do cálculo e da geração dos desenhos de alvenaria em elevação e dos gráficos para análises.
Quinta fase	Visualização das listagens e dos gráficos resultantes da fase de processamento.

Fonte: Adaptado de TQS (c2022).

Para tanto, foi utilizado o CAD/Alvest, sistema de entrada de informações geométricas e de carregamento de edificações, e o EAG (Editor de Aplicação Gráfica), sistema de edição de desenho em planta do TQS Alvest. Através deste editor, lançou-se os blocos, sobre a arquitetura já importada, de forma modular a fim de não criar junta prumo e respeitando o travamento de encontro de paredes. Para isso, quando necessário, utilizou-se os blocos especiais.

De maneira que o *software* calcule a estrutura coerente com a realidade, a edição do desenho compreende, conforme o TQS (c2022):

- i. Distribuição em planta dos blocos e das aberturas;
- ii. Definição das paredes das quais se deseja obter os desenhos de Alvenaria em elevação;
- iii. Definição das linhas de cargas, onde irão descarregar as lajes;
- iv. Definição das subestruturas que irão suportar os esforços verticais e horizontais;

- v. Definição da geometria e carregamentos das lajes.

Descreveu-se sucintamente o modelo estrutural, como forma de esclarecer a relação entre o TQS Alvest e os demais programas a serem utilizados. Assim sendo, uma vez concluída a parte gráfica da modulação, criou-se um modelo estrutural para a edificação.

Para dar início ao desenvolvimento do modelo, são feitas as seguintes considerações de cálculo:

- i. Considerações gerais: Identificação do empreendimento, descrição do projeto, tipo de estrutura, normas em uso;
- ii. Considerações de modelo;
- iii. Considerações de pavimentos: Definição dos pavimentos;
- iv. Considerações de materiais: Definição de fck, definição da classe de agressividade ambiental;
- v. Considerações de cobrimentos;
- vi. Considerações de cargas: Definição de cargas verticais, vento, adicionais e combinações;
- vii. Considerações de alvenaria: Definição de critérios de desenho, definição de portas e janelas, critérios de cálculo, critérios de projeto do edifícios, conversão de critérios de projeto e casos de carregamentos da versão DOS, catálogo de fabricantes de blocos para alvenarias, definição do material.

Sabendo que os projetos de alvenaria estrutural apresentam coordenação modular, o lançamento da primeira fiada ocorreu de forma simplificada. A partir desta, buscando intertravamento entre os blocos, obtém-se a segunda fiada, e com estas duas, as fiadas subsequentes. Assim, tendo o projeto estrutural modelado no *software* TQS Alvest, resultando no arranjo da primeira e da segunda fiada, foram obtidas as elevações com o pé direito pré-estabelecido, bem como a disposição das aberturas e dos pontos de graute.

Destaca-se que o *software* TQS Alvest, além de criar uma planta em 2D, também é capaz de criar uma maquete 3D da edificação modelada. E, embora a

modelagem venha com uma gama de informações, como blocos, lajes e pontos de graute, o arquivo apresenta um aspecto genuíno. Consequentemente, foi necessário realizar o refinamento do projeto. Para tanto, foi necessário a aplicação da modelagem da informação da construção, através da exportação do modelo para outro *software*, a fim de realizar este refinamento que garante um projeto executivo eficiente, visto que o TQS é um *software* de análise estrutural e apresenta baixa qualidade nos detalhamento quando relacionados à representação gráfica.

3.2 Desenvolvimento do *template*

Após a elaboração do modelo estrutural no *software* TQS Alvest, foi desenvolvido o *template* que norteará as padronizações aplicáveis no tratamento gráfico, advindo da aplicação do modelo da informação da construção (BIM). Para esse propósito, utilizou-se o *software* Autodesk Revit 2020. Como o Revit não possibilita a abertura de arquivos salvos em versões mais recentes em versões anteriores, optou-se por elaborar o *template* na versão 2020. Ou seja, caso ele fosse elaborado na versão 2023, apenas aqueles com a versão mais recente instalada poderiam usufruir das funcionalidades do *template*. Desta forma, o desenvolvimento na versão 2020 garante o acesso ao arquivo aos usuários que tiverem domínio das versões posteriores a esta, ou seja, 2021, 2022, 2023 e de versões futuramente lançadas.

Para o desenvolvimento do *template*, baseou-se nos itens padronizáveis, estabelecidos por Klauss (2014), estes que garantem confiabilidade ao resultado do projeto destinado à execução, para serem utilizados no desenvolvimento dos projetos de alvenaria estrutural. A seguir, elenca-se os principais itens:

- a. Plantas baixa;
- b. Plantas de elevação;
- c. Escalas;
- d. Quadros e tabelas;
- e. Folhas e selos.

Cada item possui um conjunto de detalhes específicos que devem aparecer em planta, em corte, em uma vista de detalhe exclusiva ou de maneira genérica nas folhas, conforme apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 - Requisitos de padronização de projetos

Etapas	Detalhes específicos
Planta de Primeira e Segunda Fiada	Posicionamento das indicações de paredes (indicação das vistas);
	Eixos;
	Indicação gráfica dos pontos de grauteamento;
	Blocos estruturais diferenciados por cor;
	Cotas nas aberturas;
	Legenda.
Planta de Elevação	Blocos estruturais diferenciados por cor;
	Identificação das fiadas;
	Cotas nas aberturas;
	Identificação de paredes de vedação;
	Identificação dos pontos de grauteamento;
	Identificação das armaduras.
Escala	Planta de Primeira e Segunda Fiada: 1:50;
	Elevação: 1:20 ou 1:25;
	Isométrico: sem escala;
	Detalhes: 1:20 ou 1:25.
Quadros e Tabelas	Legenda;
	Quantitativo de argamassa de assentamento;
	Quantitativo de aço;
	Quantitativo de blocos estruturais;
	Quantitativo de graute;
	Quantitativo de materiais de acabamento.
Selos e Folhas	Datas;
	Títulos;
	Número da folha;
	Revisão;
	Nome do arquivo;
	Revisor;

	Desenhista;
	Tamanho da folha;
	Escala do desenho no layout.

Fonte: Elaboração própria (2022).

Levando em consideração as recomendações feitas por Klauss (2014), foi desenvolvido um *template* que abrangeu os elementos que compõem um projeto de alvenaria estrutural estabelecidos no item 2.1.2, além de tabelas que agregam o uso do mesmo para quantitativos e orçamentos. Com este *template*, é possível criar vistas de planta, elevações, vistas 3D e tabelas por meio da criação de:

- a. Famílias de componentes de cada bloco;
- b. Famílias de anotações, como identificadores de paredes, de aço e padrões de cota;
- c. Modelos de vista para documentação em planta, em elevação, em vista 3D e em tabelas;
- d. Filtros para diferenciação dos diferentes blocos que compõem a modulação de alvenaria estrutural;
- e. Elaboração de tabelas de quantitativos;
- f. Legenda para os blocos de alvenaria estrutural;
- g. Selo com as informações básicas.

Ao concluir esta etapa, o próximo passo foi o desenvolvimento das rotinas de programação em Dynamo, estas que proporcionam a otimização do processo de padronização gráfica de projetos de alvenaria estrutural, conforme detalhado na próxima subseção.

3.3 Elaboração das rotinas de programação em Dynamo

Nesta etapa, foram elaboradas as rotinas de programação, em Dynamo, que garantem a otimização da padronização gráfica de projetos de alvenaria estrutural, advindos de arquivos em IFC. Ou seja, através das padronizações

discorridas por Klauss (2014), analisou-se a necessidade de agilizar os processos que envolvem os tratamentos gráficos dos arquivos oriundos de *softwares* de dimensionamento estruturais.

Para tanto, foram apresentados para cada rotina, por exemplo, os principais nós que estão contidos nas mesmas, as suas respectivas funcionalidades, e métodos de execução dentro do *software* Autodesk Revit.

3.4 Aplicação do *template* e rotinas de programação no projeto desenvolvido

Com intuito de verificar se o *template* atende as necessidades já mencionadas e se suas famílias estavam funcionando de maneira correta, foi aplicado o projeto de alvenaria estrutural de uma residência unifamiliar, desenvolvido com base nas especificações da subseção 3.1. Da mesma maneira, aplicou-se as rotinas de programação, desenvolvidas em Dynamo, neste mesmo arquivo contendo o projeto em IFC e o *template* já mencionado.

Este projeto foi elaborado apenas para fins estudantis, contribuindo para pontuar possíveis aprimoramentos e complementações ao *template* e às rotinas de programação, não tendo intenção de aplicação prática em um canteiro de obras.

Ao final, foi realizada uma análise dos resultados da aplicação do *template* e das rotinas de programação no projeto desta edificação, que será abordado na próxima subseção.

3.5 Análise dos Resultados

Após a criação do *template* e das rotinas de programação, foram analisados o alcance da eficiência produtiva, a otimização dos processos e o ganho de informação para o uso em quantitativos e orçamentos. Para isso, foi verificado se:

- a. As famílias modeladas alcançaram a eficiência conforme esperado;
- b. As tabelas quantitativas apresentaram um desempenho positivo, com dados que agregam o uso em quantitativos e orçamentos;
- c. A elaboração de processos de otimização de trabalho em plataformas BIM, através do Dynamo, foram efetivas;

d. O refinamento da modulação do projeto, assim como todos os elementos de âmbito projetual em alvenaria estrutural, como por exemplo as elevações, ocorreram conforme o esperado.

Com a conclusão da análise das funcionalidades do *template* bem como das programações desenvolvidas, buscou-se compreender os pontos que exigiam melhorias ou complementação, para assim dar continuidade aos mesmos e atingir o objetivo deste trabalho.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste item será descrito o desenvolvimento dos processos de otimização de um modelo em alvenaria estrutural. Inicialmente, será discorrido o processo de concepção para a elaboração de um projeto desta natureza, contendo a primeira fiada, segunda fiada e elevações no *software* TQS. Na sequência, será descrito o desenvolvimento do *template* no *software* Revit, para que possa ocorrer a exportação do projeto entre as plataformas mencionadas, que abrangerá parâmetros pré definidos como os modelos de vista e as tabelas quantitativas. Após a exportação, serão aplicadas as programações desenvolvidas através do Dynamo e apresentado os seus resultados no projeto. Por fim, será analisado, através das aplicações, se o trabalho satisfaz os objetivos propostos.

4.1 Desenvolvimento do modelo no TQS Alvest

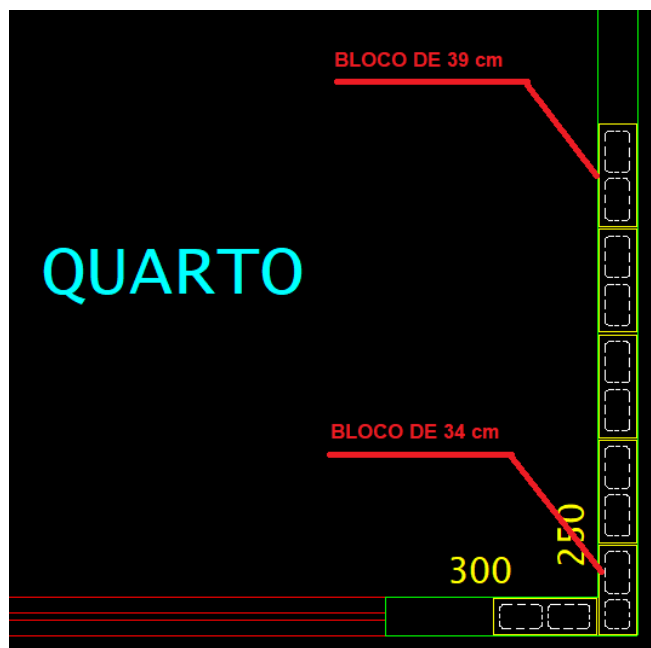
Para a concepção do modelo estrutural foi utilizado o *software* TQS Alvest v.22.12.15. Nele foi lançada a modulação da primeira fiada da alvenaria estrutural, bem como da segunda fiada, a partir de um projeto arquitetônico modificado no qual foi disponibilizado pela TQS.

Após a conclusão da inserção dos dados do edifício e configuração dos critérios de projeto no *software* supracitados no item 3.1, iniciou-se o lançamento dos blocos definindo o fabricante, a família e o bloco a ser utilizado. Saliencia-se que devem ser escolhidos os blocos de modo que a estrutura fique amarrada e consolidada. Em sequência, executou-se os comandos “Alvenaria” e “Inserir bloco/tijolo”, respectivamente, a fim de aparecer o bloco escolhido no editor e posicioná-lo sobre a arquitetura.

Para desenvolver o modelo em questão, conforme Figura 17, iniciou-se a modulação com bloco de “34 cm” na vertical para garantir a amarração e, posteriormente, posicionou-se uma série de blocos de “39 cm”, seguindo os mesmos passos, com a adição do comando “Inserir bloco/Referência”, de modo a distribuir os blocos em toda a parede. A distribuição de toda a primeira fiada ocorreu seguindo o mesmo raciocínio. Após a conclusão da primeira fiada, embora o *software* defina a segunda fiada automaticamente, optou-se por elaborá-la manualmente, dessa forma

partiu-se para a modulação da segunda fiada, obtendo assim um intertravamento, da mesma maneira mencionada anteriormente.

Figura 17 - Disposição inicial da primeira fiada

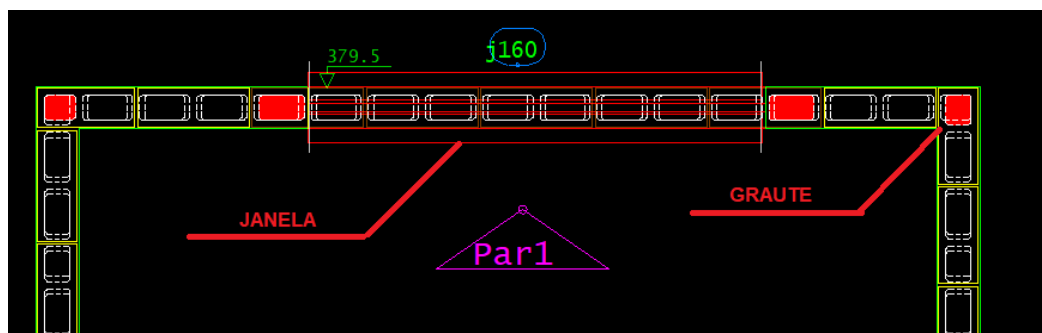


Fonte: Elaboração própria (2022).

Ainda no editor gráfico, foram distribuídas as aberturas de portas e janelas, assim como a inserção do graute (Fig. 18). Ou seja, executou-se o comando “Porta/Janela”, no qual abre-se uma caixa de listagem com diversos tipos de esquadrias, e que também possibilita a criação de novas esquadrias de acordo com a necessidade projetual. Ao selecionar a esquadria desejada, bastou utilizar o comando “Inserir janela” ou “Inserir porta”.

Para prosseguir para a etapa de grauteamento, foi executado o comando “Alvenarias” e “Grautear blocos/tijolos”, respectivamente, de modo a apontar o furo do bloco a ser grauteado. Para concluir o comando, selecionou-se o tipo graute a ser inserido. Também foi utilizado para este modelo uma cinta de blocos canaleta no respaldo das paredes da edificação, criada automaticamente de acordo com o pré-definido nas considerações de cálculo.

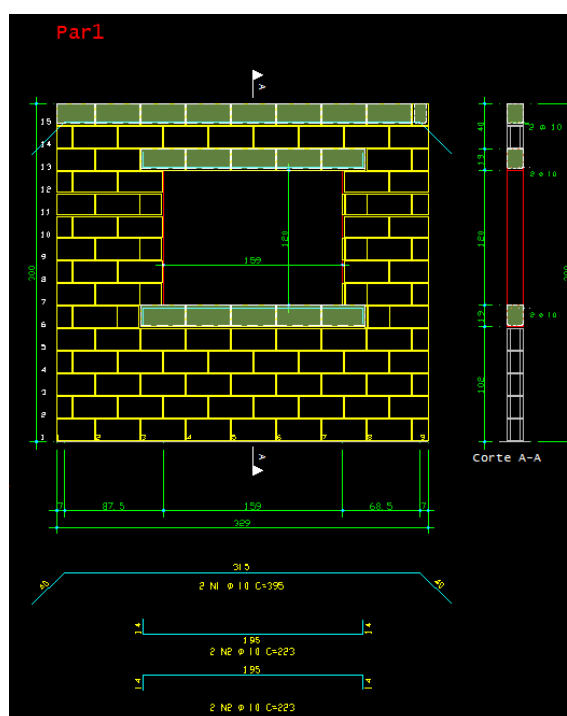
Figura 18 - Disposição inicial das esquadrias e graute



Fonte: Elaboração própria (2022).

Posteriormente, definiu-se as paredes das quais se desejava obter os desenhos de alvenaria em elevação, de acordo com a Figura 19. Para tanto, bastou inserir o comando “Paredes” e “Retângulo/parede”, respectivamente, para abrir uma caixa de seleção e definir cada parede individualmente. Em seguida, foram realizadas as definições do âmbito estrutural, no qual não cabem serem citadas no presente trabalho.

Figura 19 - Elevação da parede



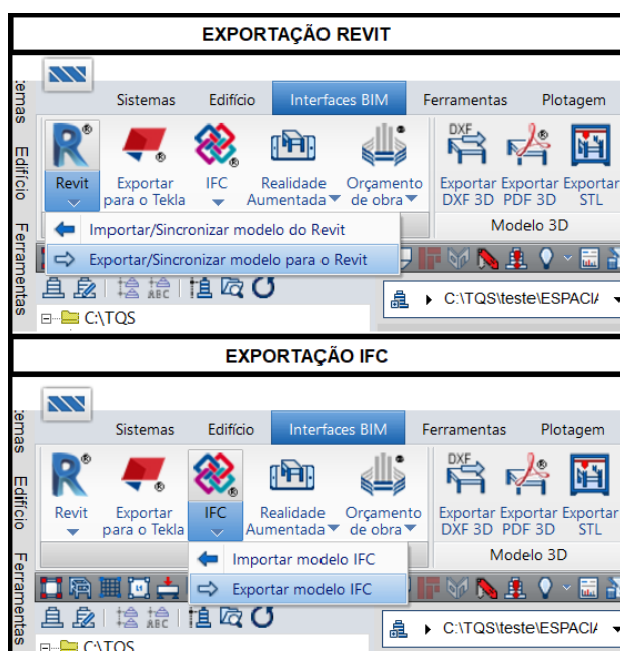
Fonte: Elaboração própria (2022).

Com todos esses elementos lançados e definidos, é possível a conclusão da análise estrutural de um prédio de alvenaria estrutural realizando o processamento global da edificação. Assim, tomando como base a primeira fiada e a segunda fiada modelada de cada pavimento, as informações de pé-direito, aberturas, lajes e as definições de elementos de reforço, após finalizada a parte de processamento, é possível visualizar as listagens de materiais e aço, assim como os desenhos gráficos em 2D e 3D. A partir de então, o modelo está pronto para ser exportado para outro *software* que realize seu refinamento, no entanto, enfatiza-se que o método de exportação utilizado está diretamente relacionado à quantidade de informações que serão visualizadas nestes *softwares*. Como por exemplo, as elevações bem como quadros quantitativos não estão contidos no formato de exportação IFC.

4.1.1 Exportação para *software* Revit

Para realizar a exportação do TQS Alvest para o Revit há duas maneiras: formatos IFC e formatos ligados a *plugins*. As duas maneiras estão dispostas em “Interfaces BIM” no Menu *Ribbon* do *software*, de acordo com Figura 20.

Figura 20 - Exportação do TQS para o Revit

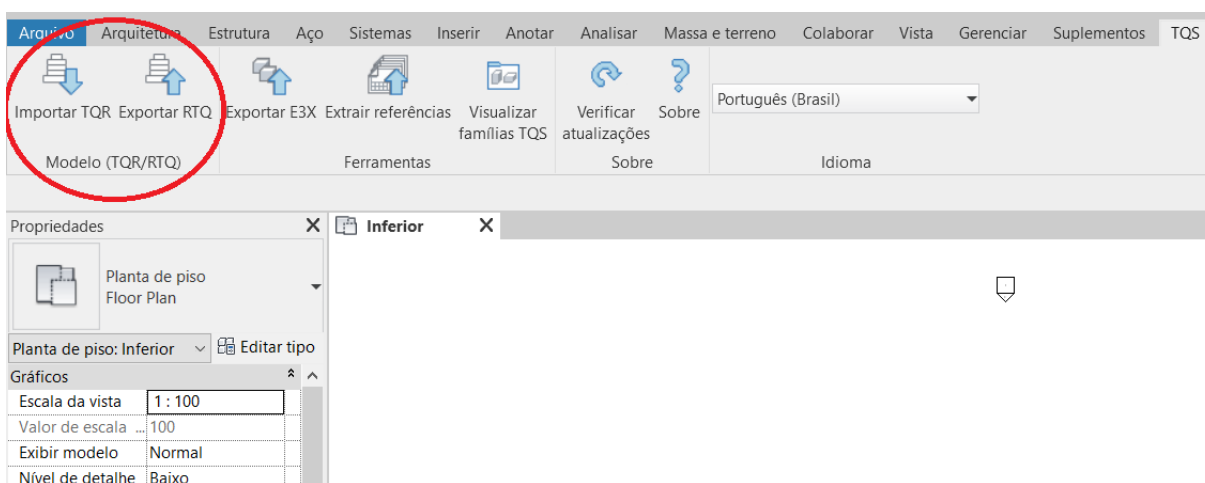


Fonte: Elaboração própria (2022).

O formato em IFC é a principal referência para troca de informações em BIM. Entretanto, conforme TQS (c2022), por ser um formato genérico, o arquivo salvo em IFC é difícil de ser interpretado, sendo suficiente para tarefas como o levantamento de quantitativos e coordenação de projeto, com verificação de interferências.

Para contornar este problema, a TQS desenvolveu um *plugin* que pode ser obtido diretamente com a fabricante, no qual deve ser instalado em conjunto com o Revit. Ao ser executado dentro do *software* BIM, o *plugin* tem a capacidade de importar ou exportar modelos (Fig. 21). Ao importar a maquete 3D do TQS, o arquivo carrega uma gama de propriedades importantes.

Figura 21 - Interface do *plugin* do TQS no Revit 2020



Fonte: Elaboração própria (2022).

Conhecendo as restrições de ambos os métodos de exportação, optou-se por realizá-la através do IFC, uma vez que se trata de um formato de arquivo padrão para exportação de modelos em BIM, ou seja, independente do *software* estrutural utilizado, a otimização proposta para projetos em alvenaria estrutural poderá ser utilizada.

4.2 Desenvolvimento do *template* base

A seguir serão discutidos os principais elementos desenvolvimento para a composição do *template* base.

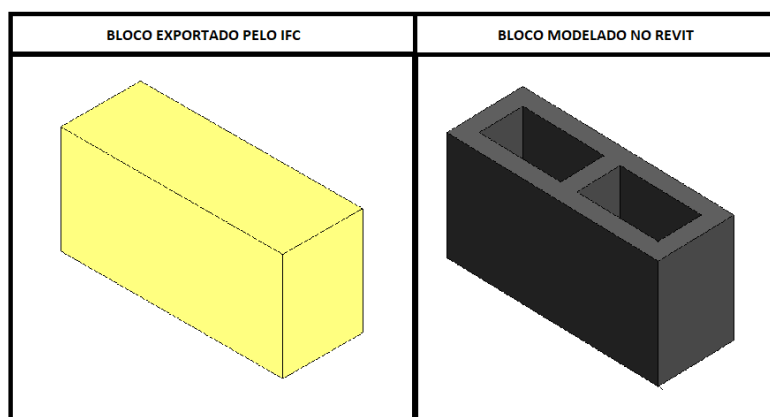
4.2.1 Aplicação das famílias ao *template*

Na sequência serão apresentados os métodos utilizados para compor as famílias que serão aplicadas ao *template* base.

4.2.1.1 Blocos Estruturais

Devido ao formato genérico dos elementos exportados em IFC, faz-se necessário a criação das famílias de blocos estruturais que respeitem suas características originais. Independente do tipo de elemento, os blocos advindos do *software* TQS possuem um formato sólido, sem nenhum detalhamento característico da alvenaria estrutural como, por exemplo, os seus furos verticais (Fig. 22).

Figura 22 - Comparação do bloco exportado pelo IFC e do bloco modelado no REVIT



Fonte: Elaboração própria (2022).

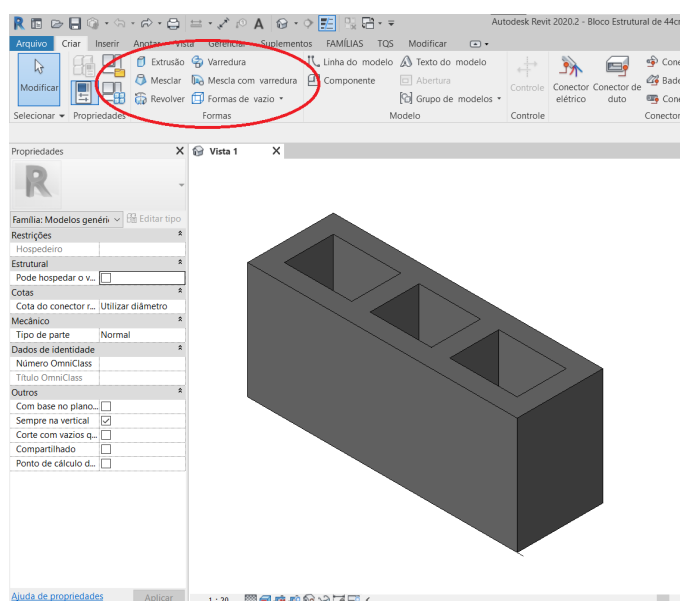
Para a criação de famílias carregáveis, o *software* Revit disponibiliza arquivos paramétricos que otimizam a criação das mesmas. Assim, para a elaboração dos blocos estruturais foi selecionado como *template* base, de criação

das famílias, o chamado “modelo genérico”, este que contém pré configurações básicas.

Após selecionar o arquivo modelo, nomeou-se cada família de modo que descrevesse adequadamente o elemento estrutural a ser criado. Salienta-se que a partir da descrição atribuída ao parâmetro “Tipo”, diferenciou-se os elementos estruturais nos filtros dispostos no modelo de vista. Estes filtros servirão para a criação de sobreposição de cores nas plantas baixas, bem como elevações e vistas isométricas. Diante disso, é de extrema importância que se correspondam.

Posteriormente, na interface de criação de famílias do Revit, para desenvolvê-las foi utilizado o comando “Extrusão”, ferramenta contida no item “Formas” do menu “Criar”, que permite a criação de um sólido em 3D ao efetuar a extrusão de uma forma em 2D, conforme Figura 23. Assim, foi possível realizar a criação de um sólido semelhante aos blocos estruturais, desde às suas dimensões, até mesmo ao seu material aplicado. Em seguida, foram definidos parâmetros de família e parâmetros de visibilidade que, posteriormente, caracterizaram a família ao ser importada ao *template*. Dentre os parâmetros de família tem-se por exemplo o modelo, código de montagem, fabricante e o custo.

Figura 23 - Interface do Revit para criação de famílias



Fonte: Elaboração própria (2022).

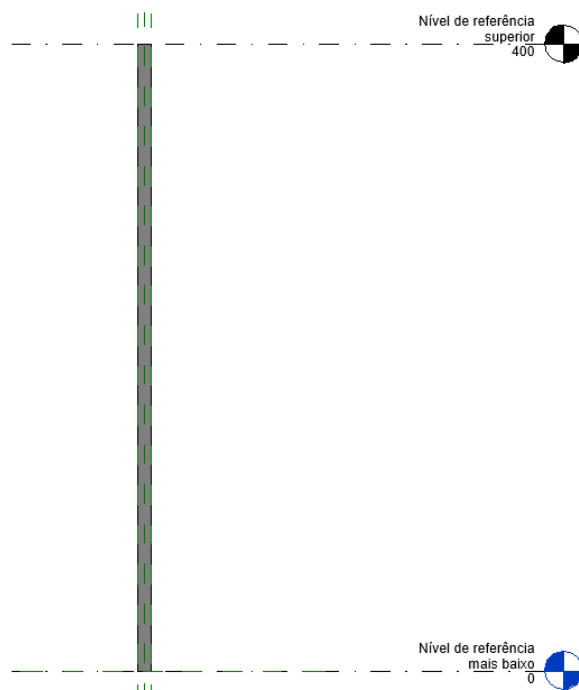
No decorrer do presente trabalho, foram desenvolvidas as famílias constantes no Quadro 04, Quadro 05 e Quadro 06, estes presentes no item 2.1.2.3.2. Foram criados também blocos de canaleta “U” e “J”, somando assim um total de 19 famílias modeladas. Após a finalização das mesmas, foram realizadas as suas importações para o arquivo base “.rte” que posteriormente será utilizado como *template*.

4.2.1.2 Graute

Em relação aos grautes, tanto para os verticais, quanto para os horizontais, existem duas possibilidades. Renomeá-los de acordo com um parâmetro desejado que posteriormente será utilizado como filtros nas tabelas quantitativas, ou substituir às famílias advindas do TQS por famílias desenvolvidas no Revit, como apresentado no item 4.2.1.1, nos blocos estruturais. Para exemplificar as duas possibilidades, foi utilizado a criação de famílias para os grautes verticais e renomeação de família para os grautes horizontais.

Na elaboração dos grautes verticais foi selecionado o *template* base “Pilares Estruturais” para a criação de elementos estruturais verticais. Assim como nos blocos, também foi utilizado o comando “Extrusão” para realizar um perfil sólido que se assemelhasse ao graute. Neste caso, ressalta-se que no desenvolvimento da família, vinculou-se o nível inferior e superior a níveis de referência (Fig. 24), que posteriormente receberão dados automaticamente conforme o andamento da programação desenvolvida em Dynamo. Além disso, também foi alterado o material para um padrão que se assemelhasse ao graute.

Figura 24 - Graute Vertical na interface de criação de famílias do Revit



Fonte: Elaboração própria (2022).

Após a criação da família, foi realizada a sua importação para o mesmo arquivo base “.rte”, o qual também foram importados os blocos estruturais modelados.

Referente aos grautes horizontais, a renomeação das famílias pode ocorrer de forma manual ou através de programação, a qual será discutida posteriormente neste trabalho.

4.2.1.3 Revestimento Argamassado

Além do desenvolvimento dos blocos estruturais e do graute, já no arquivo de *template*, também foram criadas paredes arquitetônicas que serão utilizadas para quantificar o chapisco e o reboco aplicados no entorno dos blocos estruturais. Para a sua criação, foi utilizada a família de “Parede básica” disponível do Revit, no qual foi modificada suas propriedades de tipo, como o seu nome e sua estrutura.

Ao configurar a sua estrutura, foi utilizado como material base do seu núcleo um espaço vazio, uma vez que a parede contorna os blocos de alvenaria estrutural. Já para as faces externas do núcleo, foram utilizados materiais como chapisco e reboco, estes que juntos formam 1,50 cm de acabamento para cada lado do bloco, totalizando assim uma parede de 17 cm, considerando que o seu interior contém blocos estruturais de largura igual a 14 cm, conforme Figura 25.

Figura 25 - Estrutura da parede destinada para o revestimento argamassado

Editar montagem ×

Família: Parede básica
 Tipo: Chapisco + Reboco
 Espessura total: 17,00 Altura da amostra: 600,00
 Resistência (R): 0,0430 (m²·K)/W
 Massa térmica: 3,74 kJ/K

Camadas

LADO EXTERNO					
	Função	Material	Espessura	Coberturas	Material esti
1	Acabamento 2 [5]	Reboco	1,25	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Substrato [2]	Chapisco	0,25	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Limite do núcleo	Camadas acima da virada d	0,00		
4	Estrutura [1]	Vazio	14,00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada d	0,00		
6	Substrato [2]	Chapisco	0,25	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Acabamento 1 [4]	Reboco	1,25	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

< >

LADO INTERNO

Inserir Excluir Acima Abaixo

Virada do revestimento-padrão

Nas inserções: Não virar Nas extremidades: Nenhum

Modificar estrutura vertical (somente na visualização do corte)

Modificar Mesclar regiões Extrusão por percurso

Atribuir camadas Dividir região Frisos

<< Visualizar OK Cancelar Ajuda

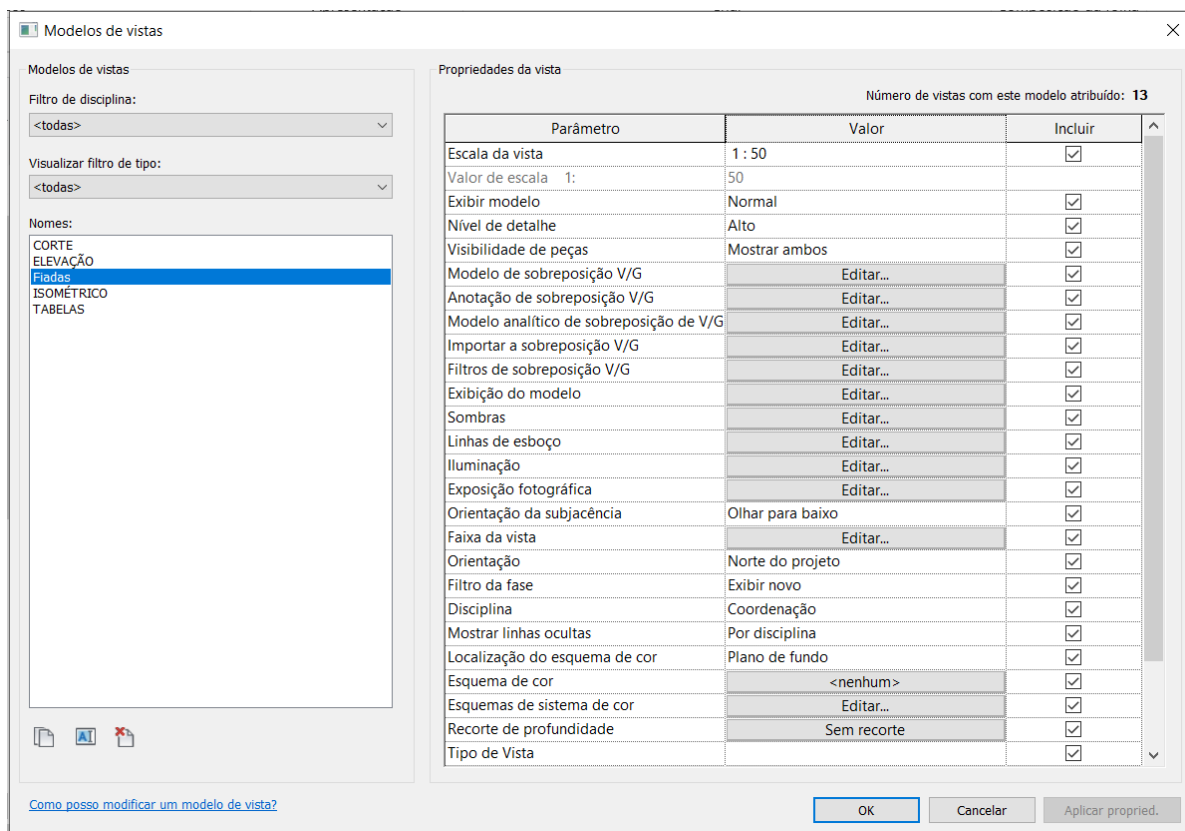
Fonte: Elaboração própria (2022).

4.2.2 Criação dos modelos de vista

No *software* Revit, o modelo de vista é um conjunto de regras que ao serem configuradas aplicam propriedades nos elementos em diferentes vistas de um projeto, de modo a manter um padrão de representação gráfica. Assim, para cada modelo de vista criado, são realizadas personalizações no que tange a escala de

vista, nível de detalhamento, visibilidade/sobreposição de gráficos, faixa de vista, entre outras diversas configurações disponíveis. Dessa forma, no *template*, para cada tipo de vista, seja planta de piso, de elevação, de corte e vista 3D, foram definidos quais seriam os estilos aplicados.

Figura 26 - Interface do “Modelos de vistas” no software Revit



Fonte: Elaboração própria (2022).

De acordo com a Figura 26, no decorrer da elaboração do *template* se associou as plantas baixas ao modelo de vista denominado “Fiadas”, assim como “ELEVACÃO” está diretamente relacionado às vistas de elevação, o modelo de vista chamado “CORTE” às vistas de corte, e as vistas 3D associado ao “ISOMÉTRICO”.

Além dos itens mencionados, é possível atribuir também filtros aos modelos de vistas (Fig. 27) com base na seleção de elementos ou categorias e valores de parâmetros. Para tanto, foram criados filtros para cada peça estrutural de modo a atribuir uma cor e diferenciá-los pelo seu tamanho e tipo, alterando a sua

visibilidade e exibição gráficas desses elementos estruturais em uma determinada vista, conforme explicado no item 4.2.2.1.

Figura 27 - Filtros aplicados nos modelos de vista

Nome	Visibilidade	Projeção/Superfície			Cortar		Meio-tom
		Linhas	Padrões	Transparência	Linhas	Padrões	
BE15	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
BE20	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
BE30	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
BE35	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
BE40	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
BE45	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
BE54	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
C20	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
C30	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
C40	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
C45	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
U15	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
U20	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
U30	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
U40	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
J15	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
J20	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
J30	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
J40	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>

Fonte: Elaboração própria (2022).

4.2.3 Criação das tabelas

Durante o desenvolvimento do *template*, foram elaboradas tabelas quantitativas dos materiais presentes no projeto. Assim, os blocos estruturais, grautes, argamassa de assentamento, chapisco, reboco e armadura receberam tabelas que garantem o levantamento do uso do material para a execução do projeto. Além disso, foi utilizado a estrutura de tabela para desenvolver legendas automáticas. Todas as tabelas presentes no *template* podem ser conferidas na Figura 28.

Figura 28 - Tabelas presentes no *template*

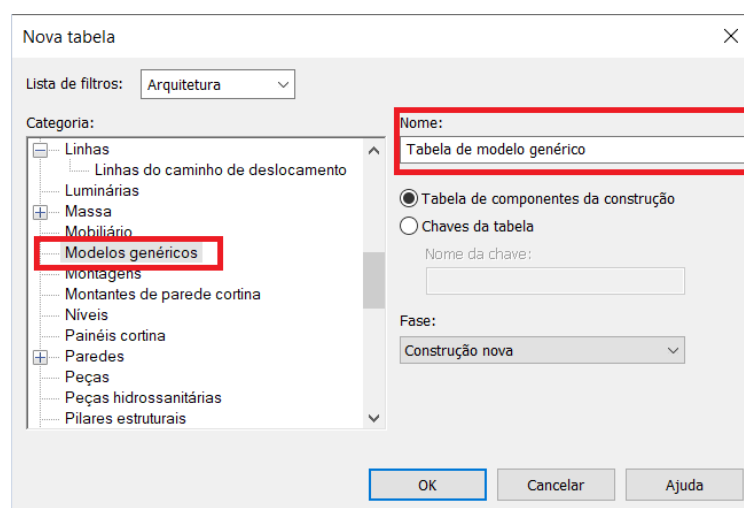
The image shows a software interface with a tree view under the heading "Tabelas/Quantidades (todas)". The items listed are:

- LEGENDA
- QUANTITATIVO ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO
- QUANTITATIVO ARMADURA
- QUANTITATIVO BLOCOS ESTRUTURAIS
- QUANTITATIVO CHAPISCO E REBOCO
- QUANTITATIVO GRAUTE HORIZONTAL
- QUANTITATIVO GRAUTE VERTICAL

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para a criação das tabelas, na interface do arquivo de *template* do Revit, foram utilizados os itens “Tabelas/Quantidades” e “Levantamento de material”, ferramentas contidas em “Criar” do menu “Vista”. Ao selecionar estas opções, para dar continuidade a criação de um nova tabela, define-se qual categoria se deseja realizar uma coleta de dados. No caso, para obter o quantitativo de blocos estruturais, foi selecionada a opção “Modelos Genéricos”, a família caracterizante do elemento. Na lateral da mesma janela, no campo “Nome”, define-se o título da tabela, neste exemplo denominado de “QUANTITATIVO BLOCOS ESTRUTURAIS”. A Figura 29 mostra a interface da janela “Nova Tabela”.

Figura 29 - Criação de nova tabela no Revit



Fonte: Elaboração própria (2022).

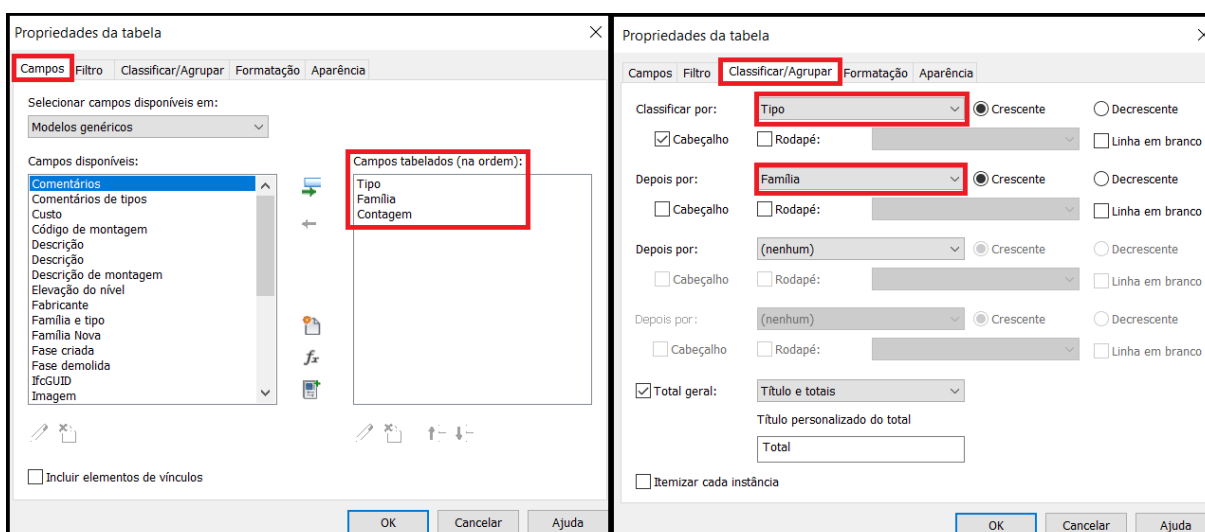
Após realizar a seleção da categoria e alterar o nome da tabela, deve-se também configurar as suas propriedades. Durante a configuração das propriedades da tabela é possível personalizá-la de modo que exiba somente as informações necessárias. Para tal, configura-se uma série de abas, sendo elas os “Campos”, “Filtro”, “Classificar/Agrupar”, “Formatação” e “Aparência”, cada qual com um controle de informação diferente sobre a tabela.

Na aba “Campos” é possível selecionar as informações que se deseja extrair da categoria escolhida. Seguindo o exemplo dos blocos estruturais, foram selecionados os itens “Tipo”, “Família” e “Contagem”, este último que é um campo

de quantidade. O “Filtro” é aplicado para restringir os elementos selecionados pela aba “Campos”, no entanto, no exemplo dos blocos estruturais não foi aplicada nenhuma restrição.

Para organizar os itens que serão exibidos, utiliza-se a aba “Classificar/Agrupar”. Em relação aos blocos estruturais, os itens da tabela foram agrupados preferencialmente pelo seu tipo, logo após por sua família. É através desse agrupamento que será possível quantificar cada família de blocos. Verifica-se a sequência desses passos na Figura 30.

Figura 30 - Configurações adotadas para a tabela “Quantitativo de Blocos Estruturais”



Fonte: Elaboração própria (2022).

Na aba “Formatação” é possível configurar a posição dos textos na tabela, e também em caso de campos numéricos a escolha do cálculo a ser feito, bem como a unidade a ser adotada. Por fim, em “Aparência” se configura as questões gráficas da tabela, como por exemplo o tamanho da fonte e as linhas do entorno, entretanto, para as tabelas desenvolvidas no *template* foi aplicado o modelo de vista “TABELAS”, o qual padroniza as aparências das mesmas.

Assim sendo, os passos descritos anteriormente foram realizados para todos os tipos de tabelas presentes no *template*. No entanto, os parâmetros adotados em cada aba variam de acordo com a necessidade da tabela, com

exceção da aparência. Desta forma, no Quadro 9 é possível verificar os parâmetros adotados.

Quadro 9 - Parâmetros selecionados para as tabelas do *template*

Título	Tipo de Tabela	Parâmetros Selecionados em cada aba			
		Campos	Filtro	Classificar/Agrupar	Formatação
Legenda	Tabela/ Quantidade	Imagem Família	-	Família	-
Quantitativo Argamassa de Assentamento	Levantamento de material	Contagem Família Material: Nome Material: Volume	Nome igual a "Argamassa de assentamento"	Família Nome	Volume: calcular os totais
Quantitativo Armadura	Tabela/ Quantidade	Família e tipo Diâmetro da barra Comprimento total da barra Quantidade da barra	-	-	Comprimento da barra: calcular os totais Quantidade de barra: calcular os totais
Quantitativo de Blocos Estruturais	Tabela/ Quantidade	Contagem Tipo Família Fabricante Código de montagem Custo	-	Tipo Família	Contagem: calcular os totais
Quantitativo Chapisco e Reboco	Levantamento de material	Material: Nome Material: Volume	Nome não igual "Vazio"	Nome	Volume: calcular os totais
Quantitativo Graute Horizontal	Tabela/ Quantidade	Família Volume	-	Família	Volume: calcular os totais
Quantitativo Graute Vertical	Tabela/ Quantidade	Família Volume	-	Família	Volume: calcular os totais

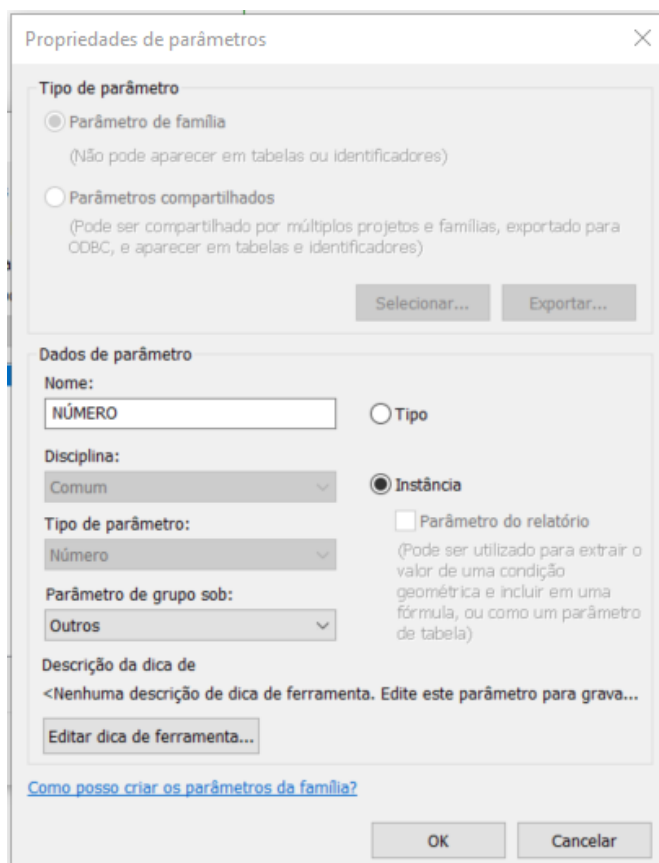
Fonte: Elaboração própria (2022).

4.2.4 Elementos de identificação

Para facilitar o desenvolvimento do detalhamento do projeto e identificação dos elementos, elaborou-se quatro símbolos de anotação.

Para a criação da família "IDENTIFICADOR Nº FIADA", adotou-se um modelo genérico de símbolo de anotação. Na interface do Revit, utilizou-se o item "Legenda", ferramenta contida em "Texto" do menu "Criar". Para a configuração da "Legenda", criou-se um parâmetro de família denominado "NÚMERO" (Fig. 31). Após a criação da legenda, dispôs-se uma sobre a outra, totalizando 15 (quinze) itens.

Figura 31 - Interface "Propriedades de parâmetros"

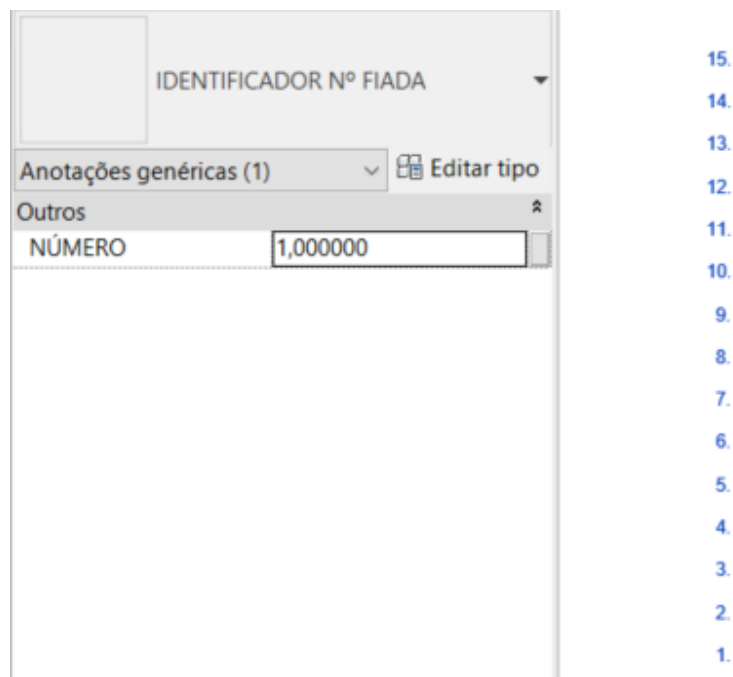


Fonte: Elaboração própria (2022).

Com a conclusão deste passo, pode-se carregar a família no *template* base. A sua funcionalidade se dá por meio da seleção da família no item "Símbolo" da aba "Anotar" da interface do *template* no Revit e através da definição do primeiro

valor numérico, que definirá o valor inicial das fiadas, o software calcula os próximos valores, conforme Figura 32.

Figura 32 - Aplicação da família "IDENTIFICADOR Nº FIADA"



Fonte: Elaboração própria (2022).

Para a identificação das paredes, criou-se a família "IDENTIFICADOR PAREDE ESTRUTURAL". Inicialmente, adotou-se um modelo genérico de símbolo de anotação para a criação da mesma, e através da interface do Revit, utilizou-se os itens "Linha" e "Região preenchida", ferramentas contidas em "Detalhe" do menu "Criar" para a modelagem da família. Já para o texto contido na família, utilizou-se os mesmos procedimentos no identificador das fiadas, a "Legenda". No entanto, neste item foi aplicado o prefixo "PAR-" ao parâmetro "NÚMERO". Tendo finalizado este passo, pode-se carregar a família no *template* base. Por fim, para aplicação do identificador de paredes (Fig. 33), deve-se acessar a família no item "Símbolo" da aba "Anotar" da interface do *template* no Revit.

Figura 33 - Símbolo de anotação: Identificador de parede



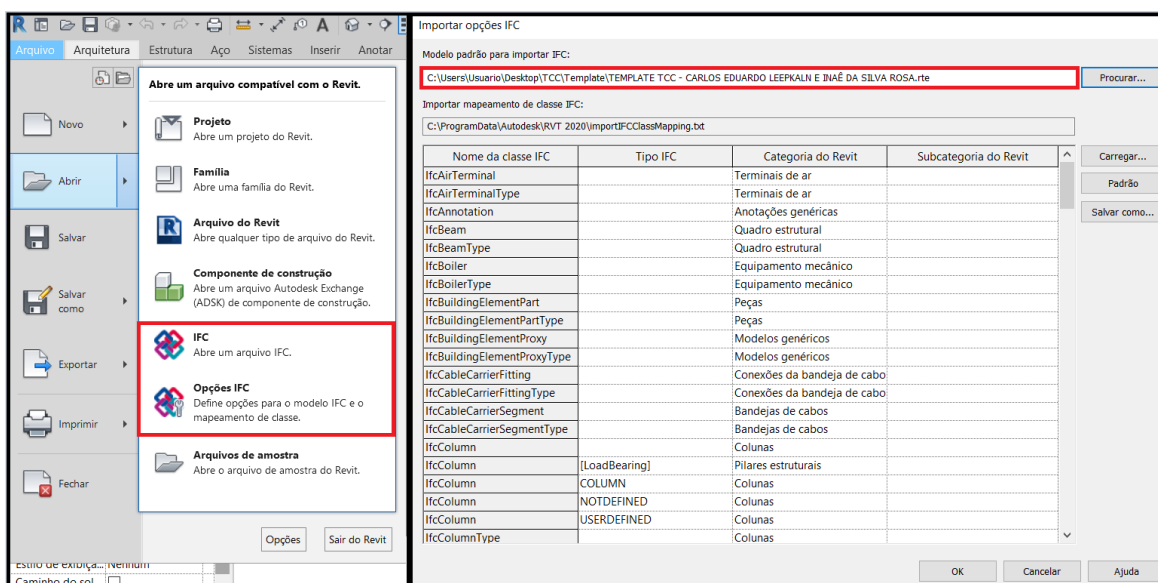
Fonte: Elaboração própria (2022).

Salienta-se que, da mesma forma que foi criado o identificador de paredes, foram elaboradas identificações de pontos de grauteamento e de aço, este último responsável por indicar o diâmetro da barra utilizada. Para o funcionamento do identificador de graute, foi atribuído o comentário de tipo “P.G.” à família criada no item 4.2.1.2, fazendo alusão a “Ponto de Grauteamento”.

4.3 Importação do arquivo IFC para o software Revit

Após a finalização do *template*, é possível abrir o arquivo IFC, exportado do TQS Alvest, no *software* Revit. Deste modo, na aba “Arquivo”, foi configurado como modelo padrão de importação IFC o *template* elaborado anteriormente, conforme Figura 34. Após o ajuste de opções, a partir da mesma aba, em “IFC” foi importado o arquivo gerado no *software* estrutural.

Figura 34 - Importação do IFC



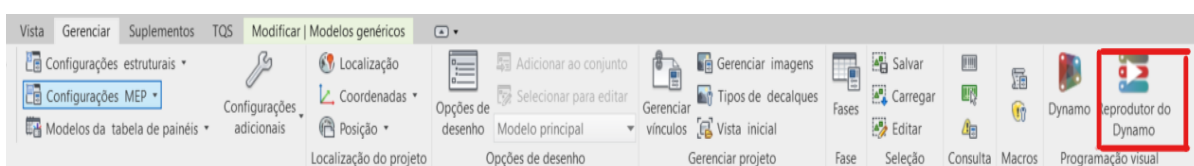
Fonte: Elaboração própria (2022).

4.4 Algoritmos desenvolvidos no Dynamo e suas aplicações

De modo a otimizar o processo de refinamento do projeto em BIM, foram desenvolvidas no total 14 (quatorze) programações no programador visual Dynamo. Em toda a extensão das programações realizadas, caracterizada por ser desenvolvida da esquerda para direita, foram utilizados diversos tipos de códigos. Para fins organizacionais, os nós das programações foram separados em grupos coloridos, no qual cada um tem uma função a desempenhar.

Para acessar as programações criadas, o projetista deve, através da interface do Revit, acessar o item “Reprodutor do Dynamo”, ferramenta contida em “Programação visual” do menu “Gerenciar” (Fig. 35). Assim sendo, a seguir será discorrido sobre cada programação realizada, seguindo a sequência na qual deve ser aplicada nos projetos.

Figura 35 - Acesso ao Reprodutor do Dynamo na interface do Revit

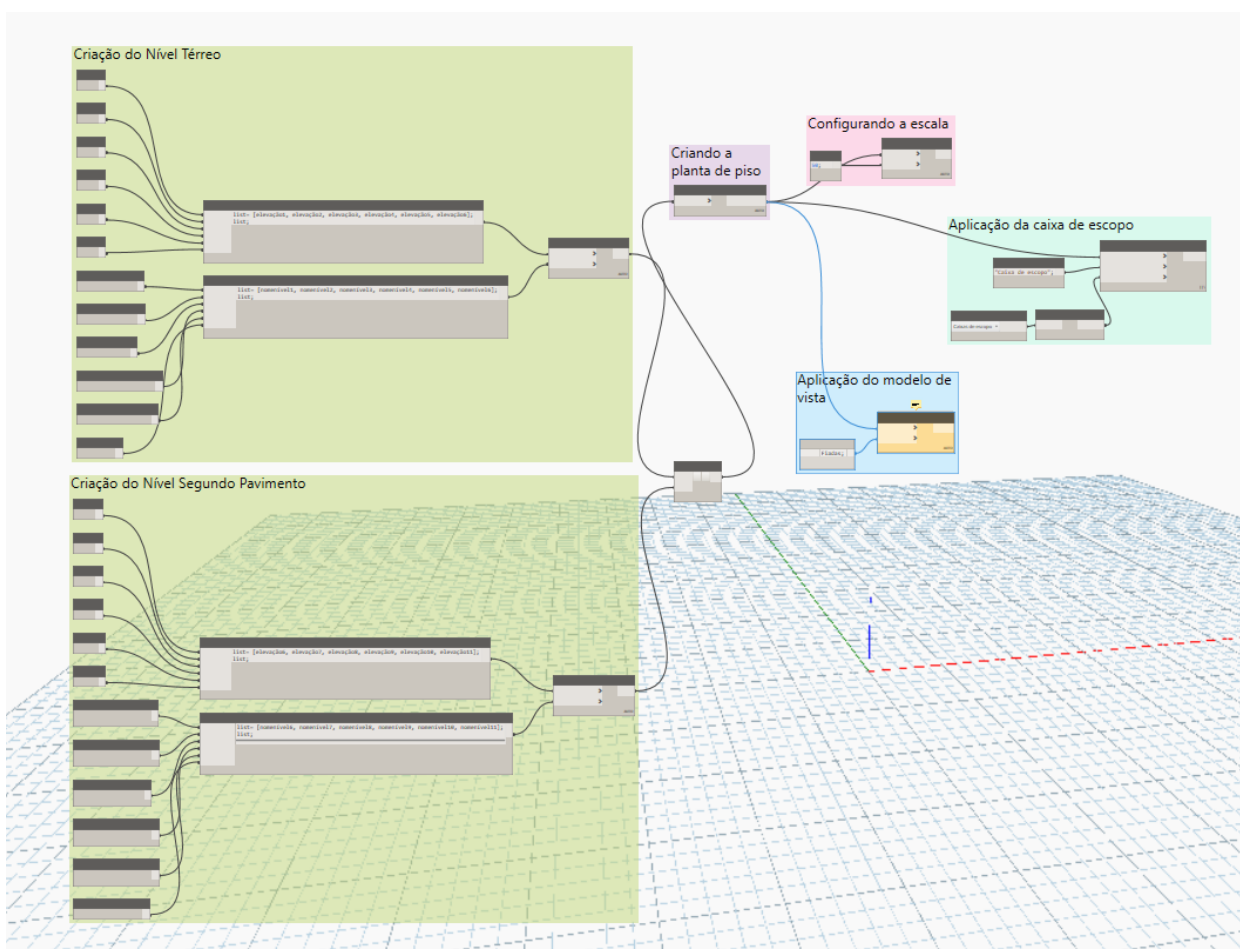


Fonte: Elaboração própria (2022).

4.4.1 Criação de níveis e plantas de piso

Conforme citado ao longo do trabalho, o arquivo exportado através do IFC apresenta um aspecto genuíno, não contendo os níveis e plantas de piso necessárias para visualizar as fiadas que compõem um projeto em alvenaria estrutural. Assim, para a criação automática de níveis e plantas de piso foi utilizada a linguagem de programação expressa na Figura 36, a qual apresenta 06 (seis) grupos de códigos.

Figura 36 - Rotina de programação “Criação de níveis e plantas baixas”



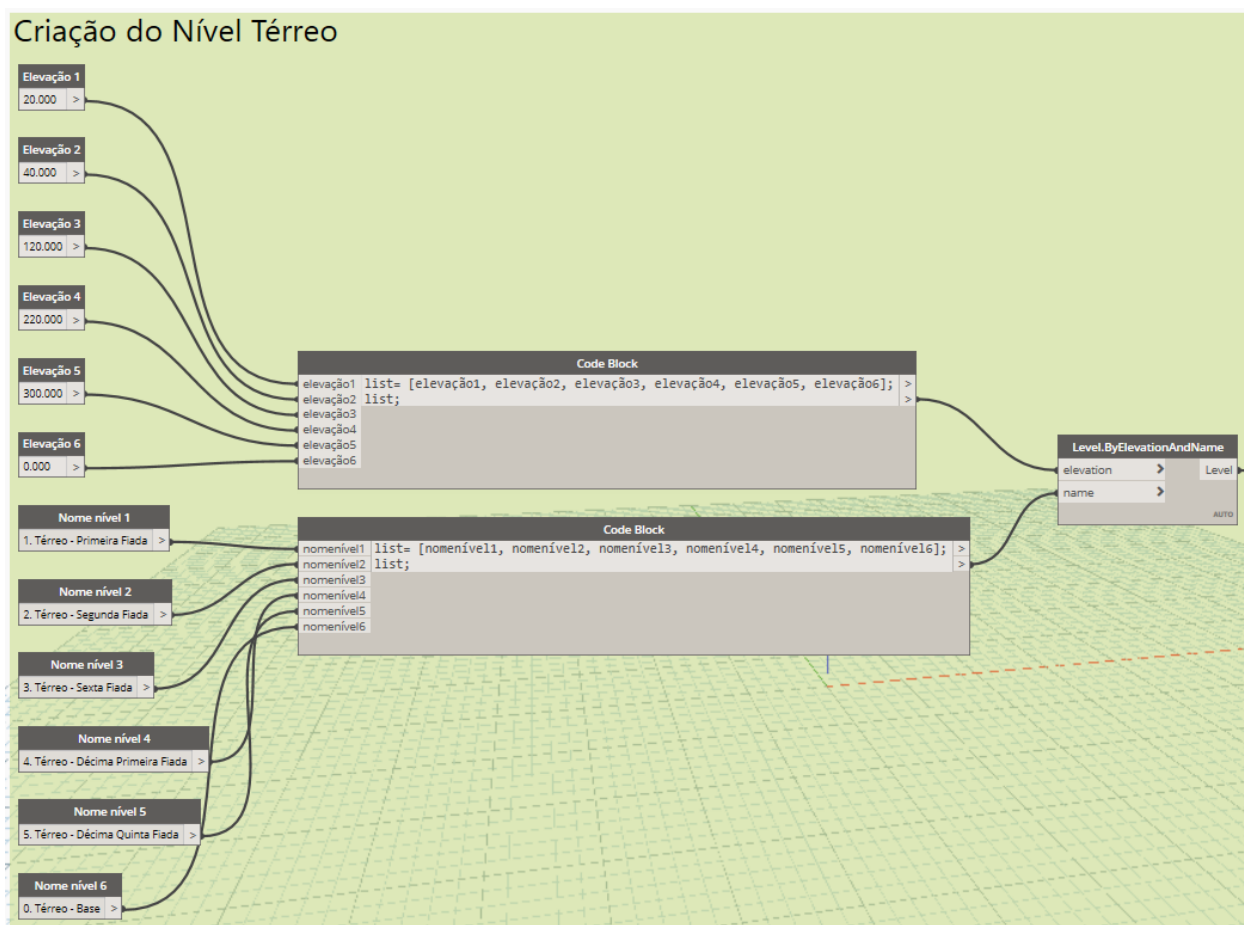
Fonte: Elaboração própria (2022).

Os primeiros dois grupos, definidos como “Criação do Nível Térreo” e “Criação do Nível Segundo Pavimento”, exigem o preenchimento do valor correspondente às cotas de nível, de cada fiada de bloco estrutural, e o seus respectivos nomes. É importante salientar que apesar desses dados serem pré-definidos, eles podem ser alterados conforme necessidade do autor do projeto quando for executada a rotina de programação, diretamente na interface “Reprodutor do Dynamo”, uma vez que são configurados como nós de entrada de dados.

Posteriormente, no mesmo grupo, utilizou-se o “Code Block”, nó característico por unir a programação visual com a programação escrita, no qual é possível realizar um *script*. Este nó possibilitou a criação de duas listas contendo as cotas e os nomes dos níveis, respectivamente. Em seguida, foi utilizado o nó

“*Level.ByElevationAndName*”, responsável por criar um nível no Revit com base em sua elevação e nome em projeto, concatenando assim as listas criadas anteriormente. Na Figura 37, é possível ver a programação utilizada com mais detalhes.

Figura 37 - Grupo de nós para criação do nível térreo

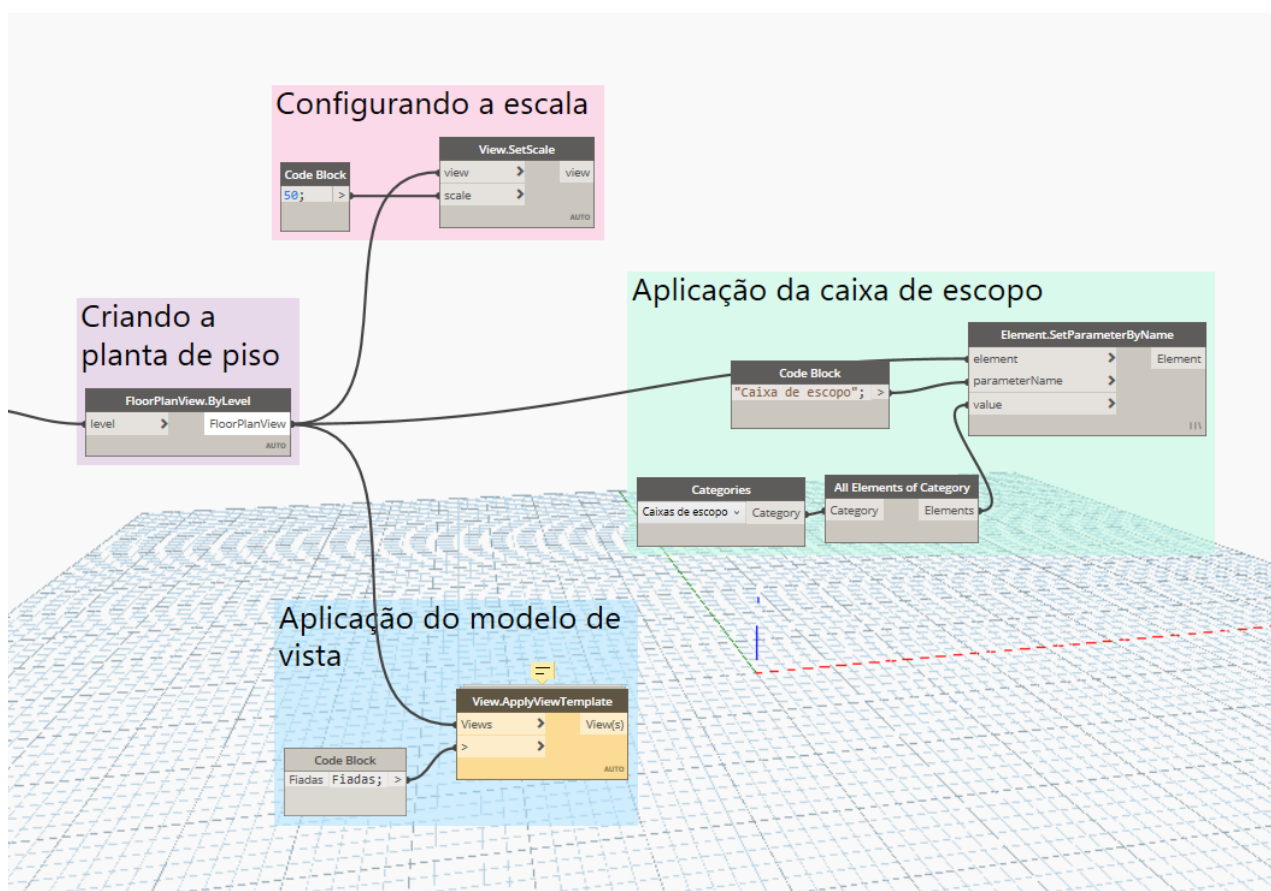


Fonte: Elaboração própria (2022).

Com base nos níveis criados, já no terceiro grupo, pôde-se gerar as plantas de piso a partir do nó “*FloorPlanView.ByLevel*”, que na sequência possibilitou a criação dos demais grupos (Fig. 38). Primeiramente, configurou-se a escala a partir da seleção das plantas de piso e o valor correlato à escala desejada para as mesmas. Em seguida, aplicou-se a caixa de escopo, ferramenta que controla a região de visibilidade da vista. Para tanto, em conjunto com a seleção das plantas piso, são utilizados os nós “*Categories*” e o “*Code Block*”, ambos filtrados por “Caixa

de Escopo”, que através do nó “*Element.GetparameterValueByName*” fazem a união entre a planta baixa e a caixa de escopo, ajustando assim a área de visibilidade do projeto. Por fim, aplicou-se o modelo de vista “Fiadas”, desenvolvido no item 4.2.2, por meio do nó “*View.ApplyViewTemplate*” que aplica o modelo de vista na planta de piso já criada.

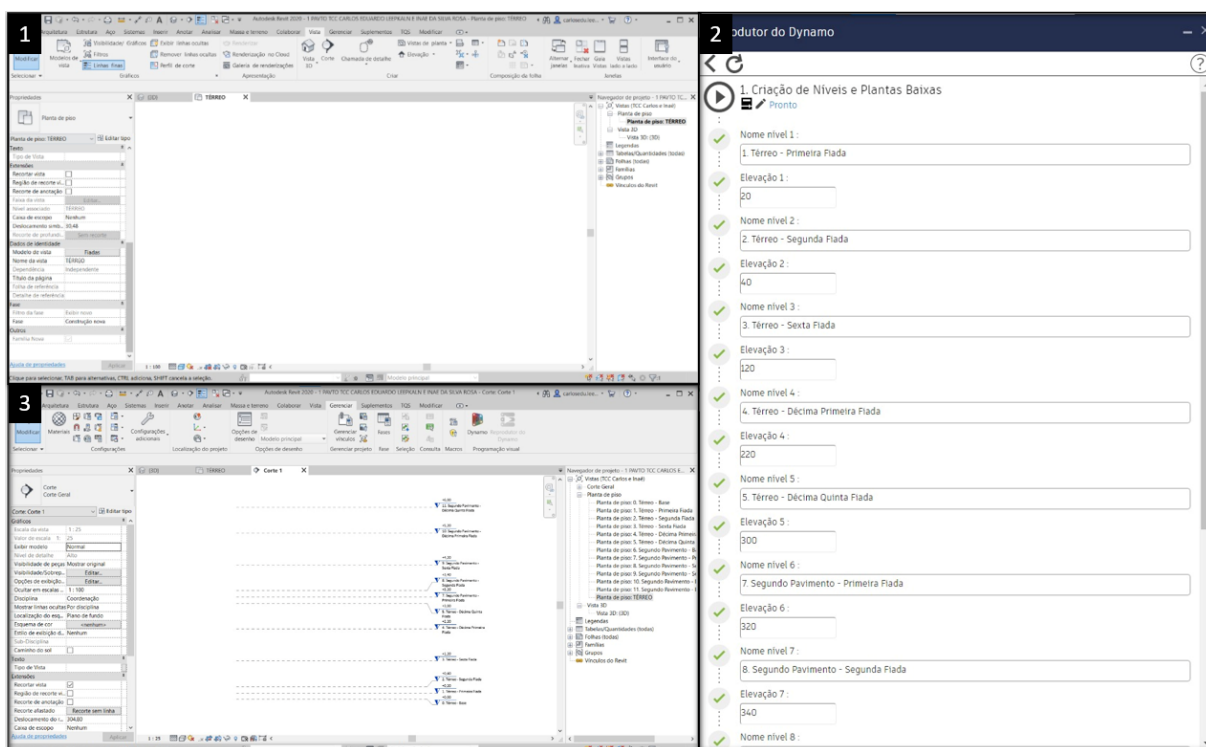
Figura 38 - Grupo de nós para o restante da programação



Fonte: Elaboração própria (2022).

Resumidamente, ao acessar o arquivo base do *template*, consta-se apenas a planta de piso denominada “TÉRREO”, e ao reproduzir a rotina, geram-se as plantas e níveis necessários para o correto entendimento de um projeto em alvenaria estrutural. Os passos citados podem ser conferidos, em sequência, na Figura 39.

Figura 39 - Aplicação da Programação de Criação de Níveis e Plantas Baixas



Fonte: Elaboração própria (2022).

Enfatiza-se que a sequência de códigos explicados acima são executadas em conjunto, através do “Reprodutor do Dynamo”. Destaca-se também que as rotinas que apresentam nós de entrada de dados poderão ter informações ajustadas anteriormente à execução das mesmas.

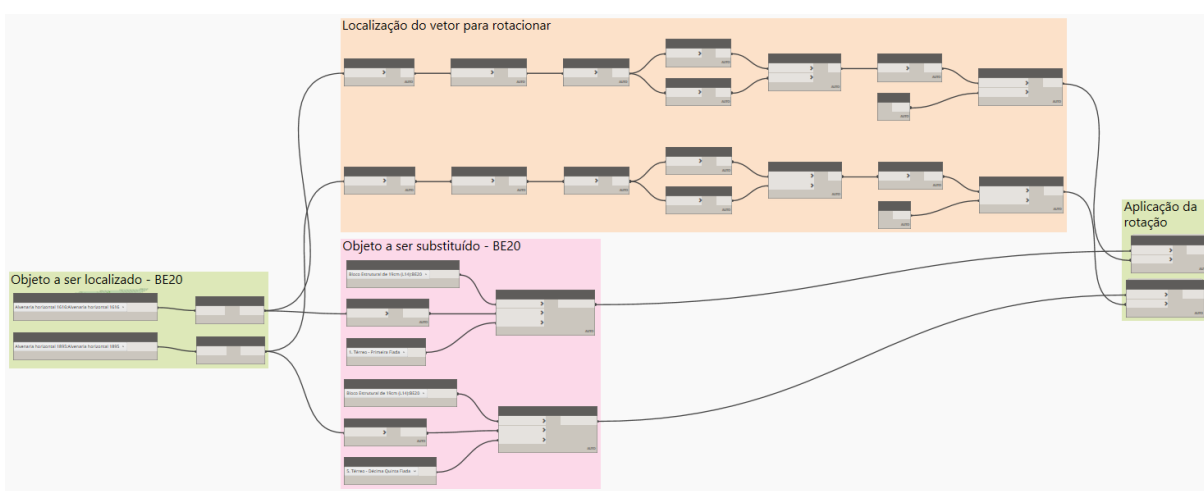
4.4.2 Substituição dos blocos

Conforme citado no item 4.2.1.1, os blocos advindos do IFC possuem um caráter sólido, sem as representações que remetem aos blocos estruturais originais. Assim, faz-se necessário a substituição destes por blocos modelados no Revit.

Seguindo o raciocínio, utilizou-se a linguagem de programação visual, expressa na Figura 40 e Figura 41, que para efeito de demonstração da funcionalidade, localizou-se os elementos IFC e se selecionou as principais famílias do projeto para na sequência realizar a substituição, pela família correspondente do

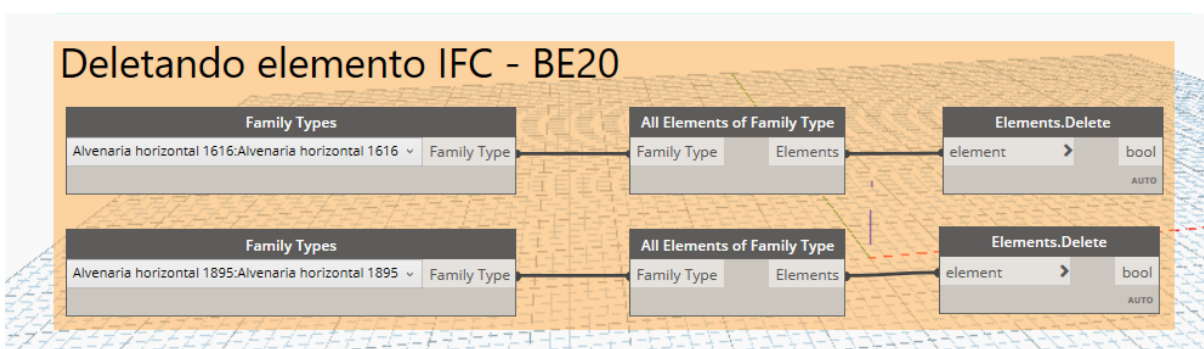
Revit, no mesmo local. No entanto, para uma aplicação prática e efetiva da rotina, salienta-se a necessidade da complementação de informações, ou seja, a inserção de todas as famílias que compõem a modulação de alvenaria estrutural.

Figura 40 - Rotina de programação “Substituição dos blocos IFC”



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 41 - Rotina de programação “Deletar blocos IFC”



Fonte: Elaboração própria (2022).

Inicialmente, foi necessário realizar uma filtragem dos principais blocos estruturais contidos no projeto a partir da sua família, sendo elas “BE20”, “BE35”, “BE40” e “BE55”. Esta ação é realizada com o nó “*All Elements of Family Type*”, a partir da “*Family Types*” selecionada na família do bloco desejado. Assim, com esta

função, o Revit seleciona todos blocos estruturais presentes na modelagem a partir do seu tipo.

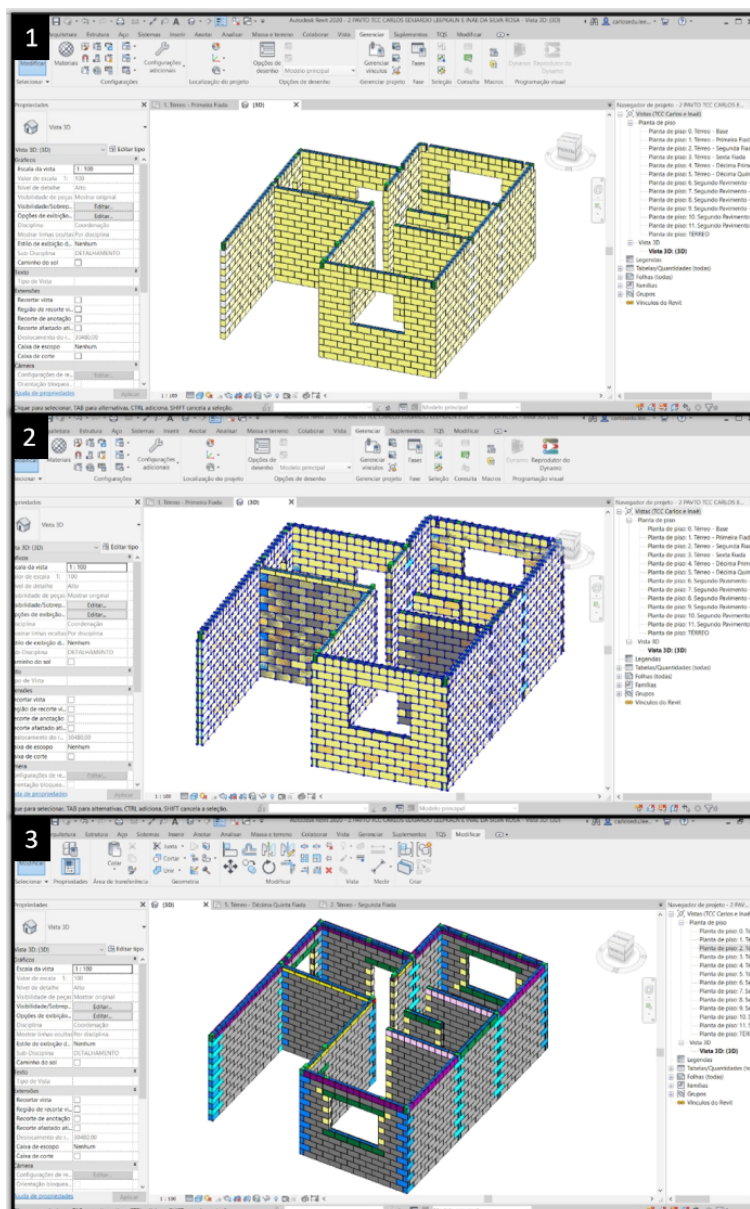
Após selecionar todos os elementos estruturais, foram obtidas as suas localizações e utilizadas em conjunto com os nós de entrada de “Nível” e “Família de tipo”, selecionado na família do bloco o qual irá substituir os modelos IFC, através do nó *“FamilyInstance.ByPointAndLevel”*. Dessa forma, o nó realiza a inserção do novo modelo de bloco com base nos pontos do modelo antigo. No entanto, salienta-se que o uso exclusivo deste grupo de programação não apresentou a eficiência esperada, pois a orientação do bloco substituto não seguiu a direção do bloco IFC, fazendo-se necessária a implementação da rotação dos mesmos através de vetorização.

Para tanto, foi necessário obter a localização do vetor dos blocos IFC para rotacionar os elementos modelados no Revit. Assim, para cada seleção de elemento obtida anteriormente, foi também obtida a sua geometria, seguida de sua aresta. A partir das arestas, com o uso do nó *“Edge.CurveGeometry”*, foi possível coletar o comprimento da curva, contendo seus pontos iniciais e finais. Com a junção desses pontos, criou-se uma linha reta utilizando a função *“Line.ByStartPointEndPoint”* e, em seguida, obteve-se o vetor direção. A partir do encontro do vetor com o eixo “X” do projeto, aplicando o nó *“Vector.AngleWitchVector”*, obteve-se o ângulo de rotação entre o bloco inserido e o bloco já contido no projeto. Dessa forma, foi possível selecionar os respectivos blocos e aplicar o ângulo encontrado a partir do nó *“Element Set Rotation”*.

No entanto, ambas as famílias de blocos estruturais ficaram sobrepostas, havendo a necessidade da aplicação da rotina que deletasse os elementos advindos do IFC. Para tanto, foi aplicado o *“Elements.Delete”* que deletou todos os blocos selecionados pelo nó *“All Elements of Family Type”*, por meio do seu tipo de família. Após a aplicação da programação supracitada, a partir das linguagens geradas, é possível verificar a sequência da programação aplicada ao modelo na Figura 42. Nesta mesma figura, discorre-se que no primeiro momento se tem o modelo inicial, advindo do *software* de dimensionamento estrutural, no formato IFC. Na segunda etapa, verifica-se a sobreposição dos blocos Revit aos anteriores, passo realizado através da rotina de programação *“Substituição dos blocos IFC”*. Por fim, na terceira

etapa, ocorre a remoção dos blocos IFC através da rotina de programação “Deletar blocos IFC”, resultando então no modelo com os blocos substituídos.

Figura 42 - Aplicação das rotinas “Substituição dos Blocos IFC” e “Deletar Blocos IFC”



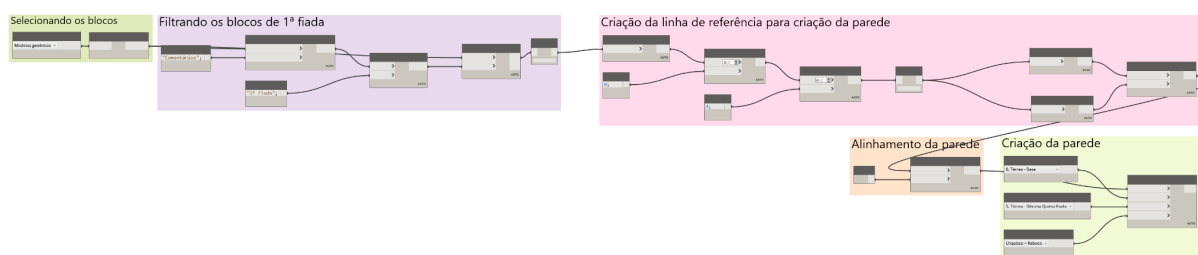
Fonte: Elaboração própria (2022).

4.4.3 Criação de paredes de revestimento argamassado através de blocos filtrados

Para poder estimar a quantidade de chapisco e reboco a ser utilizada para a construção do projeto em questão, foi desenvolvida uma rotina de

programação, conforme expresso na Figura 43. A mesma realiza a criação de uma parede, na qual simula o revestimento argamassado, por meio do comprimento dos blocos contidos no projeto.

Figura 43 - Rotina de programação “Criação de paredes de acabamento”



Fonte: Elaboração própria (2022).

A primeira ação a ser realizada nesta seção é a seleção de todos os blocos presentes no modelo, no entanto, diferentemente da rotina mencionada no item 4.4.2, a seleção ocorre independente do tipo de família. Dessa forma, aplicou-se o nó “*All Elements Of Category*”, o qual através do nó “*Categories*” seleciona os “Modelos Genéricos”, obtendo assim uma lista com todos os blocos estruturais do projeto.

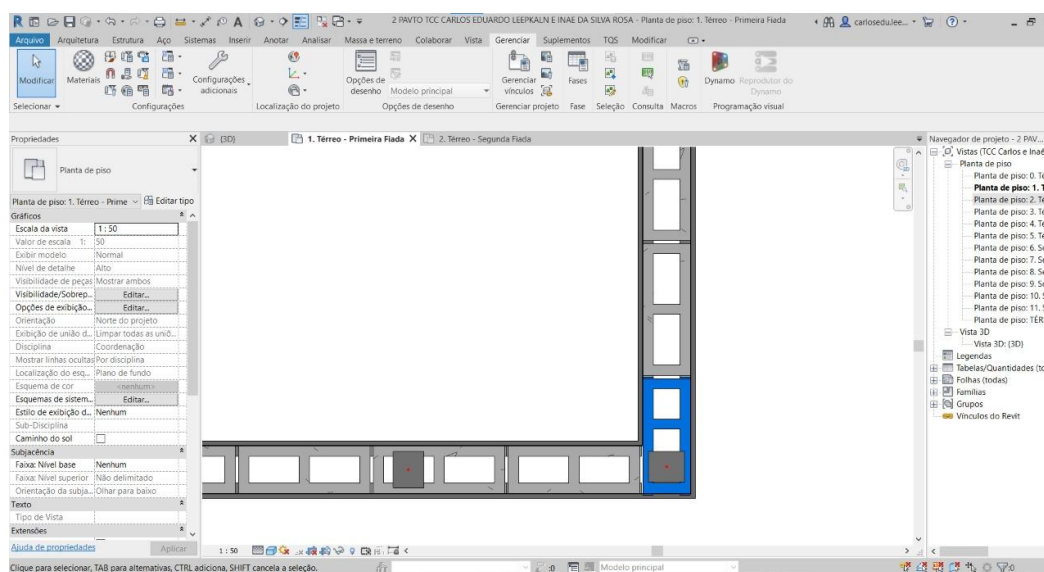
Em seguida, realizou-se a filtragem dos blocos por meio do nó “*List.FilterByBoolMask*”. Para tanto, os blocos foram filtrados através do parâmetro “Comentários”, desde que possuíssem o indicador “1ª fiada”, tal qual foi aplicado manualmente pelo projetista aos blocos presentes na primeira fiada, ato feito anteriormente a aplicação desta rotina.

Assim como já mencionado em outras rotinas desenvolvidas, foi necessária a criação de uma linha com o uso do “*Line.ByStartPointEndPoint*” através da geometria dos blocos filtrados. Salienta-se que para cada comando/nó, forma-se uma lista com o armazenamento dos dados resultantes, que por sua vez são organizados por meio de índices. Dessa forma, utilizou-se os índices contidos nos nós para coletar uma única informação que determinará o comprimento da parede.

Posteriormente, criou-se a parede no modelo com a aplicação do nó “*Wall.ByCurveAndLevels*”, através da listagem de comprimentos já obtidas, o nível

inicial e final desejado para parede, e o tipo de família que representará a mesma, que neste caso será a família modelada no item 4.2.1.3. Na Figura 44, é possível ver a aplicação do revestimento argamassado em volta dos blocos estruturais após a aplicação da rotina de programação.

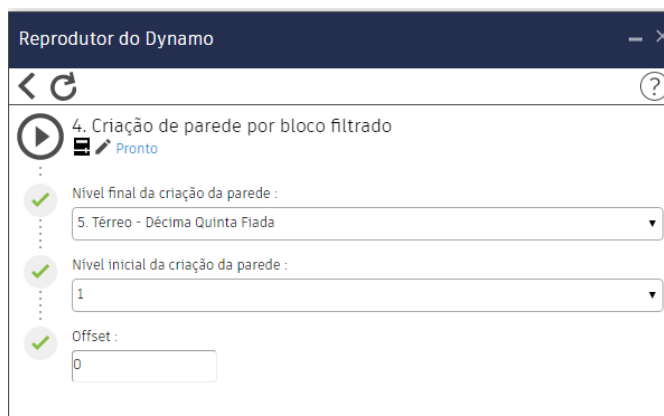
Figura 44 - Revestimento argamassado aplicada nos blocos estruturais



Fonte: Elaboração própria (2022).

Ao executar a rotina através do “Reprodutor do Dynamo” (Fig. 45), é possível que o autor altere alguns parâmetros conforme a necessidade do projeto, tais quais o nível inicial e final da criação da parede e se deseja aplicar algum deslocamento em relação ao eixo do bloco, de modo a alinhá-lo.

Figura 45 - Edição de entrada de dados da rotina de criação de paredes



Fonte: Elaboração própria (2022).

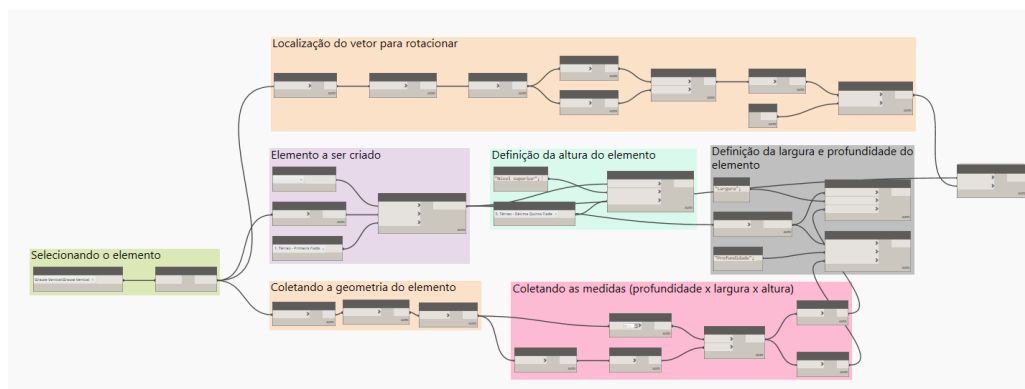
4.4.4 Graute e aplicação de armadura

Com base no item 4.2.1.2, existem duas possibilidades no prosseguimento do refinamento do projeto no âmbito dos grautes estruturais: substituição dos elementos ou a renomeação dos mesmos. Essa dualidade advém da necessidade de padronizar os nomes dos elementos para que possam ser filtrados e quantificados pelos seus respectivos nomes. Assim, como forma de demonstrar ambas possibilidades, serão apresentadas duas rotinas de programação: uma que expressa a substituição do elemento IFC por um novo modelo Revit cujo nome é padronizado, usada nos grautes verticais, e outra que renomeia os elementos já advindos do IFC, usada nos grautes horizontais. Referente a armadura, segue-se um padrão na execução das rotinas, com pequenas modificações.

4.4.4.1 Graute Vertical

A rotina de criação dos grautes verticais, demonstrada na Figura 46, é semelhante à programação utilizada para a substituição dos blocos advindos do IFC, no item 4.4.2. Neste caso, são filtrados todos os elementos de “graute vertical”. No entanto, ao invés de selecionar a família a qual irá substituir os modelos IFC, os elementos são criados na própria programação do Dynamo.

Figura 46 - Rotina de programação “Criação do graute vertical IFC”



Fonte: Elaboração própria (2022).

Para tanto, a partir do nó “*FamilyInstance.ByPointAndLevel*”, aplicou-se a família de colunas estruturais modelada no item 4.2.1.2, nos mesmos pontos do modelo antigo e no nível desejado. Evidencia-se que a família modelada em questão é caracterizada por ser paramétrica, ou seja, é um modelo que permite ajustes geométricos a depender da necessidade do projeto, devendo assim ser inseridos dados que definirão a sua geometria.

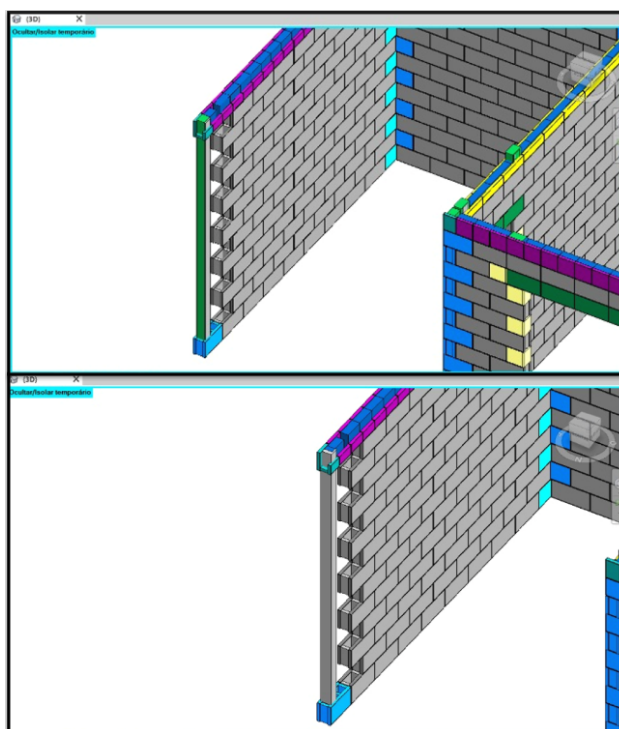
Assim, por meio do nó “*Element.SetParameterByName*”, definiu-se a altura do elemento, realizando uma união entre diversas informações, como: a família a ser aplicada no projeto, a cota superior desejada para o graute vertical e o local que seria aplicado essa cota, neste caso, no parâmetro denominado “Nível Superior”. Assim, através da inserção de uma cota de nível superior e o nível de inserção do modelo, já definido anteriormente, o nó retorna a altura a ser aplicada na família.

Entretanto, somente a altura não é suficiente para a criação definitiva do elemento, foram definidos também a largura e a profundidade dos novos grautes verticais utilizando o mesmo nó. Para tal, foram coletadas as geometrias do elemento advindo do IFC e filtradas por por meio de duas listas, uma que retorna os valores mínimos e outra que retorna os valores máximos, excluindo os valores referente ao comprimento vertical, a altura do elemento. Os valores mínimos e máximos retornados, respectivamente, são a largura e a profundidade a serem aplicadas na nova família de graute. Assim, esses valores foram aplicados no nó

“*Element.SetParameterByName*”, seguindo o mesmo raciocínio utilizado para a definição da altura.

Com a definição da geometria a ser adotada para os novos elementos de grautes verticais, realizou-se a rotação dos mesmos, seguindo uma rotina semelhante à explicada no item 4.4.2, o qual se localizou o vetor dos modelos antigos para rotacionar os novos modelos. Todavia, novamente ambas as famílias de grautes verticais ficaram sobrepostas, assim, aplicou-se uma rotina análoga à descrita no item 4.2.1.2 para a remoção dos elementos IFC. Na Figura 47, é possível verificar a aplicação do modelo de graute vertical desenvolvido no mesmo local do exportado em IFC e em seguida após a remoção do mesmo.

Figura 47 - Aplicação do novo graute modelado

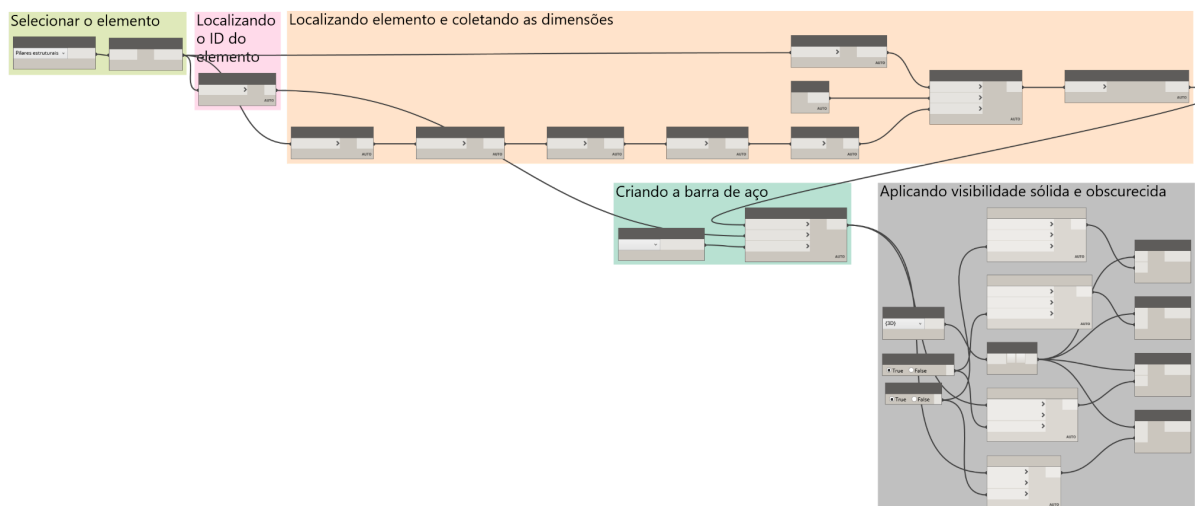


Fonte: Elaboração própria (2022).

Não obstante, somente a aplicação do graute vertical não é suficiente para fazer um quantitativo assertivo no âmbito da alvenaria estrutural. É necessário realizar a inserção também das armaduras. Assim, para a criação automática das

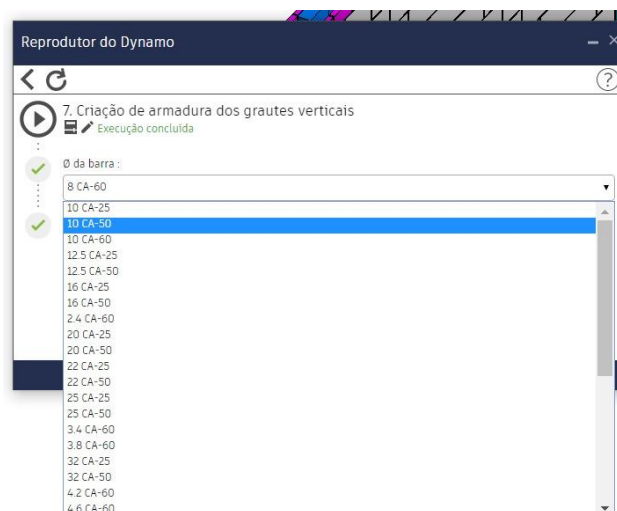
armaduras verticais foi utilizada uma linguagem de programação (Fig. 48) composta por cinco grupos de códigos.

Figura 48 - Rotina de programação “Criação da armadura para grautes verticais”



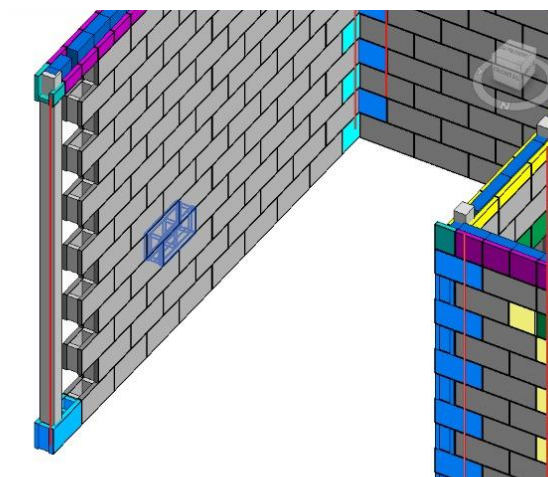
Fonte: Elaboração própria (2022).

No primeiro momento, através do nó “*Elements Of Category*”, selecionou-se os grautes verticais criados anteriormente. Em seguida, foram obtidas as suas localizações e coletados seus comprimentos, que será o mesmo valor aplicado no comprimento da armadura. A partir do comprimento máximo obtido, une-se esses dados, criando-se uma linha começando em um ponto inicial, ponto de localização de cada elemento de graute, estendendo-se na direção vertical ao longo do comprimento, ou seja, em torno do eixo “Z” do projeto, por meio do nó “*Line.ByStarPointDirectionLength*”. Baseado nessa linha, foi possível criar uma curva aplicável no nó “*Rebar.FreeFormRebarByCurves*”. Com base na curva criada, no diâmetro desejado para a barra e do ID do Graute, código que identifica o elemento estrutural no qual será aplicada a armadura, foi criado o aço em questão. Salienta-se que ao reproduzir a rotina através do Reprodutor do Dynamo, é possível alterar o diâmetro da barra de aço desejado, conforme Figura 49.

Figura 49 - Aplicação da rotina de armadura no Reprodutor do Dynamo

Fonte: Elaboração própria (2022).

No entanto, como o graute é uma superfície sólida, é dificultosa a visualização do aço inserido no elemento estrutural. Assim, no último grupo de programação, foram aplicados os nós “*RebarContainer.SetSolidView*” e “*RebarContainerSetUnobscuredInView*” que respectivamente, selecionam os elementos estruturais na vista “Apresentação Arquitetônica 3D”, tornando-os sólidos e obscurecidos. Assim, na Figura 50, é possível conferir a aplicação da armadura no graute vertical.

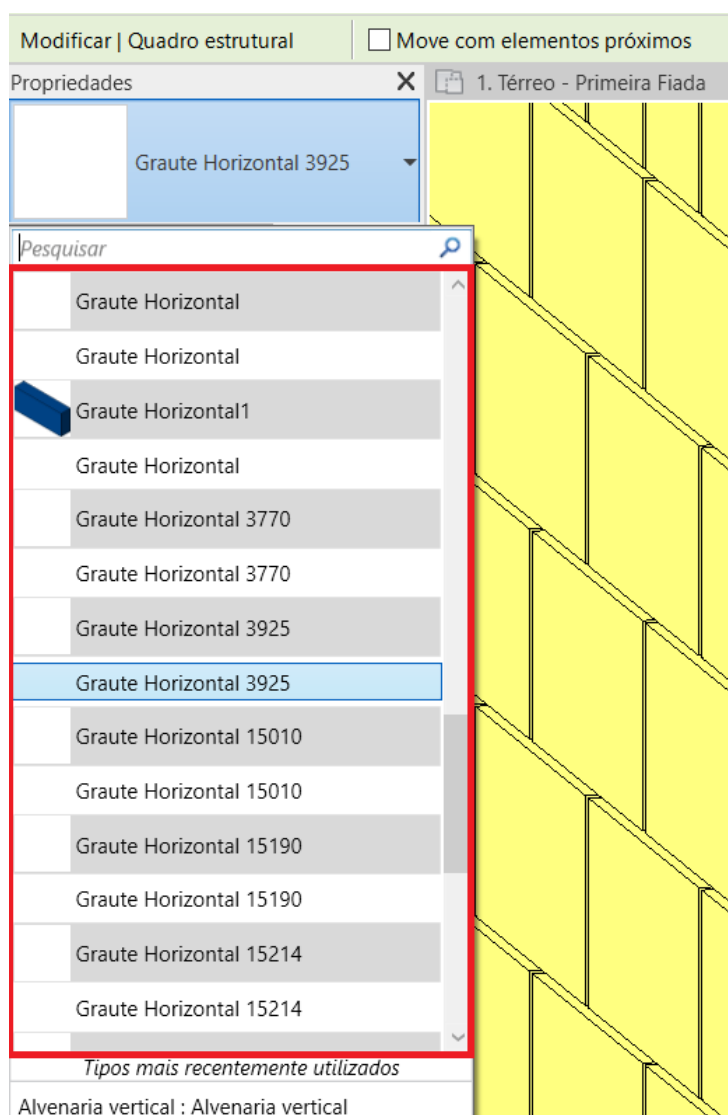
Figura 50 - Armadura inserida no graute vertical

Fonte: Elaboração própria (2022).

4.4.4.2 Graute Horizontal

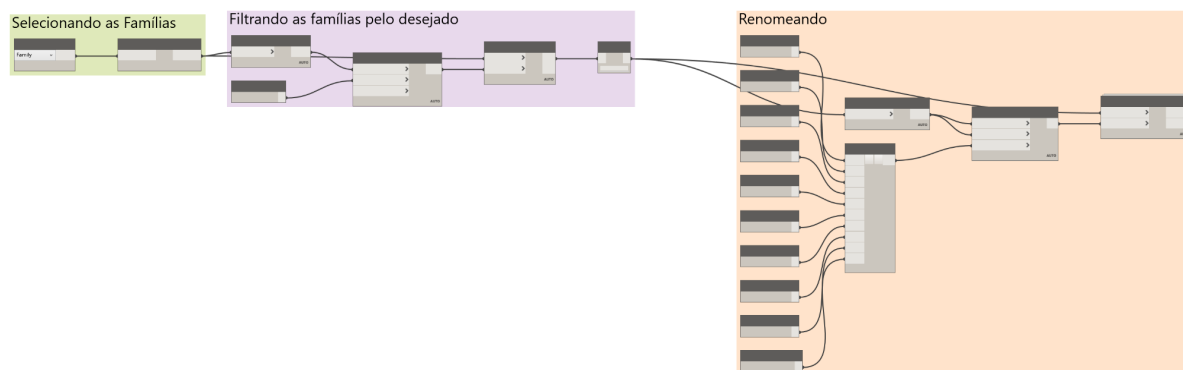
Os elementos de graute horizontal advindos do IFC são importados com nomes aleatórios, dificultando a sua filtragem no *template* desenvolvido para projetos em alvenaria estrutural, conforme Figura 51. Como forma de padronizar os nomes para que sejam filtrados e quantificados no *template*, foi utilizada a rotina de programação, expressa na Figura 52, para renomear os grautes horizontais presentes no projeto.

Figura 51 - Famílias de graute horizontal IFC



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 52 - Rotina de programação “Renomear Quadros Estruturais IFC”



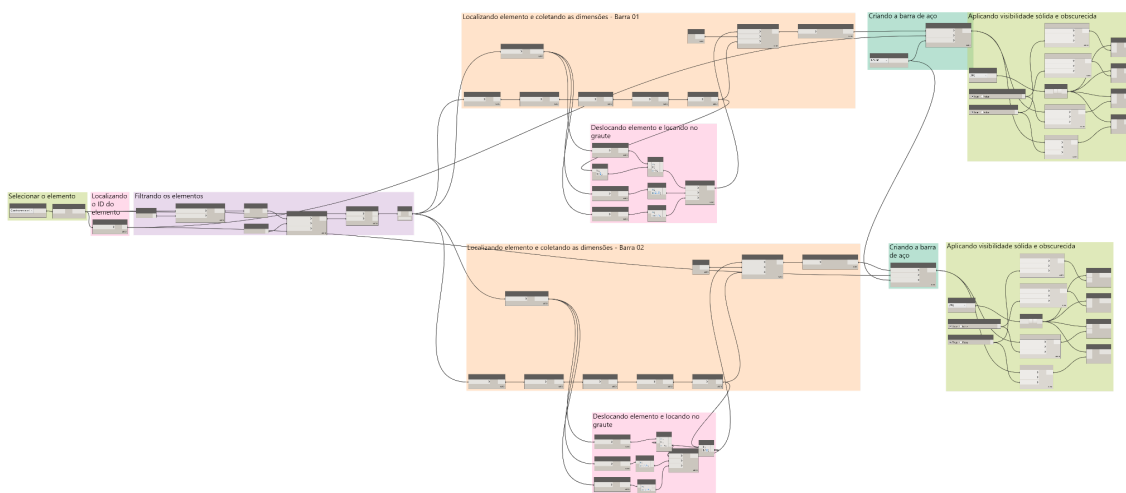
Fonte: Elaboração própria (2022).

A primeira ação a ser realizada nesta linha de programação é a seleção de todos os elementos de grautes horizontais presentes no projeto. Dessa forma, foi aplicado o nó “*All Elements Of Type*”, o qual através do “*Elements Types*” selecionado em “Quadros Estruturais”, obtém uma lista com os componentes estruturais contidos no projeto, incluindo os grautes verticais. Em seguida, é necessário realizar uma filtragem das famílias de peças estruturais horizontais através do nó “*List.FilterByBoolMask*”. Para tanto, restringiu-se àquelas que contêm “Graute Horizontal” em seu nome, de maneira a não selecionar os elementos verticais.

Com a família de elementos de graute horizontal filtrada, obteve-se o nome dos mesmos a partir do nó “*Element.Name*”. Posteriormente, com o nó “*String.Replace*”, criou-se uma nova lista, na qual se substituíram os nomes oriundos do IFC pelos nomes desejados. No entanto, essa substituição ocorreu apenas na plataforma Dynamo, não sendo aplicada diretamente às famílias de grautes. Sendo assim, houve a necessidade da aplicação do nó “*Element.SetName*”, que por sua vez atribuiu os novos nomes às famílias dos grautes horizontais no Revit.

Assim como para os grautes verticais, foi desenvolvida uma linguagem de programação, semelhante à explicada no item 4.4.4.1, para a criação automática de armaduras (Fig. 53).

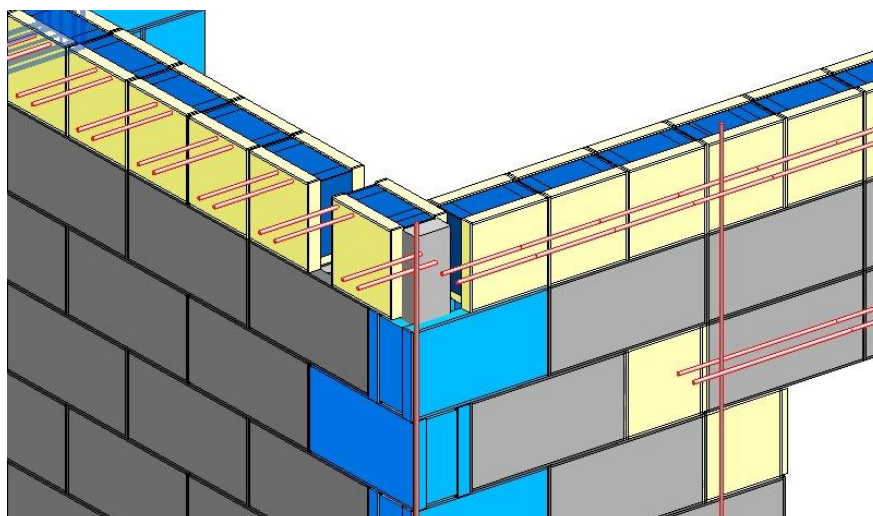
Figura 53 - Rotina de programação “Criação de Armadura para Grautes Horizontais”



Fonte: Elaboração própria (2022).

No entanto, foram aplicadas duas armaduras rotacionadas em relação ao eixo do graute horizontal, tornando a rotina de programação muito mais complexa. No entanto, identificou-se que a aplicação destas rotações não ocorreram de forma eficaz em todo o projeto, ocorrendo apenas a correta criação da armadura em relação ao eixo “X”. Os grautes horizontais inseridos na direção “Y”, conceberam armaduras ortogonais em relação ao seu eixo (Fig. 54). Assim, salienta-se que este problema não foi solucionado na aplicação dessa linguagem de programação.

Figura 54 - Armaduras inseridas no graute horizontal

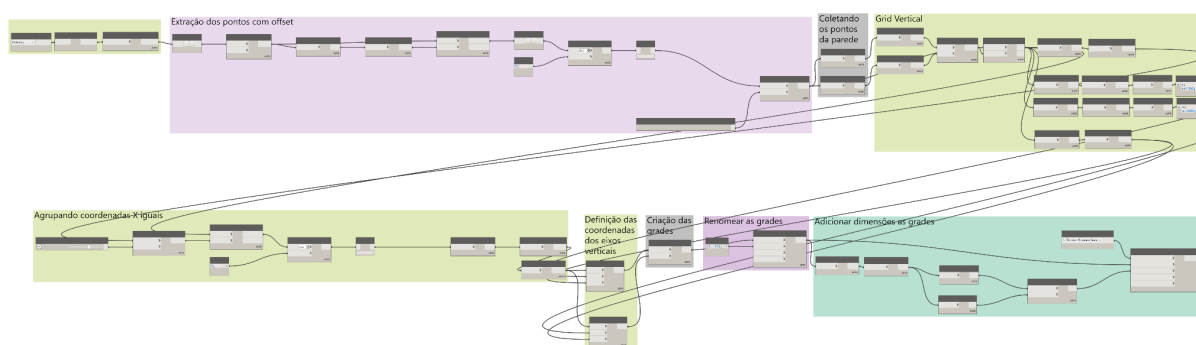


Fonte: Elaboração própria (2022).

4.4.5 Criação dos Eixos

Para facilitar a execução, é necessário utilizar os eixos como referência para a locação das paredes. Assim, para a criação dos mesmos foram elaboradas duas rotinas, uma para cada sentido. As rotinas possuem diferença apenas no sentido de rotação do eixo, conforme será discutido durante a explicação da programação abordada. Na Figura 55, é possível ver a programação utilizada para a criação de eixos verticais, semelhante à utilizada para os horizontais.

Figura 55 - Rotina de programação “Criação de Eixos Verticais”



Fonte: Elaboração própria (2022).

A primeira ação a ser realizada nesta seção é a filtragem de todas as paredes que foram criadas através da rotina desenvolvida no item 4.4.3 e a obtenção da sua respectiva localização. Esta ação foi realizada com o nó “*All elements of Category*”, a partir de “*Categories*” selecionado em “Paredes”, associado na função “*Element.GetLocation*”, nó responsável pela coleta da localização dos elementos.

Salienta-se que a localização obtida anteriormente é referente ao eixo central das paredes, com pontos iniciais e finais que coincidem com o comprimento total dos elementos. Assim, de primeiro momento, há a necessidade de realizar a coleta apenas dos pontos iniciais, estes que irão igualar o início do eixo a ser aplicado com o começo da parede selecionada. Além disso, deve-se aplicar um valor de deslocamento, com intuito de mover o ponto para a extremidade das paredes, visto que usualmente os eixos são locados na extremidade das mesmas.

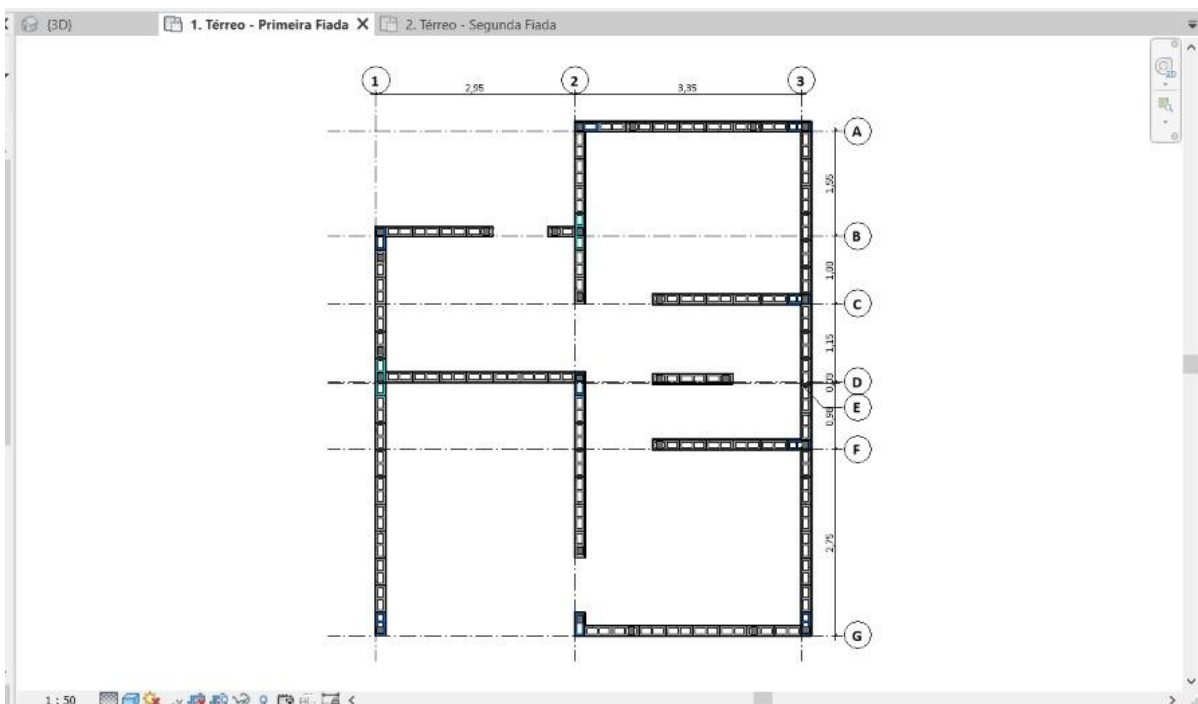
Como pode haver mais de uma parede no mesmo eixo, seja vertical ou horizontal, existe a necessidade de filtrar os pontos de forma que a programação reconheça que há mais de um componente no mesmo local, não sobrepondo os eixos. Essa filtragem irá ocorrer em dois momentos durante o desenvolvimento da programação, primeiramente para a aplicação do deslocamento e em seguida para a criação dos eixos propriamente ditos.

Para tanto, nestes dois momentos, obteve-se os pontos iniciais da curva através do nó "*Curve.StartPoint*", filtrado no "*Point.X*", componente esta que será de referência para a criação dos eixos verticais. Quando horizontais, o filtro decorrerá na componente "Y". Em seguida, foi aplicado outro filtro, a fim de agrupar todos os pontos que coincidem no eixo "X", através do nó "*List.GroupByKey*", priorizando sempre a incidência dos primeiros pontos e excluindo os demais que fossem repetidos. A partir desses pontos filtrados, foi aplicado o deslocamento no valor de "7 cm" da grade em relação ao eixo das paredes, haja visto que as mesmas contabilizam um total de "14 cm" de espessura.

Posteriormente, foram definidos os pontos de início e fim de cada eixo vertical, assim como para o horizontal, já com o deslocamento aplicado. Deste modo, foi necessário criar dois novos pontos cartesianos. Em ambos os pontos, as componentes "Z" foram mantidas de acordo com a coleta inicial da localização das paredes. No entanto, os componentes "X" e "Y", coletados anteriormente, foram manipulados de forma a manter um padrão de grade, com as extremidades padronizadas. Esses novos pontos foram aplicados na função "*Grid.ByStartPointEndPoint*", responsável pela criação dos mesmos no Revit.

Ademais, utilizando respectivamente os nós "*Grid.Renumberate*" e "*DimensionByElements*", os eixos foram enumerados e cotados através da aplicação de um eixo de referência, da curva do mesmo e da vista no qual se deve aparecer a cota. A aplicação desta etapa pode ser conferida na Figura 56.

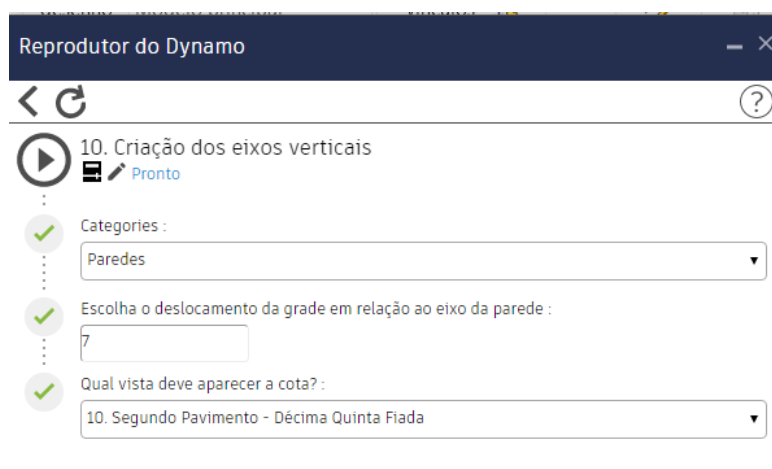
Figura 56 - Eixos aplicados no pavimento térreo



Fonte: Elaboração própria (2022).

Conforme Figura 57, são parâmetros editáveis da rotina a categoria de família que será utilizada como referência para a criação do eixo, o deslocamento do eixo em relação à essa categoria e em qual vista será aplicada a cota entre os mesmos.

Figura 57 - Aplicação da rotina criação de eixos no Reprodutor do Dynamo

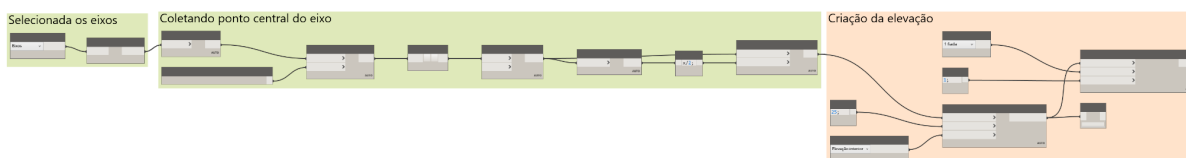


Fonte: Elaboração própria (2022).

4.4.6 Elevações

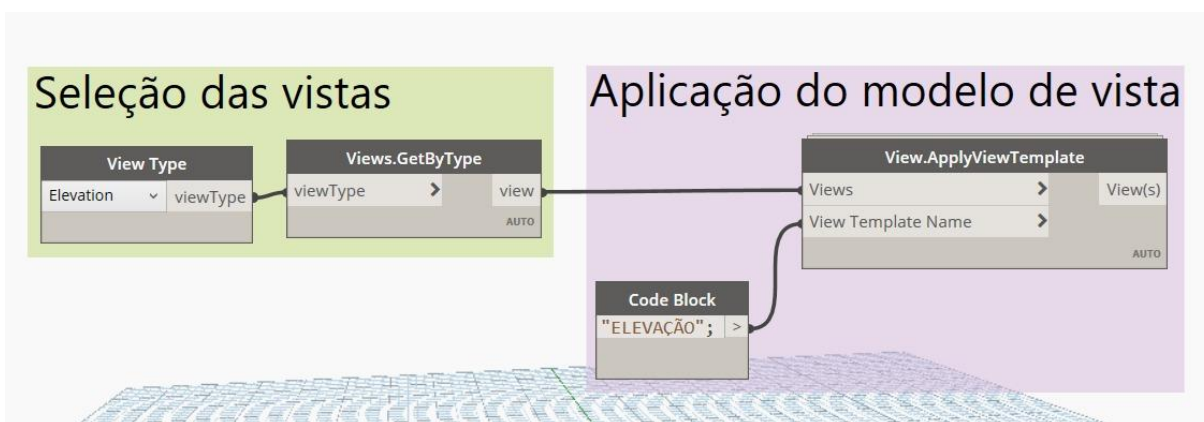
Para visualizar os detalhes construtivos de um projeto em alvenaria estrutural, é necessário obter suas elevações. Para tanto, foram utilizadas duas rotinas de programação, sendo uma para a criação da vista de elevação (Fig. 58) e outra para a aplicação do modelo de vista criado no item 4.2.2 (Fig. 59).

Figura 58 - Rotina de programação “Criação da Vista de Elevação”



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 59 - Rotina de programação “Aplicação do Modelo de Vista de Elevação”



Fonte: Elaboração própria (2022).

A primeira ação a ser realizada, na linha de programação de criação da vista de elevação, é a seleção dos eixos criados no item 4.4.4, utilizando a categoria do elemento, conforme já explicado ao longo do trabalho, uma vez que os mesmos servirão como base para a criação das elevações.

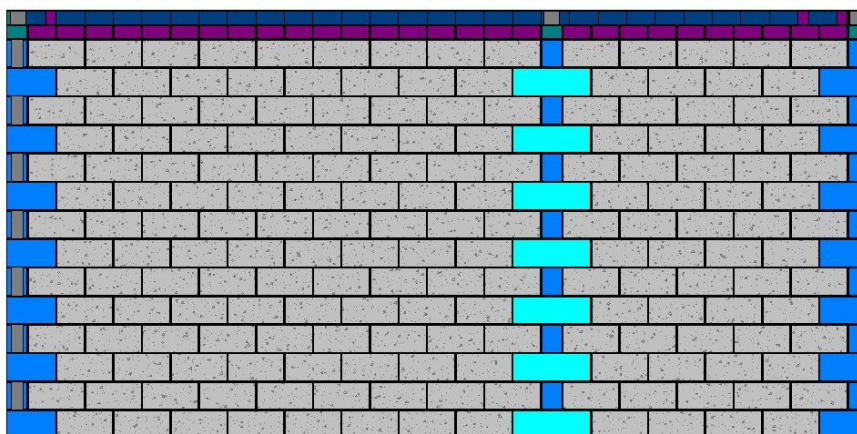
Assim sendo, através do nó “*Grid.Curve*”, obteve-se a curva de cada eixo presente no projeto, contendo os pontos de início e fim. Em seguida, por meio destes pontos obteve-se o comprimento total da curva, parâmetro este usado para a

criação das elevações. No Revit, as elevações são tratadas como um corte. Logo, é necessário deslocar a curva que criará a elevação para que não corte a parede desejada, mostrando assim, o perfil por completo da vista. Para tanto, aplicou-se “5 cm” de deslocamento da elevação em relação ao eixo aplicado no projeto por meio do nó “*Curve.Ofsset*”.

Assim, criou-se a elevação utilizando os pontos centrais da curva deslocada, a escala e o tipo de família de elevação desejada no nó “*ElevationMarker.CreateElevationMarker*”. Na sequência, aplicou-se o tipo de elevação “Apresentação arquitetônica em elevação”.

Por fim, de modo a inserir o modelo de vista para elevações, foram selecionadas todas as vistas de elevação do projeto seguida da utilização do nó “*View.ApplyViewTemplate*”. Na Figura 60, é possível conferir a elevação de um das paredes e a diferenciação de cor pelo tipo de bloco estrutural utilizado, após a aplicação das rotinas.

Figura 60 - Aspecto das elevações após a aplicação da rotina

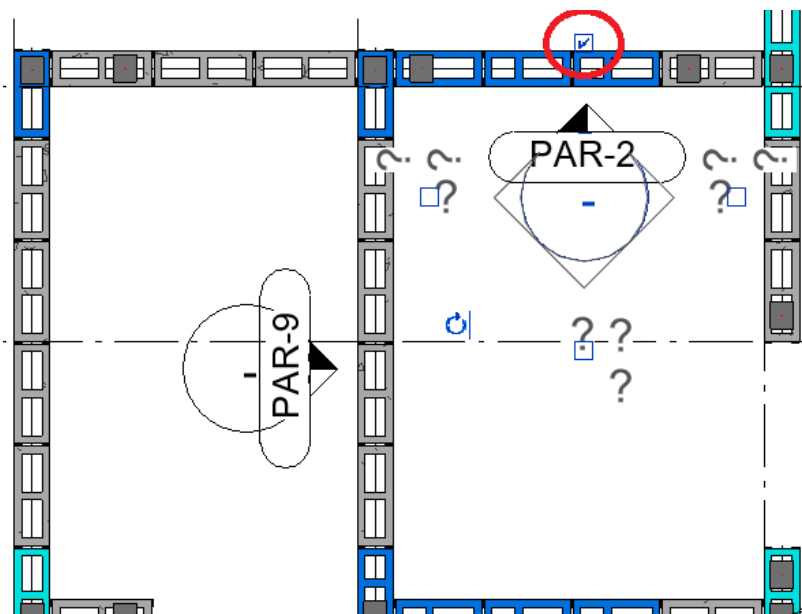


Fonte: Elaboração própria (2022).

Salienta-se que nesse tipo de elevação aplicada, fica a cargo do projetista analisar após execução da rotina de programação, a direção na qual se deseja obter a vista. Ao verificar que a elevação não está no sentido da parede desejada, basta trocar a opção no símbolo de elevação da respectiva parede, conforme Figura 61.

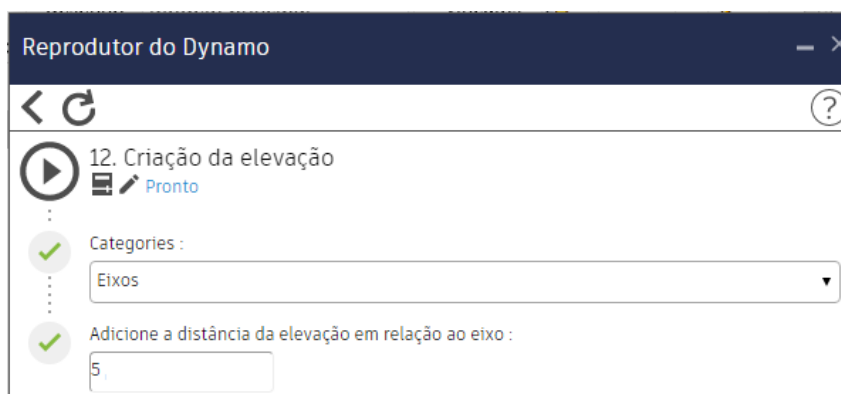
Além disso, ao executar a rotina através do “Reprodutor do Dynamo” (Fig. 62), é possível que o autor altere alguns parâmetros conforme a necessidade do projeto, como a categoria de elemento que servirá de referência para a criação da elevação e qual será a distância da mesma em relação a esse elemento.

Figura 61 - Ajuste de direção da vista de elevação



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 62 - Aplicação da rotina criação das elevações no Reprodutor do Dynamo

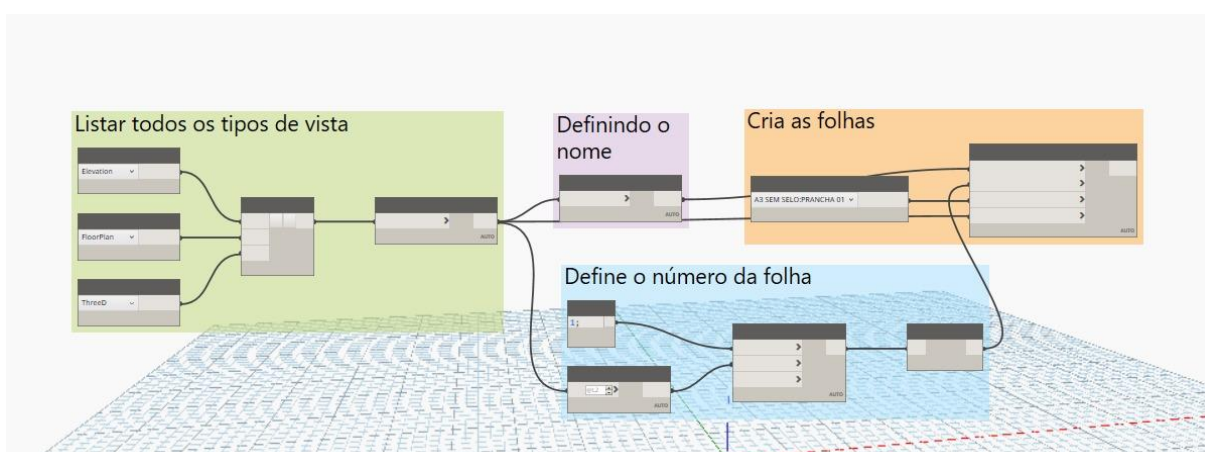


Fonte: Elaboração própria (2022).

4.4.7 Criação das folhas do caderno de projeto executivo

Para a geração de um caderno de projeto executivo, no qual cada folha contém uma prancha do projeto, foi realizada a linha de programação expressa na Figura 63.

Figura 63 - Rotina de programação “Criação da Folhas”



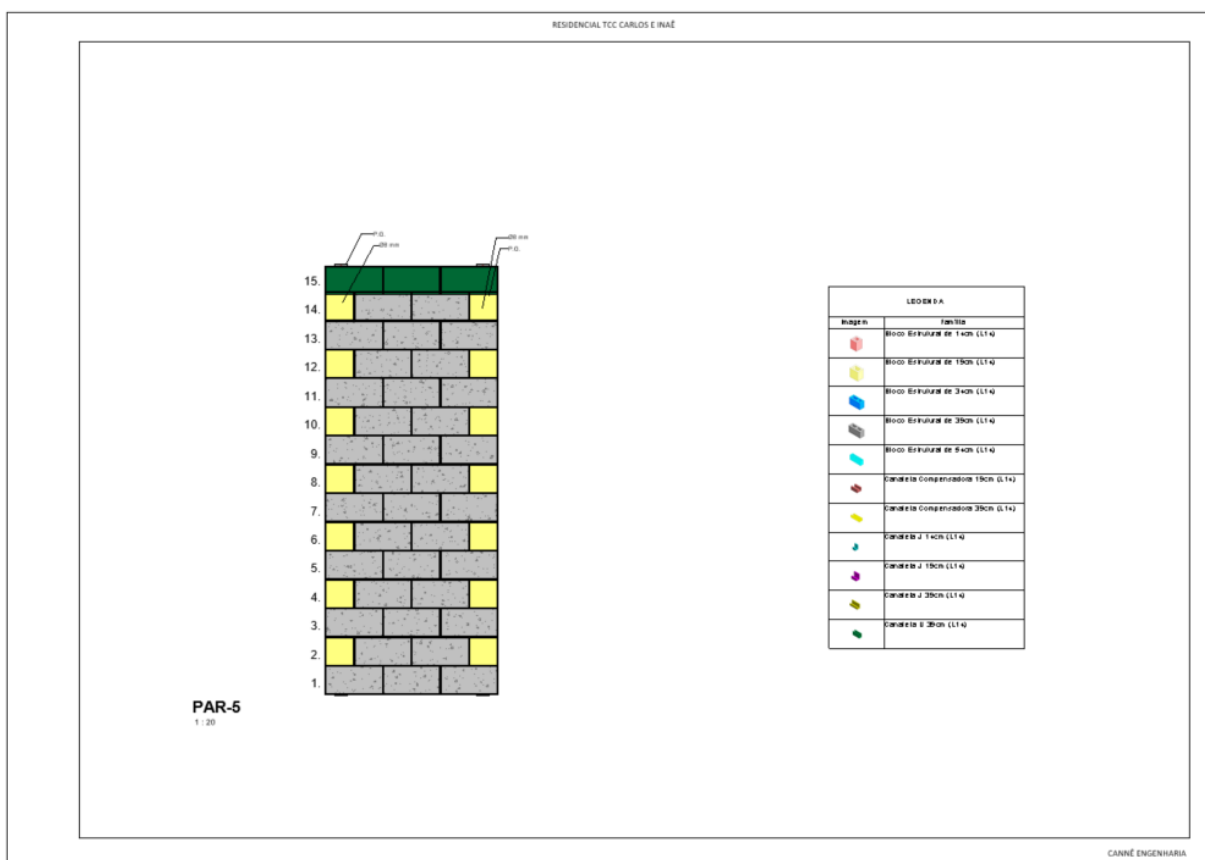
Fonte: Elaboração própria (2022).

Inicialmente, foi utilizado o nó “*View.GetByType*”, responsável por selecionar todas as vistas que compõem o projeto a partir do seu “Tipo”, sendo ele de planta baixa, elevação ou 3D. Para seleção do “Tipo” foi aplicado o nó “*View.Type*”, e agrupado a partir do nó “*List.Create*”.

Na sequência, obteve-se o nome de cada vista através do nó “*Element.Name*” e definiu-se o número de cada prancha por meio da função “*Sequence*”, que cria uma sequência de números ao contabilizar o número de vistas contidas no projeto.

Por fim, com o nó “*Sheet.ByNameNumberTitleBlockAndView*”, foi criada a folha (Fig. 64) a partir da lista de vistas, os nomes e números, e a família de prancha desejada, utilizando o nó “*Family.Type*” selecionado na família de folhas “A3”.

Figura 64 - Criação da folha

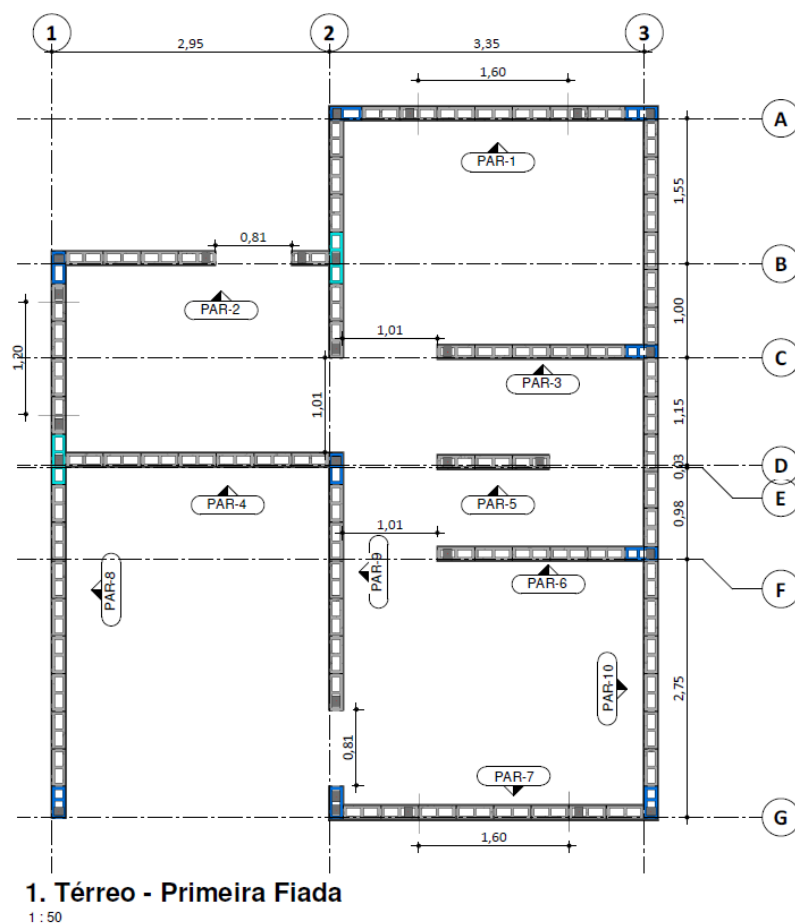


Fonte: Elaboração própria (2022).

4.5 Itens complementares à padronização de projetos em alvenaria estrutural

Após a aplicação de todas as rotinas realizadas, de acordo com a ordem expressa no item anterior, foram realizados alguns ajustes manuais para finalizar o projeto de alvenaria estrutural. Iniciou-se os ajustes através da colocação dos nomes nas paredes da planta baixa, utilizando a TAG “Identificador de Parede Estrutural” criada no item 4.2.4. Foi utilizado como padrão a nomeação de cima para baixo e da esquerda para direita, iniciando em “PAR-1”, de acordo com a Figura 65. Também foram realizadas cotas nas aberturas.

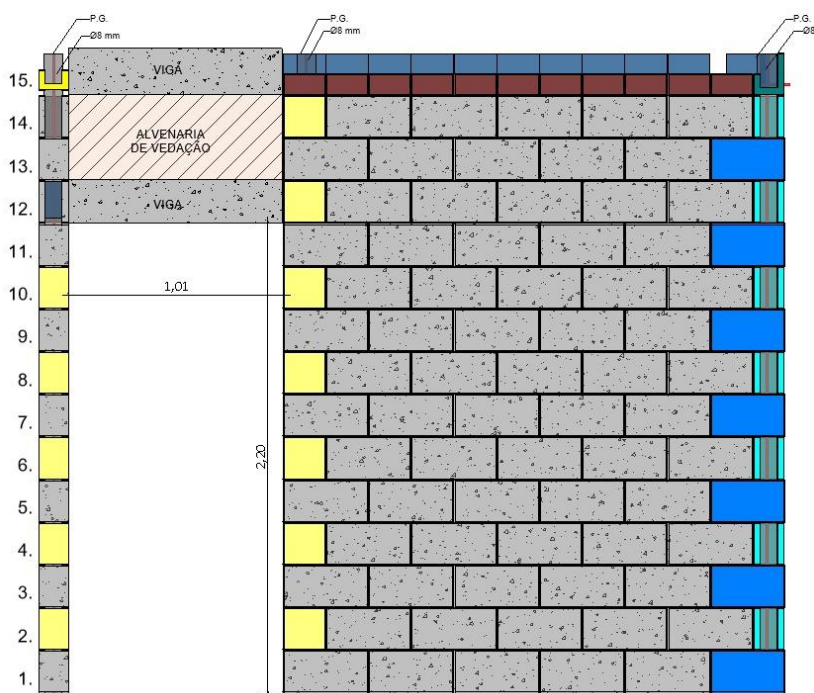
Figura 65 - Ajustes na planta baixa



Fonte: Elaboração própria (2022).

Em seguida, foram renomeadas as elevações conforme o nome de sua respectiva parede. Para cada elevação (Fig. 66), foi ajustado o seu campo de visibilidade e realizado as cotas nos locais das esquadrias, caso a elevação contenha. Além disso, foram inseridos os números de fiada e os identificadores de graute e aço vertical, também elaborados no item 4.2.4. Por fim, foram aplicadas regiões de preenchimento estrutural, referente a viga, e de alvenaria de vedação acima dos locais nos quais receberam portas.

Figura 66 - Elevação após ajustes finais



Fonte: Elaboração própria (2022).

Por fim, ajustou-se a vista isométrica, na qual pode ser realizada no plano de vista 3D do próprio Revit. Para tanto, basta selecionar no próprio cursor 3D qual direção isométrica será desejada para a aplicação da vista.

4.6 Análise e discussão dos resultados

Atualmente o mercado de trabalho exige projetos com uma gama de informações maiores e coerentes com a realidade a ser edificada. Para tanto, inseriu-se o conceito BIM, ou seja, a construção virtual. Este que, de acordo com o Guia de Processo de Projeto BIM da ABDI (2017), é tido como ferramenta para o desenvolvimento de projetos cuja todas as informações pertinentes à edificação estejam contidas.

“O primeiro passo para uma bem-sucedida transição entre o processo tradicional de projeto e a tecnologia BIM é a compreensão do conceito de projeto e construção virtual.” (Guia de Processo de Projeto BIM da ABDI, 2017, p. 8)

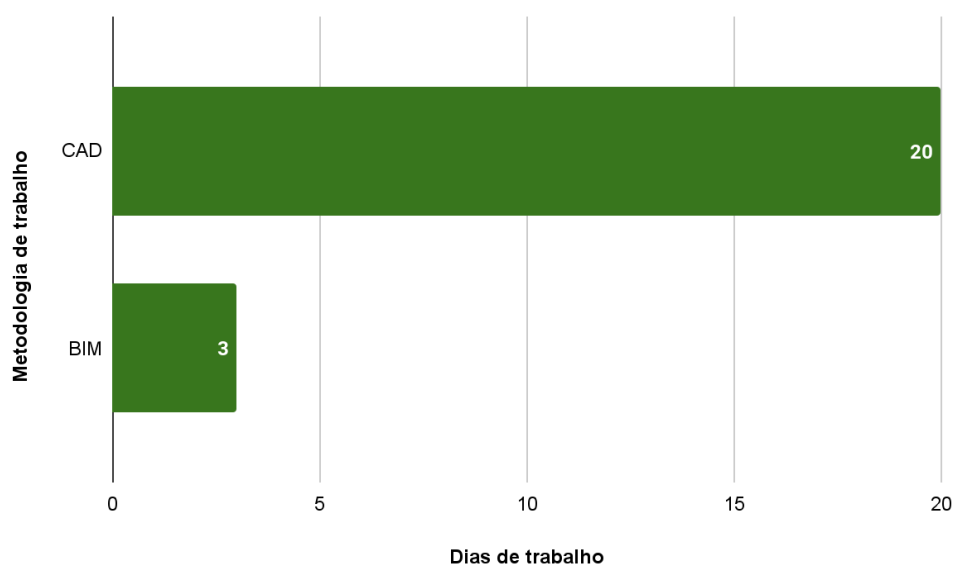
Assim, o presente trabalho demonstrou o desenvolvimento de uma metodologia de otimização para projetos em alvenaria estrutural em BIM, com base nos apontamentos feitos por Klauss (2014) referente aos processos característicos da concepção dos mesmos empregando a metodologia CAD. Através do trabalho desenvolvido pela mesma, o qual se baseava na padronização gráfica, por meio da metodologia CAD, de projetos oriundos do *software* TQS Alvest, foi realizado um levantamento dos itens os quais poderiam gerar erros ou acarretar na falta de informações ao final do projeto, bem como àqueles que implicam no aumento do tempo de produção projetual. Desta forma, elencou-se os pontos nos quais deveriam ser demandados esforços para as otimizações dos processos dentro de uma metodologia de trabalho voltada aos *softwares* BIM, através da explanação de seus conceitos e funcionalidades.

A implementação do BIM nos projetos de alvenaria estrutural se fez necessário, portanto, para garantir a qualidade dos projetos e possibilitar a confiabilidade dos benefícios contidos na teoria do sistema construtivo abordado neste trabalho. Ainda de acordo com o Guia de Processo de Projeto BIM da ABDI (2017), o processo de projeto BIM se diferencia do desenvolvimento de projetos em CAD por diversos fatores, destacando-se o fato da compatibilização ocorrer antes da apresentação dos documentos finais e o levantamento de dados quantitativos, esses que possibilitam uma minimização dos erros de orçamentos e aditivos de serviços. Os apêndices A e B demonstram o nível de detalhamento presente nos projetos desenvolvidos nas tecnologias, respectivamente, CAD e BIM, demonstrando a diferença de qualidade e informação contidas/coletadas através de cada projeto.

O alcance da eficiência nas otimizações de refinamento gráfico, em *softwares* BIM, nos projetos de alvenaria estrutural produzidos em *softwares* de dimensionamento estrutural, deu-se através da aplicação do *template* junto à linguagem de programação visual. No entanto, enfatiza-se que após a aplicação da metodologia CAD e BIM no mesmo projeto, verificou-se que os procedimentos desenvolvidos neste trabalho permitiram que o projeto fosse desenvolvido em um menor período de tempo, de acordo com o Gráfico 1, quando comparados ao refinamento gráfico realizado através de *softwares* CAD. Destaca-se que estes dados são oriundos da experiência dos autores deste trabalho e embasados na elaboração do mesmo projeto, o qual o resultado da padronização BIM se encontra

no Apêndice B. Assim, salienta-se que não apresentam um grande rigor científico. Além disso, a aplicação deste procedimento agregou uma melhor qualidade de apresentação das vistas, com maior número de detalhes. Salienta-se também que todos os produtos criados neste trabalho, desde os itens desenvolvidos no *template* até as rotinas de programação visual, precisaram ser testados no modelo para verificar seu funcionamento. Através destes testes foram verificadas a veracidade das otimizações e apontados os itens que necessitavam de melhorias.

Gráfico 1 - Dias de trabalho necessários para realizar o refinamento gráfico em cada metodologia

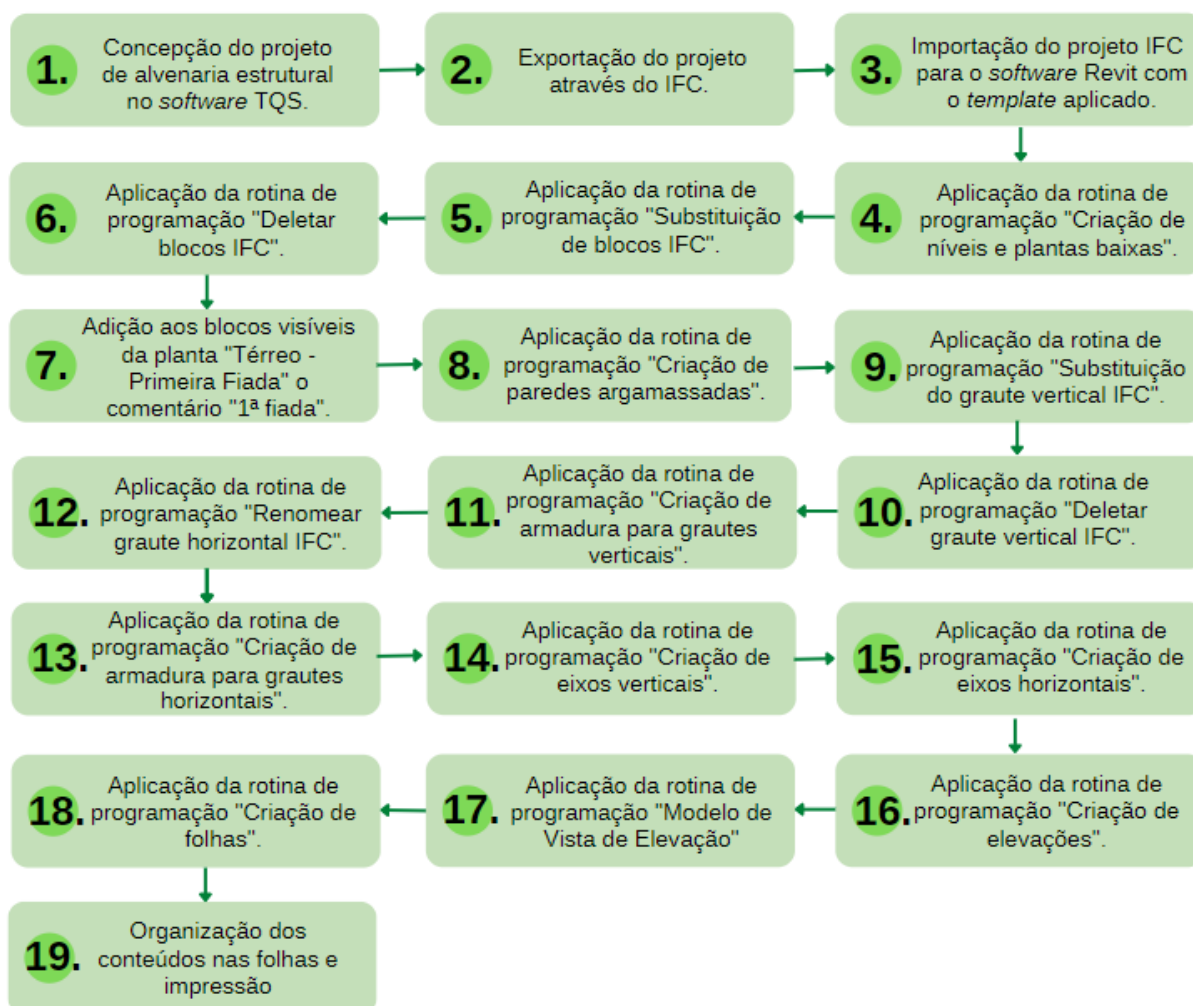


Fonte: Elaboração própria (2022).

Destaca-se que a elaboração dos componentes envolvidos no procedimento de otimização, sendo eles o *template* e as rotinas em Dynamo, demandaram uma grande carga de trabalho, excepcionalmente pela complexidade das programações. No entanto, o emprego destes agregou benefícios à padronização gráfica desenvolvida em *softwares* BIM, em virtude do aumento na coleta de informações, da velocidade de modelagem e do levantamento de dados quantitativos. Enfatiza-se que a realização do procedimento, independente do projeto a ser refinado, ocorrerá de forma mais rápida, visto que basta seguir as

etapas apresentadas na Figura 67, uma vez que o maior emprego de tempo está relacionado a criação dos itens supracitados e não diretamente no uso dos mesmos.

Figura 67 - Etapas para aplicação do refinamento gráfico em BIM

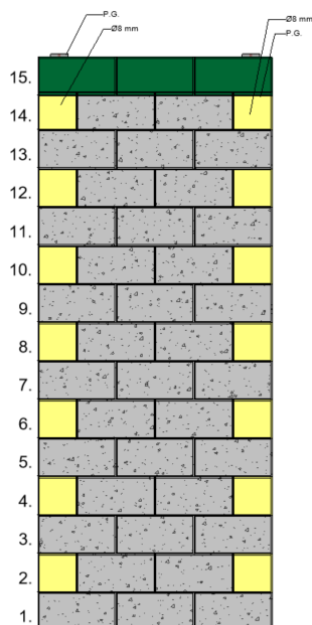


Fonte: Elaboração própria (2022).

Com a utilização do Revit a criação das vistas de corte, vistas 3D, elevações e chamadas de detalhe ocorrem de maneira facilitada, mesmo quando desenvolvidos manualmente. Não obstante, buscou-se acelerar ainda mais os processos, como por exemplo a implementação de uma rotina Dynamo para criação de elevações, item esse que auxilia para a compreensão de pontos críticos do projeto e permite a melhor visualização dos elementos que compõem a alvenaria

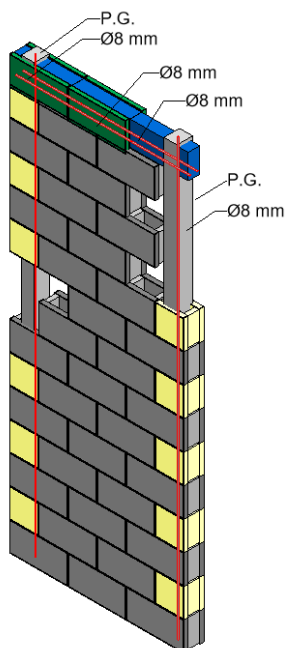
estrutural. As Figura 68 e Figura 69 mostram a elevação e a vista isométrica de uma parede desenvolvida neste trabalho.

Figura 68 - Vista de elevação de uma parede no software Revit



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 69 - Vista isométrica de uma parede no software Revit



Fonte: Elaboração própria (2022).

Com a finalização da elaboração dos itens mencionados ao longo deste trabalho e sua devida aplicação, este se mostrou eficiente perante ao desenvolvimento da padronização gráfica de projetos em alvenaria estrutural em *softwares* BIM. Isso devido ao ganho de tempo, o ganho de informação e a apresentação sistemática dessas informações, bem como a coleta de dados quantitativos que auxiliam no processo de orçamentação de um empreendimento, meios proporcionados devido a proximidade da construção virtual à real, o que garante a fácil identificação de cada elemento. No entanto, verificou-se que o processamento de algumas rotinas Dynamo se mostraram inviáveis diante da capacidade da máquina na qual este trabalho foi realizado, para tanto Farias (2021) argumenta que a substituição da máquina por uma cuja capacidade de processamento seja maior garantiriam a resolução deste problema.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da alvenaria estrutural ser um método construtivo eficiente por ser considerada uma opção econômica e de baixo desperdício, foi evidenciado neste trabalho que o sistema requer um mão de obra qualificada no que tange a sua elaboração projetual. Através de projetos com baixo nível de detalhamento e falhas projetuais, aliado a utilização de *softwares* 2D que dificultam a coleta de informações para a execução destes projetos, torna-se necessária a implementação do *Building Information Modeling* (BIM). Por este motivo, acreditou-se ser importante encontrar meios que otimizem o desenvolvimento de projetos de alvenaria estrutural, de forma a obter uma gama de informações condizentes com a realidade a ser edificada, nesta tecnologia.

Diante disso, o objetivo geral desta pesquisa foi elaborar uma metodologia de trabalho empregando rotinas de programação em Dynamo que otimizem o desenvolvimento de projetos de alvenaria estrutural, visando explorar os benefícios da metodologia BIM. Para tanto, foi desenvolvido um projeto no *software* TQS Alvest e coletado suas informações. Em seguida foi elaborado um *template* e as famílias envolvidas nos projetos em alvenaria estrutural, assim como métodos de otimização de processos projetuais através do Dynamo. Por fim, foi aplicado o *template*, bem como as rotinas de programação, para analisar os resultados obtidos.

O processo de desenvolvimento deste trabalho se deu por meio da formulação de um projeto de uma residência unifamiliar no *software* TQS Alvest, que em seguida foi exportado no formato IFC para o *software* Autodesk Revit, este pertencente à metodologia BIM. Com esse intuito, criou-se um *template* com configurações pré-definidas para projetos de alvenaria estrutural, estas que envolvem as famílias (que foram criadas no editor de famílias do Revit), os modelos de vistas, as tabelas quantitativas e *tags* identificadoras de elementos. Em seguida, elaborou-se rotinas de programação visual por intermédio do Dynamo, para padronizar e organizar as informações advindas do arquivo IFC. Com essa finalidade, desenvolveu-se rotinas que de maneira geral abrangesse a criação dos níveis e planta de piso, a substituição dos elementos estruturais até a criação de elevações e folhas.

Através da aplicação do *template* e das rotinas de programação, pôde-se verificar suas funcionalidades, bem como concluir que boa parte do tempo demandado para a elaboração deste trabalho está envolvida neste processo. No entanto, enfatiza-se que este tempo não tem influência sobre a aplicação na padronização dos projetos nos *softwares* BIM, uma vez que estes arquivos serão utilizados como base para diversos projetos. Além disso, foi constatado que houve dificuldade na execução de algumas rotinas por conta da configuração da máquina utilizada, embora possa ser corrigido facilmente através da substituição da mesma.

Acredita-se que, além de aumentar a eficiência na padronização de projetos, o desenvolvimento dos mesmos utilizando o *template* Revit e as rotinas de programação Dynamo contribuíram na redução do tempo de elaboração e no aumento da qualidade da documentação final. Isso aconteceu devido ao fato de as famílias terem sido elaboradas conforme a realidade comercializada atualmente, os modelos de vistas terem sido pré-configurados e a facilidade de se gerar cortes, vistas 3D, elevações e demais detalhes no Revit. Assim, esses projetos beneficiam a compreensão deste sistema construtivo por conta dos detalhes proporcionados pela tecnologia BIM.

Portanto, ressalta-se a importância da aplicação da metodologia BIM, no que tange o desenvolvimento de projetos de alvenaria estrutural, para garantir o aumento da produtividade e qualidade das informações coletadas, com enfoque na aplicação de *template* e programações visuais que auxiliam na criação dos mesmos. Diante disso, espera-se que o corpo técnico compreenda os benefícios e busque inserir a tecnologia BIM na rotina de trabalho dos escritórios de engenharia, garantindo assim, documentações com informações coesas em um projeto de qualidade em um menor tempo de elaboração.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

De modo a sugerir futuras pesquisas, recomenda-se a realização de um trabalho comparativo entre um projeto de alvenaria estrutural, advindo do *software* TQS Alvest, que tenha suas padronizações gráficas realizadas através do *software* AutoCAD e Revit, com o objetivo de averiguar o tempo necessário para o desenrolar desta ação, assim como o resultado coletado de ambos.

Além disso, também se propõe a resolução do problema encontrado na criação de barras de aço presentes nos grautes horizontais e o desenvolvimento de novas rotinas de programação que complementem a padronização gráfica dos projetos desse sistema construtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Processo de Projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2017. Disponível em:

<https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/#/conteudo/9>. Acesso em: 24 novembro de 2022.

ALVES, William. **Projetos de Alvenaria Estrutural em BIM**. Disponível em:

<https://projetarbim.com/blog/projetos-de-alvenaria-estrutural-em-bim-GVW6104>. Acesso em: 16 de novembro de 2022.

ANDRADE, Ludmila Santos. **Algoritmo para alvenaria estrutural em um sistema BIM**. 92f. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2017.

Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/179744/001051509.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13281: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16868-1: alvenaria estrutural - projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16868-2: alvenaria estrutural - execução e controle de obras**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

AutoDESK. **Revit para projetos arquitetônicos**. Disponível em:

<https://www.autodesk.com.br/products/revit/architecture>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

BISPO, Laiz Stephanie Rosa. **Projeto de alvenaria estrutural - análise de um projeto em alvenaria residencial unifamiliar**. 108f. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil) – Uniavangélica, Anápolis, 2018.

Disponível em:

http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/888/1/20182_TCC_LaizStephanie.pdf. Acesso em: 14 de maio de 2022.

BETIM, L.; GERONAZZO, L.; JUNIOR, C.. **Estudo da viabilidade da aplicação de resíduos de gesso em blocos de concreto para melhoria de propriedades termo-acústicas**. 77f. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Produção Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Disponível em:

https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8411/3/CT_EPC_2013_1_20.pdf. Acesso em: 15 de maio de 2022.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Bloco Cerâmico**, 2001. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

CEZAR, Ricardo Teixeira Almeida. **Estimativa inicial de custos através de características geométricas, programação visual por algoritmo e BIM**. 117f. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017. Disponível em: <http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/BIM%20para%20Estimativa%20de%20Custos%20com%20Programa%C3%A7%C3%A3o%20Visual.pdf>. Acesso em: 28 de abril de 2022.

CHUCK, E.; PAUL, T.; RAFAEL, S.; KATHLEEN, L. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 9788582601181. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582601181/> . Acesso em: 28 de abril de 2022.

DOMINGUES, Luiz Fernando. **Melhoria da qualidade do processo de projeto com o uso do bim: estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/a03f3aab-1e9f-46f3-914c-65b68fa48175/LuizFernandoDomingues%20-%20PI.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2022.

FARIAS, Victor Igor Barros. **Desenvolvimento de uma ferramenta para auxílio ao estudo de viabilidade técnica utilizando dynamo aplicado a projetos de edifícios residenciais**. 87f. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354424049_DESENVOLVIMENTO_DE_UM_A_FERRAMENTA_PARA_AUXILIO_AO_ESTUDO_DE_VIABILIDADE_TECNICA_UTILIZANDO_DYNAMO_APLICADO_A_PROJETOS_DE_EDIFICIOS_RESIDENCIAIS. Acesso em: 23 de maio de 2022.

FILHO, José Américo Alves Salvador. **Blocos de concreto para alvenaria em construções industrializadas**. 246f. 2007. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-29012009-104204/publico/2007DO_JoseAmerico.pdf. Acesso em: 15 de maio de 2022.

FRANCIS, A. J.; HORMAN, C. B.; JEREMS, L. E. **The effect of joint thickness and other factors on the compressive strength of brickwork**. In: International Brick Masonry Conference, 2., 1971, Stoke-on-Trent, England. Proceedings. Stoke-on-Trent, British Ceramic Research Association, Inglaterra, 1971.

FRANCO, Luiz Sergio; BARROS, Mercia Maria B.. **Alvenaria estrutural: Conceito Básicos e Histórico**. 2º semestre de 2020. Apresentação do Power Point.

Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5606064/mod_resource/content/2/PCC%203504%20Topicos%20especiais%20aula%202a-2020%20-Hist%C3%B3rico%20de%20Uso%20-%20Vantagens.pdf. Acesso em: 14 de maio de 2022.

GONÇALVES JUNIOR, Francisco. ALTOQI. **BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia**. Disponível em:

<https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

KENSEK, K. **Building Information Modeling (BIM) - Fundamentos e Aplicações**.

Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. 9788595153011. Disponível em:

<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595153011>. Acesso em: 28 de abril de 2022.

KLAUSS, Ana Paula. **Manual de qualidade para desenvolvimento de projetos de paginação de alvenaria estrutural**. 2014. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Construção de Edifícios) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

LEPKALN, C. E; ROSA, I.; BRANDÃO, M. **Experiência de Projeto de Instalações Hidrossanitárias em BIM durante o Ensino não Presencial**. In: Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, 2., 2021. Porto Alegre: ANTAC, 2021. DOI:

10.46421/sispred.v2i.1103. Disponível em:

<https://eventos.antac.org.br/index.php/sispred/article/view/1103>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

LIMA, J.; MUSSI, A.; SILVA, T.; ZARDO, P.; **Designers of the XXI century: BIM software programming and the development of new competencies**, p. 538-545 .

In: . São Paulo: Blucher, 2018.ISSN 2318-6968, DOI 10.5151/sigradi2018-1444.

Acesso em: 23 de maio de 2022.

MACHADO, Maurício da Silva. **Projeto de alvenaria estrutural desenvolvido em bim – um estudo de caso: edifício de alvenaria estrutural**. 2017. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/179744/001051509.pdf?sequence=1>. Acesso em: 30 de maio de 2022.

MARTINS, João Pedro Poças; MONTEIRO, André. **Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação**. In: International Conference on Engeneering. 2011.

Covilhã. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/69849>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

MOHAMAD, Gihad. **Construções em alvenaria estrutural: materiais, projetos e desempenho**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2020.

NETTO, Cláudia C. **AUTODESK® REVIT® ARQUITETURA 2020 - CONCEITOS E APLICAÇÕES**. São Paulo: Editora Saraiva, 2020. 9788536532929. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536532929/>. Acesso em: 22 de maio de 2022.

PRUDÊNCIO, Luiz; OLIVEIRA, Alexandre; BEDIN, Carlos. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Florianópolis: Pallotti, 2002.

RAMALHO, Marcio Antonio; CORRÊA, Márcio Roberto Silva. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2003.

RIZZATTI JUNIOR, Eduardo. **Modulação, paginação e cálculo de um edifício em alvenaria estrutural**. 87f. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_EDUARDO%20RIZZATTI%20JUNIOR.pdf. Acesso em: 15 de maio de 2022.

ROMAN, Humberto Ramos; MUTTI, Cristine Nascimento; ARAÚJO, Hércules. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: UFSC, 1999.

SABBATINI, Fernando Henrique. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária**. 320f. 1984. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-24082017-091234/publico/FernandoHenriqueSabbatini_D.pdf. Acesso em: 09 de maio de 2022.

SENA, Paulo César Peixoto de. **Automação de processos de projeto e programação em BIM: Dynamo, Python e C#**. 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidad de São Paulo, São Carlos, 2019. doi:10.11606/D.102.2020.tde-12032020-144132. Acesso em: 23 de maio de 2022.

SILVA JÚNIOR, José Pereira da. **Sobre a viabilidade técnica do uso de alvenaria estrutural: estudo de caso simulado em uma residência unifamiliar de dois pavimentos**. 128f. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Disponível em: <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/6502>. Acesso em: 30 de maio de 2022.

SATO, Daniel; SANTOS, Valéria Marcatti do. **A Tecnologia BIM Aplicada nos Projetos de Alvenaria Estrutural**. 26f. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil) - Centro Universitário de Itapira. Disponível em: <http://rangelage.com.br/wp-content/uploads/2019/06/TCC-Tecnologia-BIM-nos-projetos-de-Alvenaria-Estrutural-5d0d135f0deab.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2022.

TAUIL, Carlos; NESE, Flavio. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

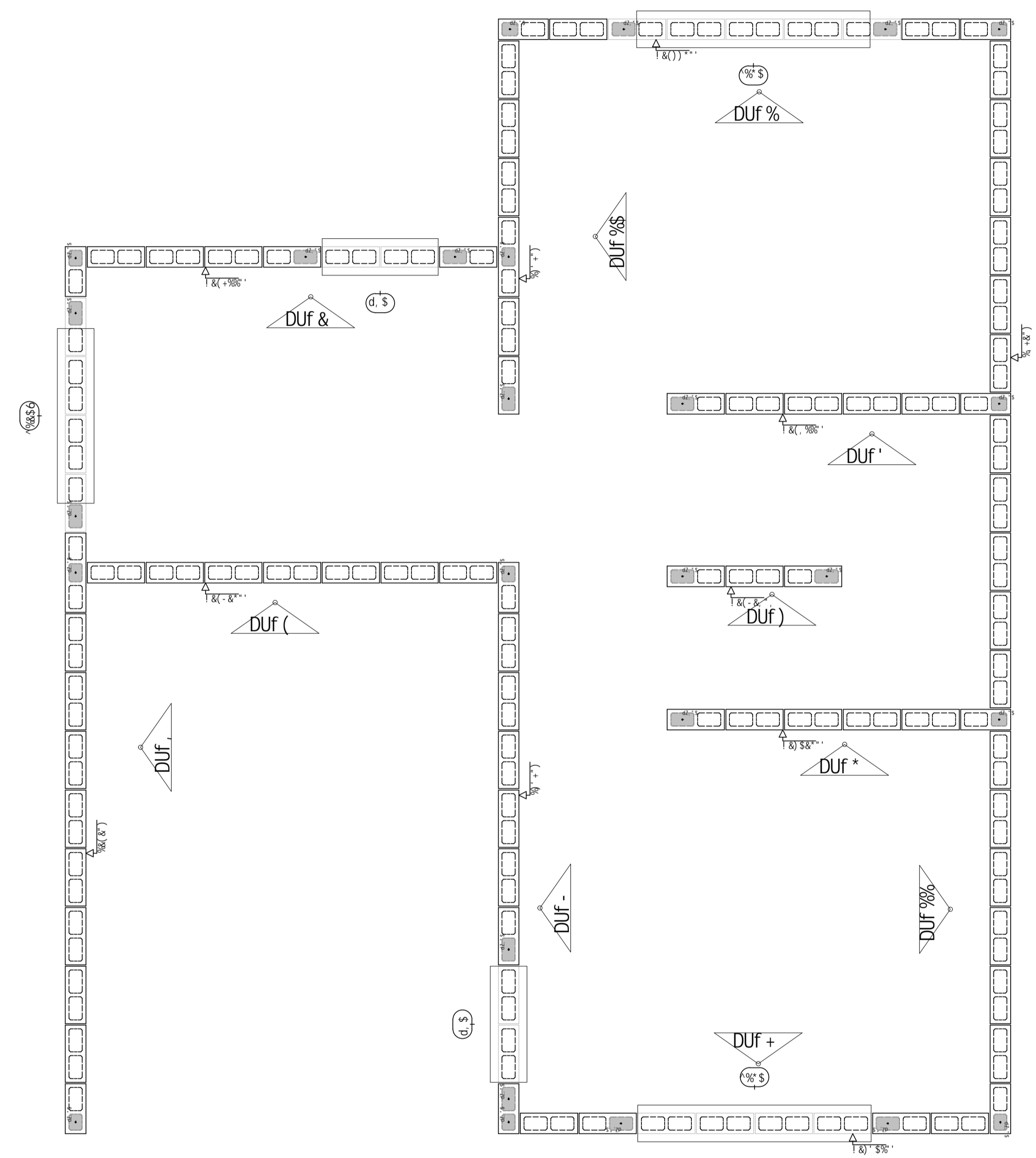
TQS. **Alvest**. Disponível em: <https://www.tqs.com.br/systems/alvest-pleno/e1tpss8de5>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

VIEIRA, Ricardo de Souza. **Estudo de argamassas industrializadas para assentamento de alvenaria estrutural de bloco de concreto**. 86f. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em:
https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1526/TCC-Ricardo_de_Souza_Vieira.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 28 de abril de 2022.

**APÊNDICE A – DESENVOLVIMENTO DO PROJETO UNIFAMILIAR NO
SOFTWARE TQS ALVEST**

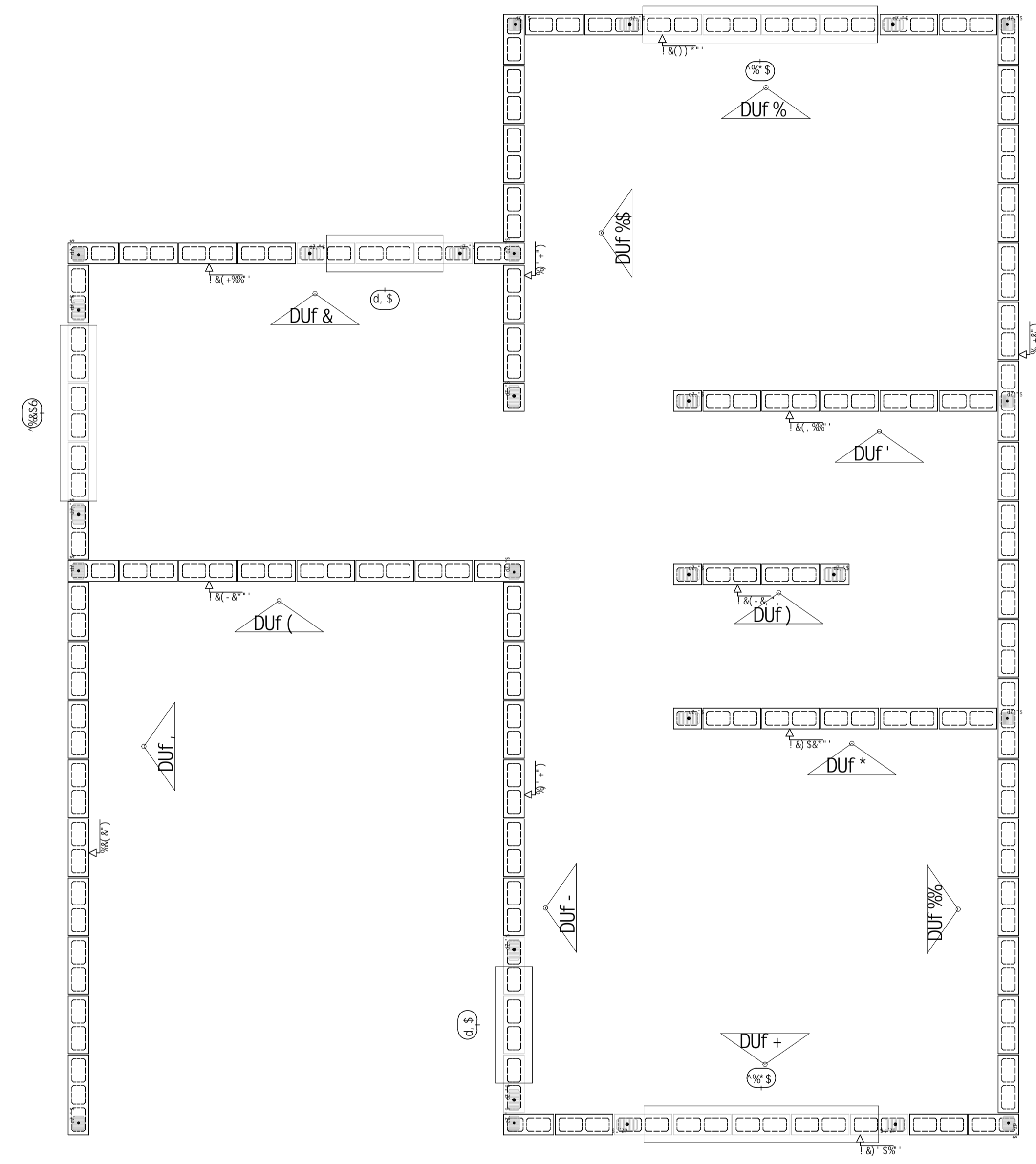
8YgYb\c' XY' Z] UXU'] adUf' XY' U' j YbUf] Ug
 Primeiro Pavimento

8YgYb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg-c' UWX..a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WtaYfW] U'



8YgYb\c' XY' Z] UXU' dUf' XY' U' j YbUf] Ug
 Primeiro Pavimento

8YgYb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg-c' UWX..a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WtaYfW] U'

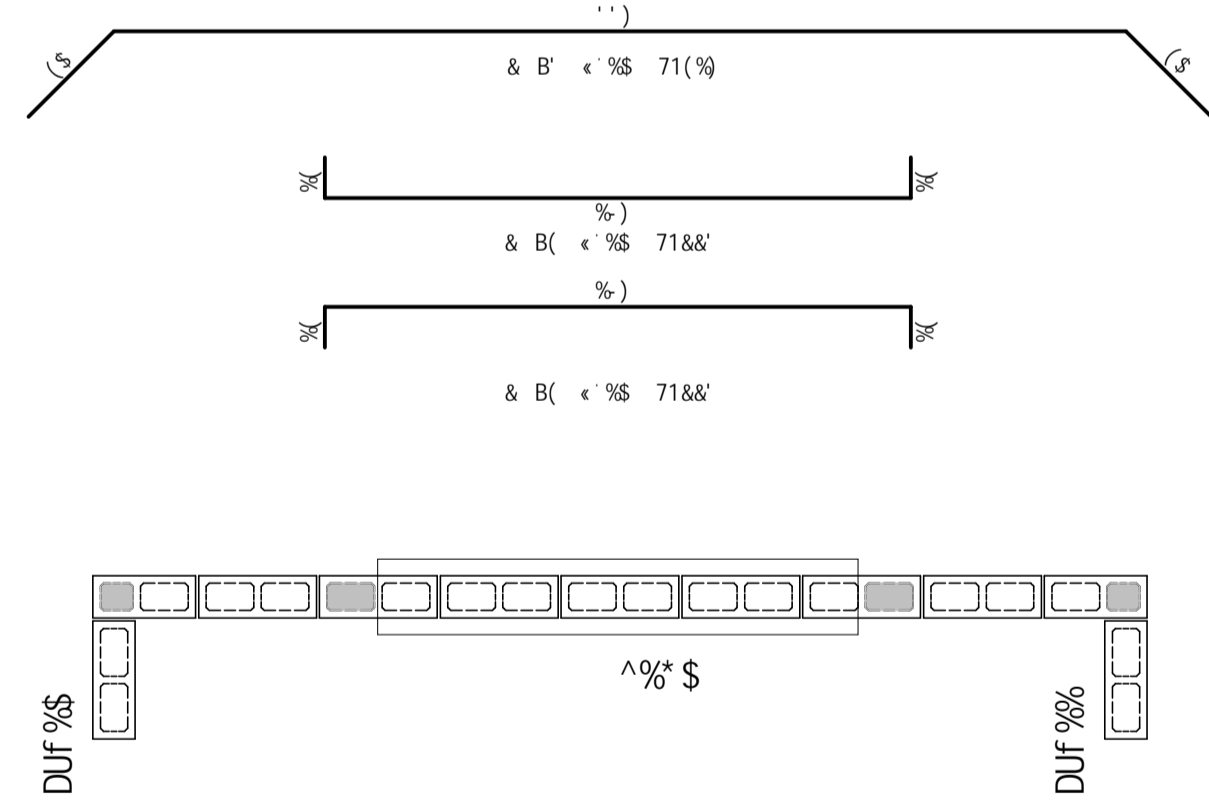
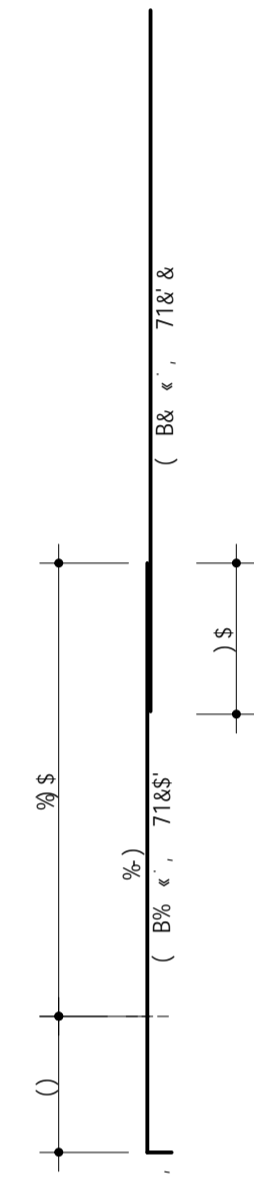
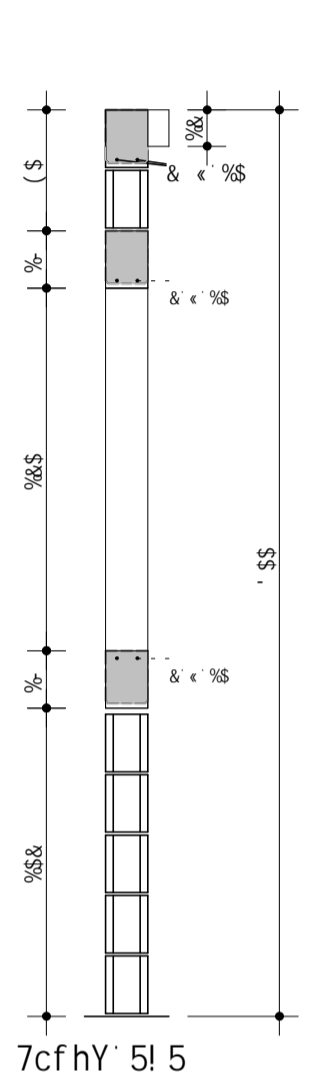
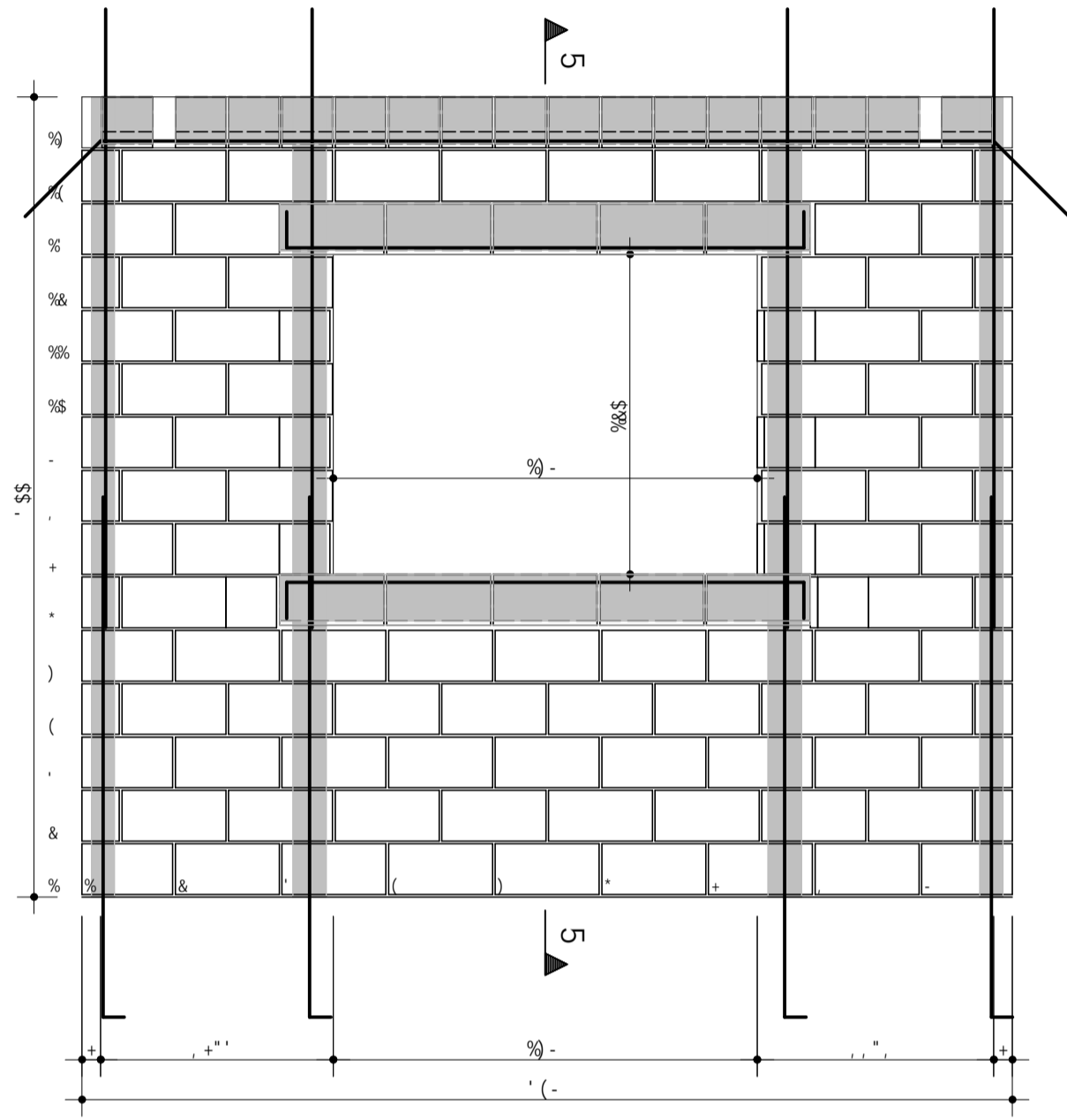


TQS Informática Ltda
 F15 D-B-9-F02-C' W&1' H98' 11038L' S' 1 & & 1' 79D' C] (& & S5% 1' GEC' DSI' eC

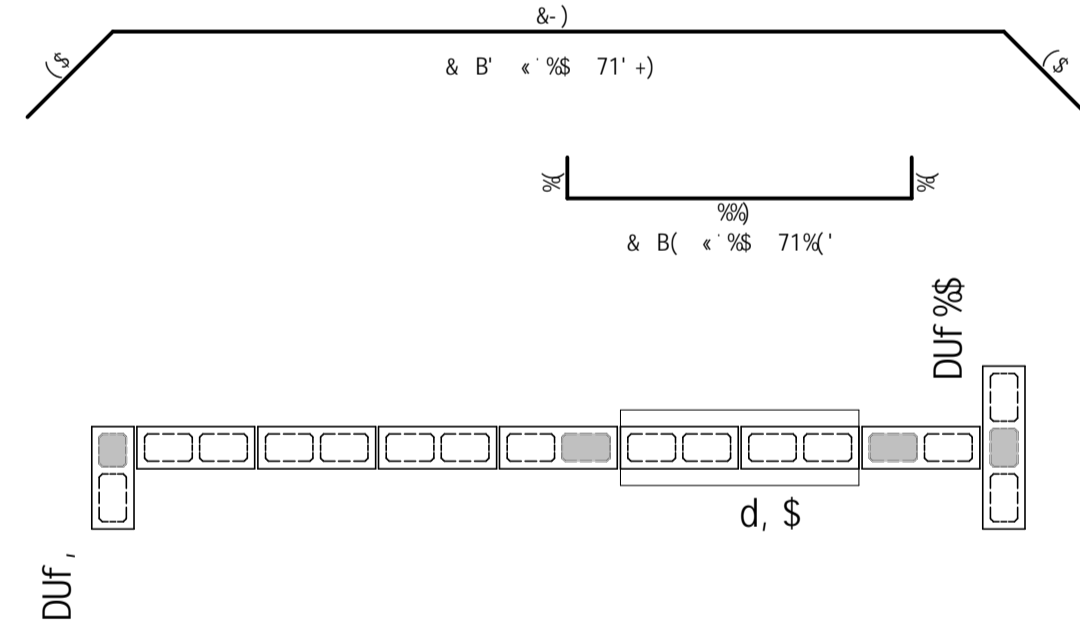
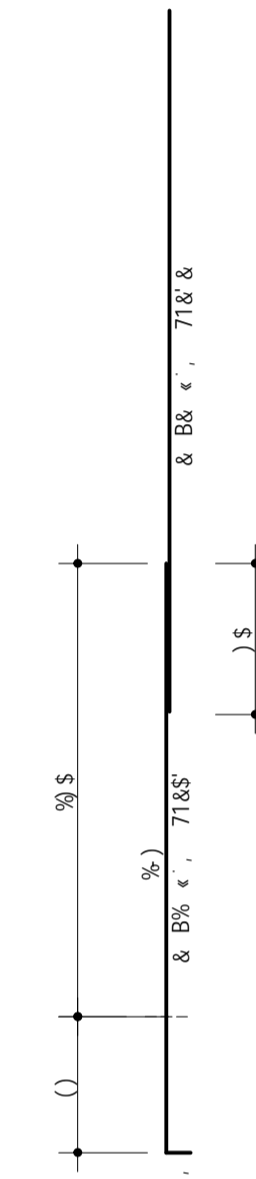
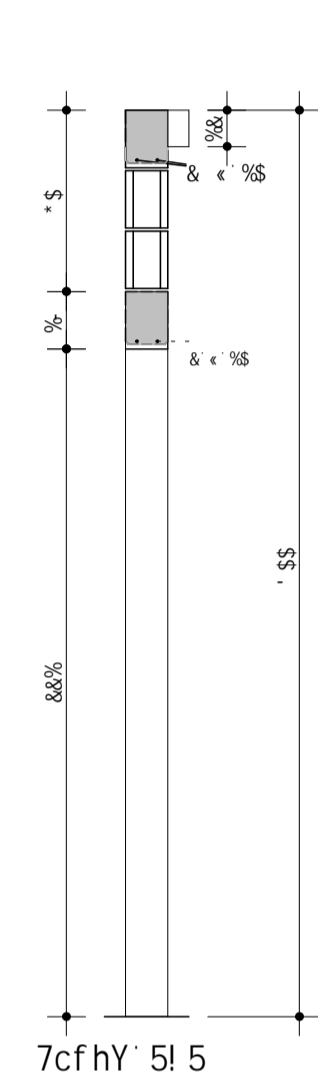
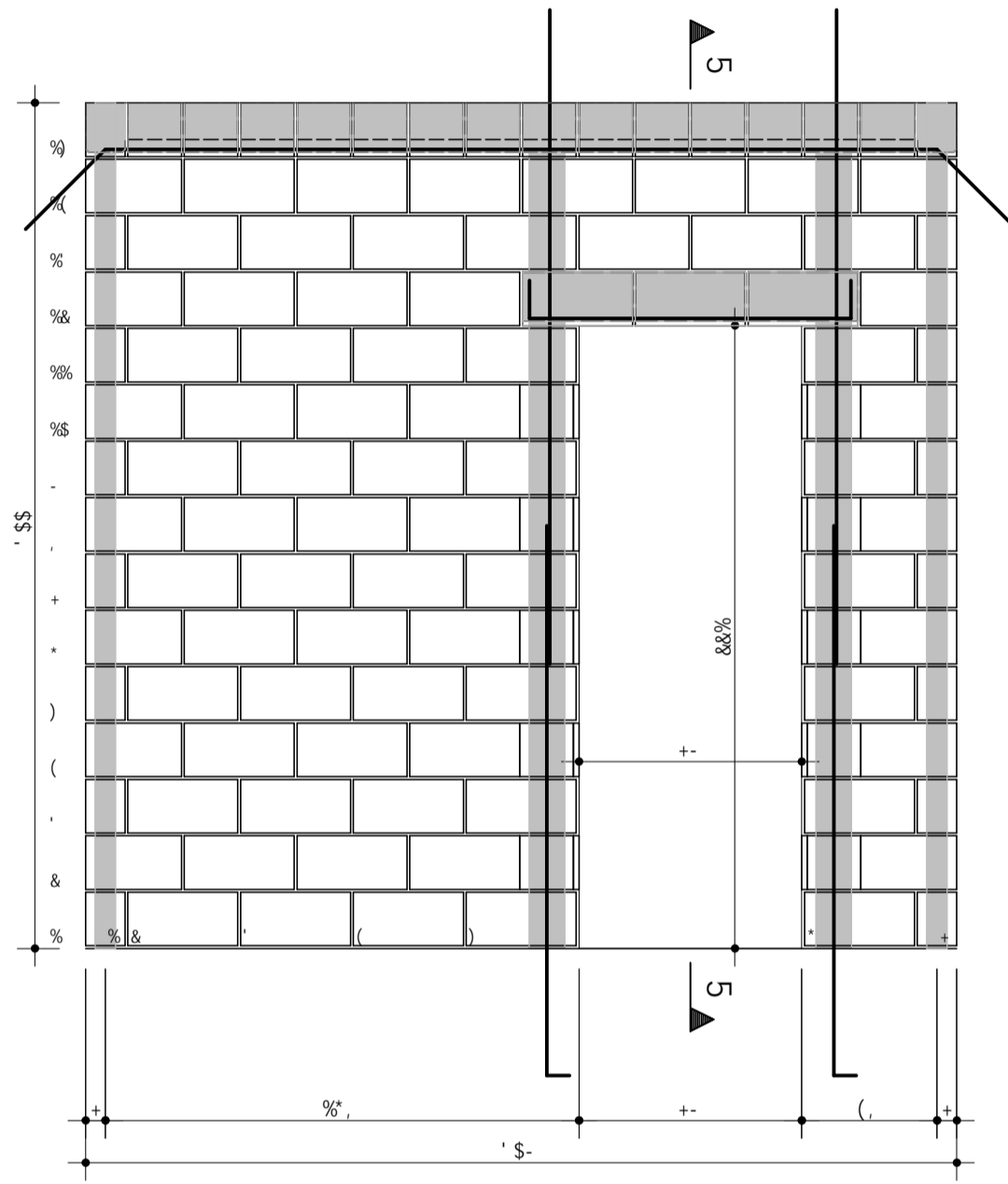
7CB7F9HC	ADU	605 B' C
ZVL 1	ADU	890' B' C
97G 1	ADU	
7b-989		
CFS		
H-H IC		
Primeiro Pavimento		
F9J' B' C		
8545	907545	8909B-C
		70378'
		98' -C

8Ygyb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg~c' UWDX..a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WtaYfW] U'

DUF %

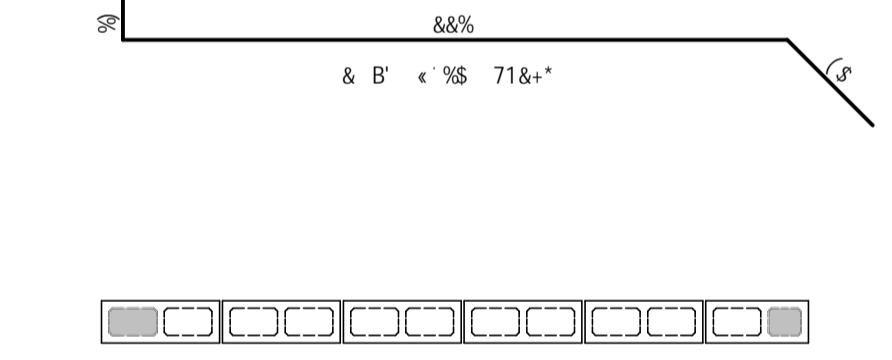
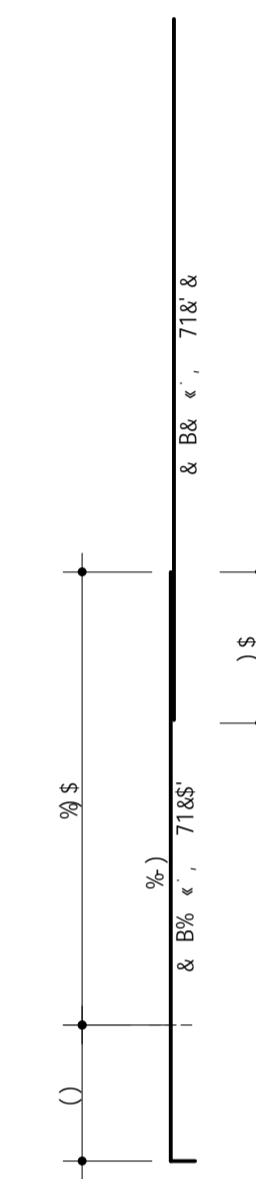
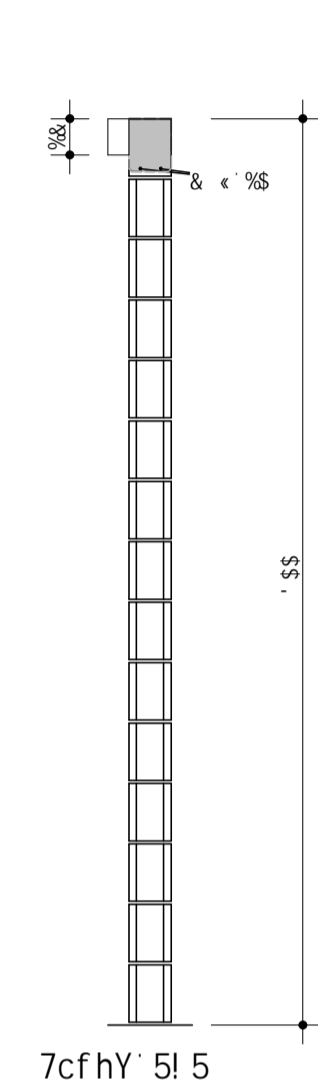
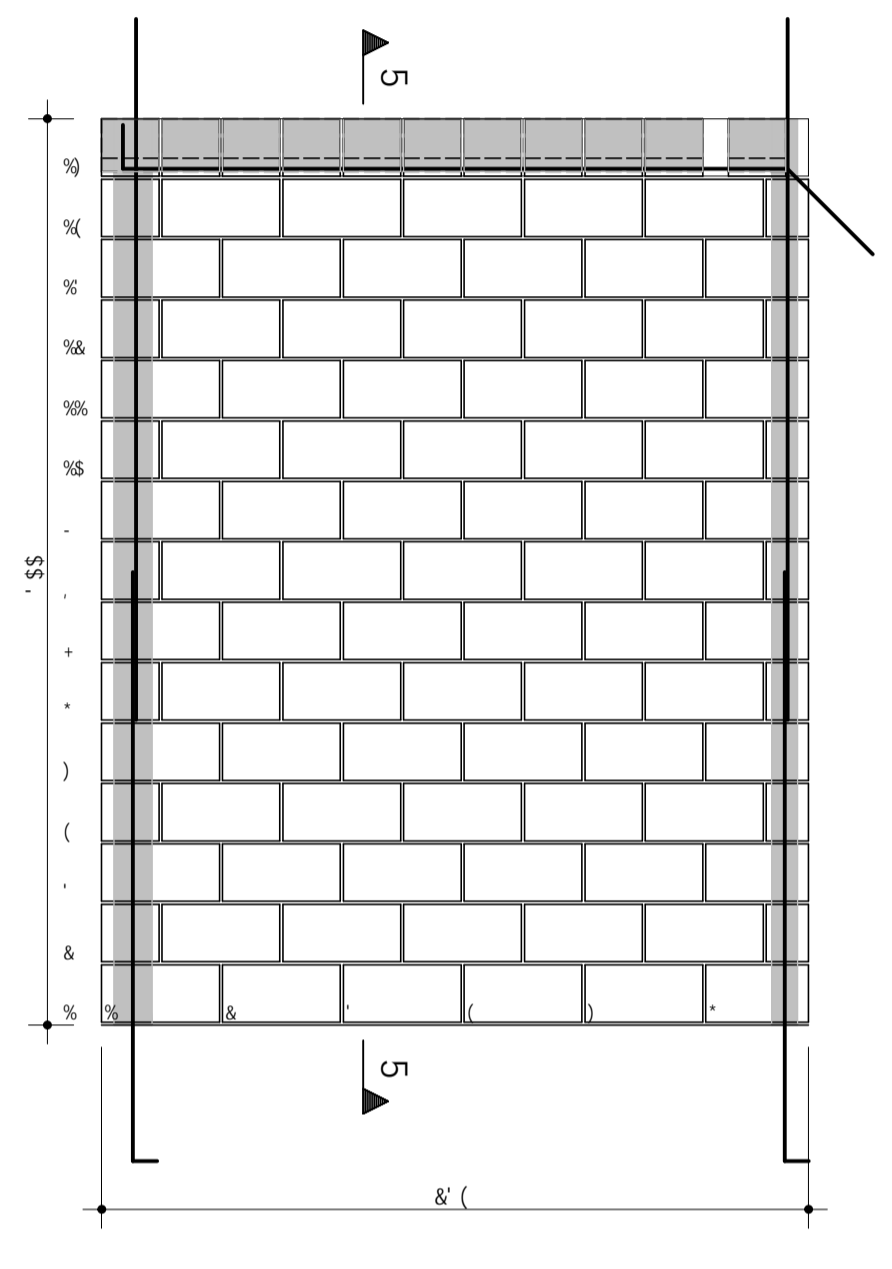


Duf &



8Ygyb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg~c' UWDX..a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WtaYfW] U'

DUF'

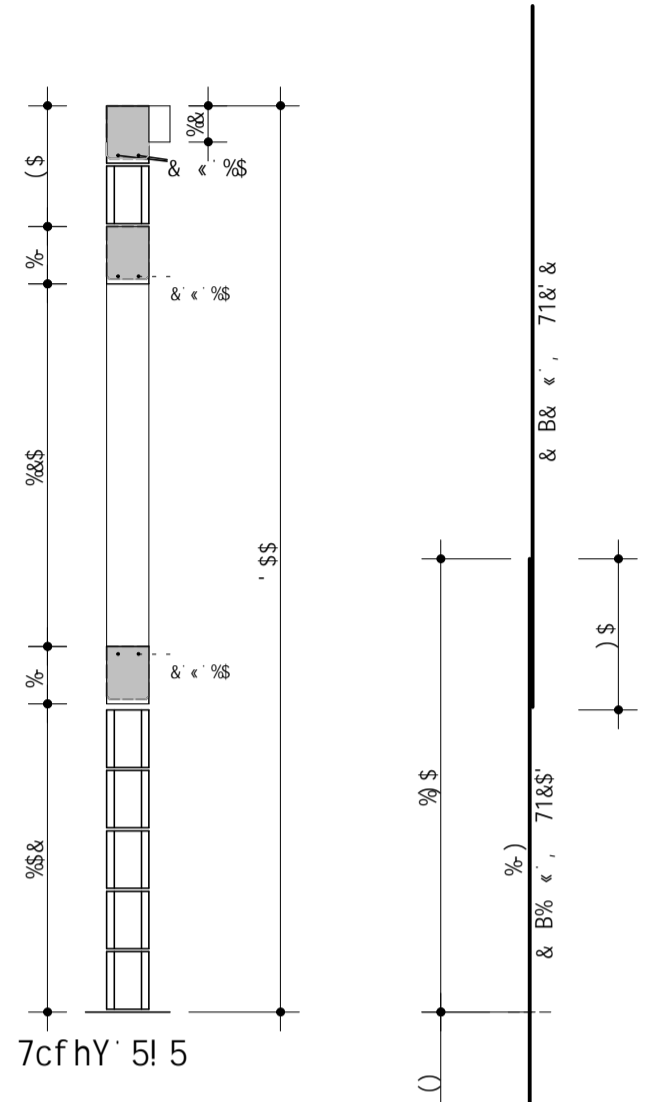
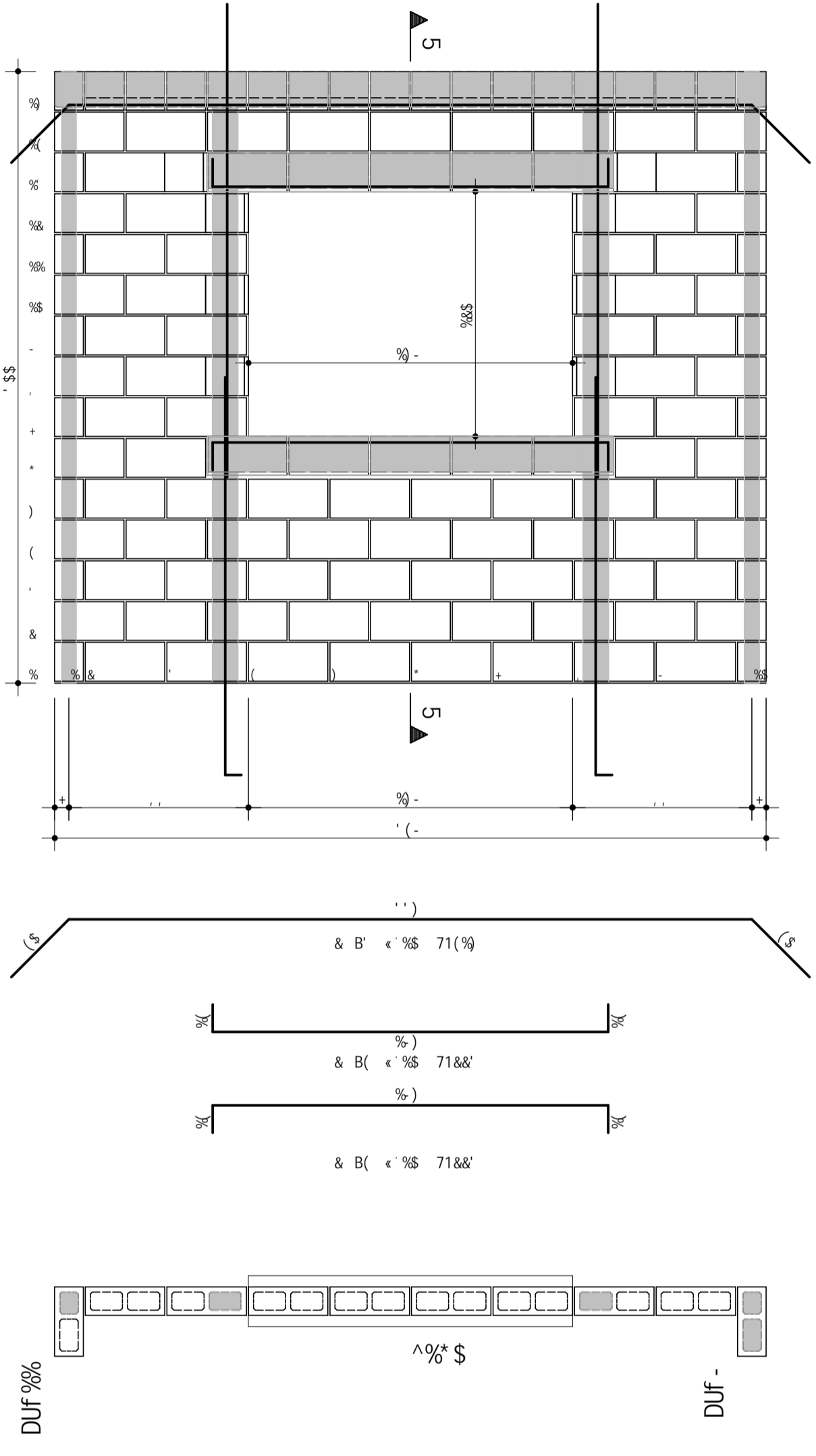


8Ygyb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg~c' UWDX..a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WtaYfW] U'

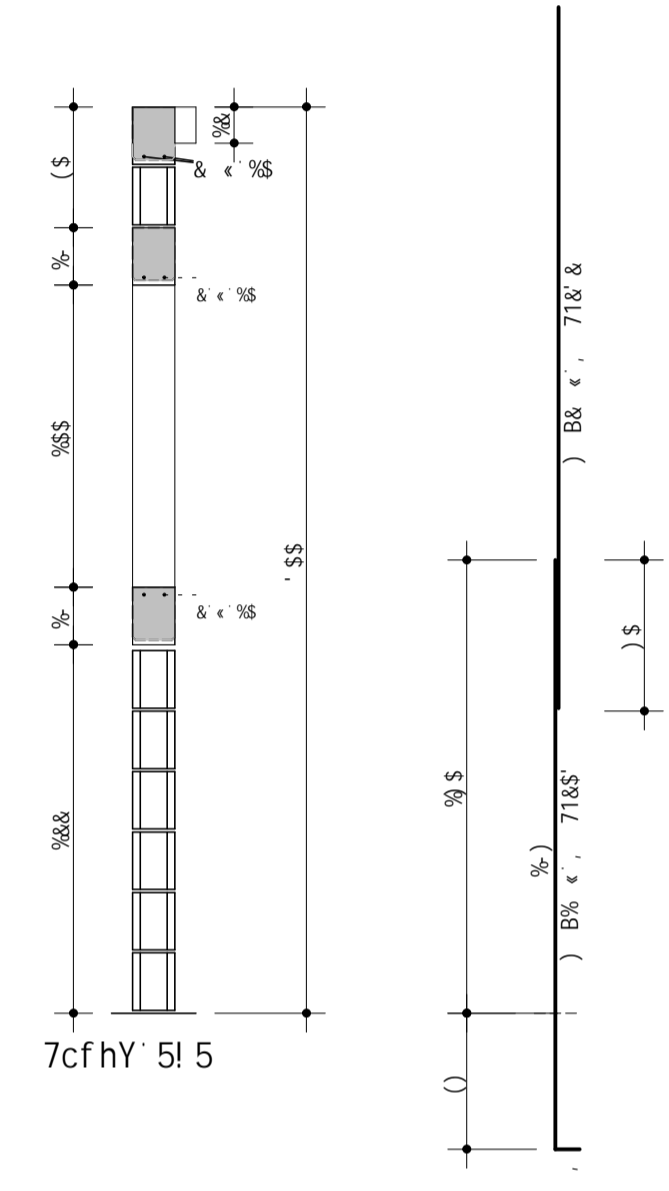
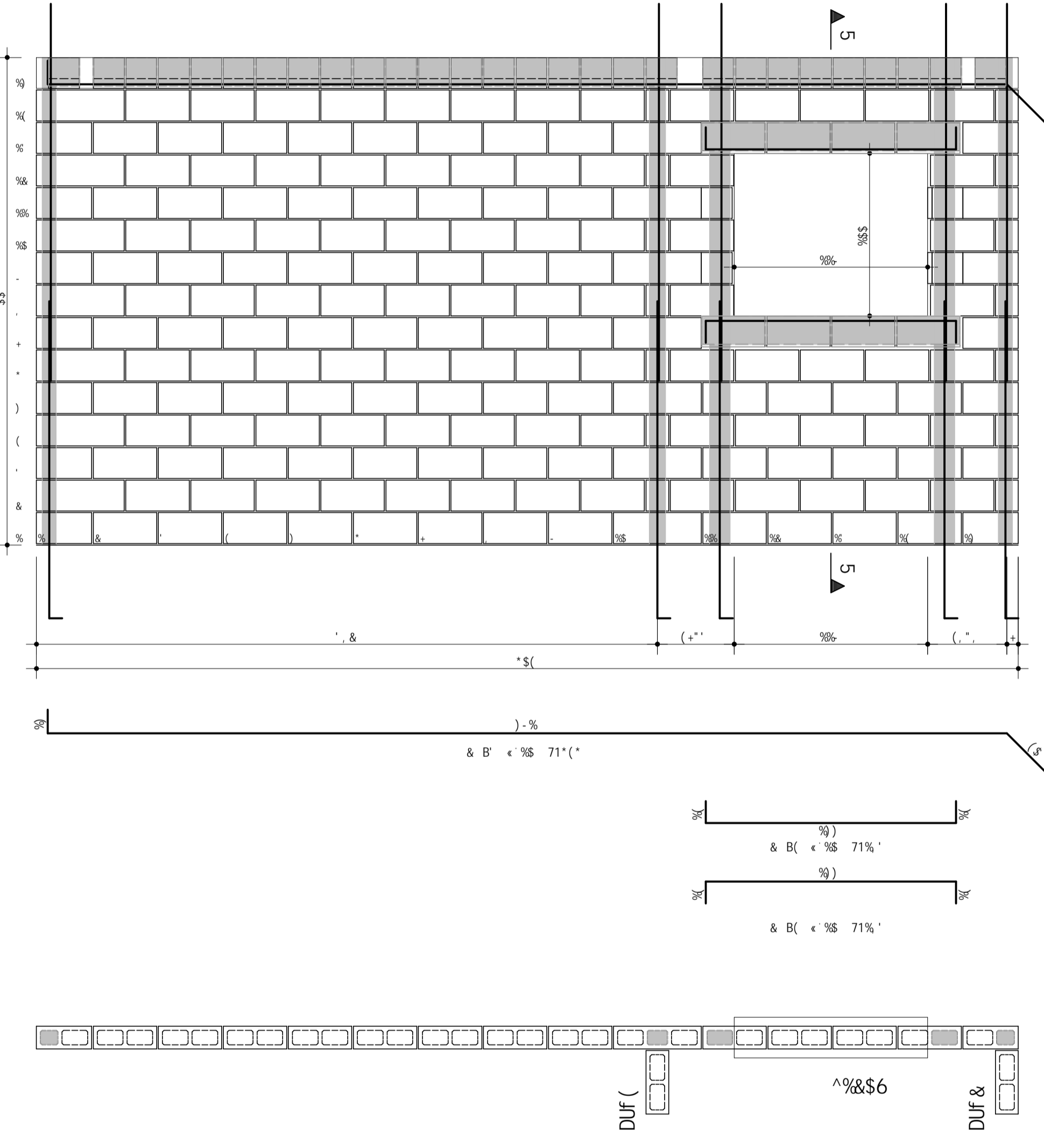
TQS Informática Ltda
 F1 5 D-B-9-F02-C* W& 1' H9@ IIC38L' S' 1 &+&& 1' 79D C] (&M S5% 1' GEC DSI @C

7CB7F9HC	ADU	C&S B'-C
ZVL 1	ADU	89C' B'-C
97G 1		F9J' B'-C
716-989P		
C&S		
H-H @C		
Primeiro Pavimento		
8545	907545	89096-C
		70378'
		98: -C

8Ygyb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg-c' UWUX..a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WcaYfW] U



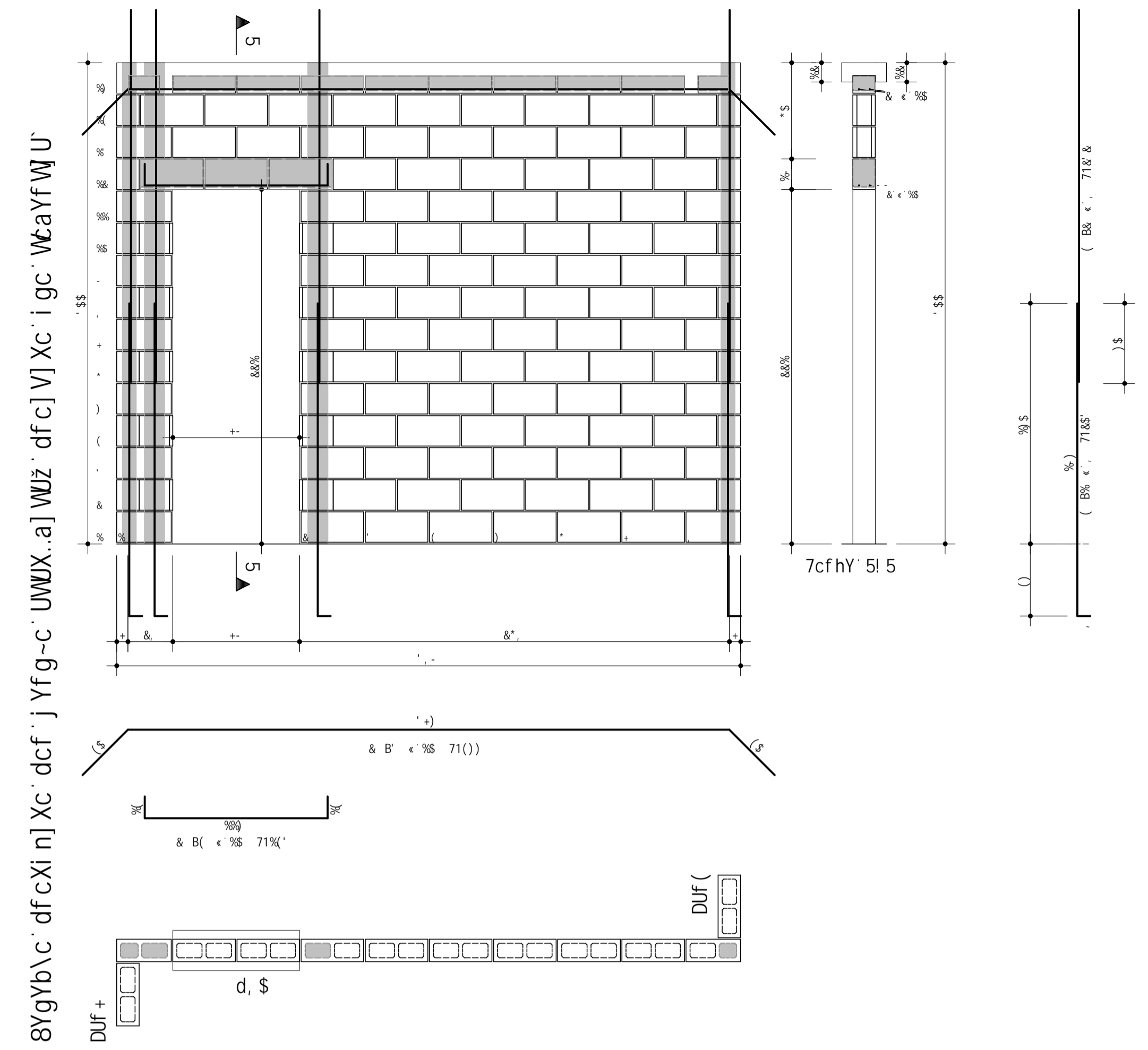
8Ygyb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg-c' UWUX..a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WcaYfW] U



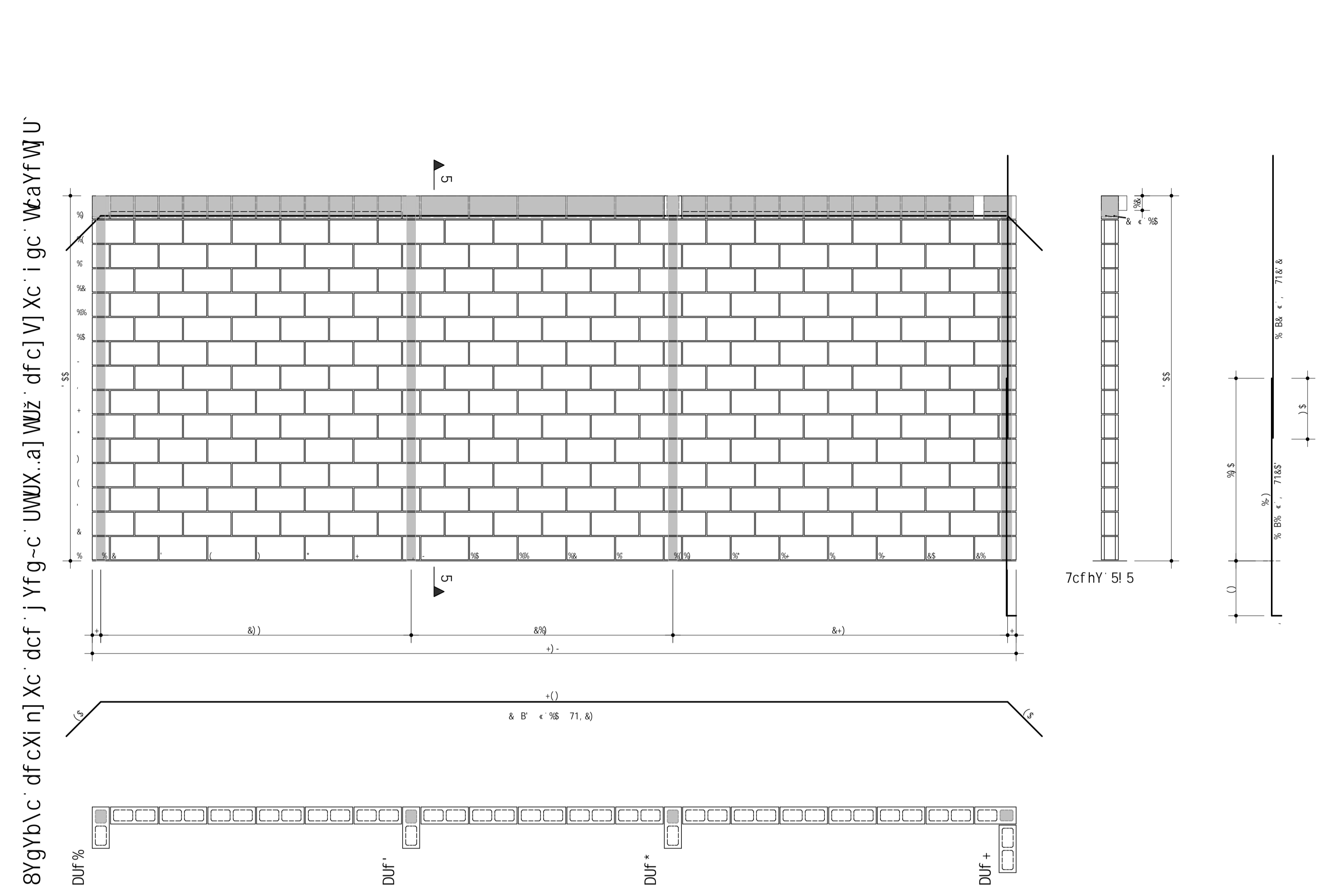
TQS Informática Ltda
 Fl 5 D-B-9-F02-C' W& 1' H9@ f1C38L' S' 1 && 1' 79D C] (&M S5% 1' GEC' DSI @C

7CB7F9HC	ADU	645 B'-C
97G 1	ADU	890' B'-C
71-989		
CFS		
H-H IC		
Primeiro Pavimento		
8545	907545	8909B-C
	70378'	98' -C

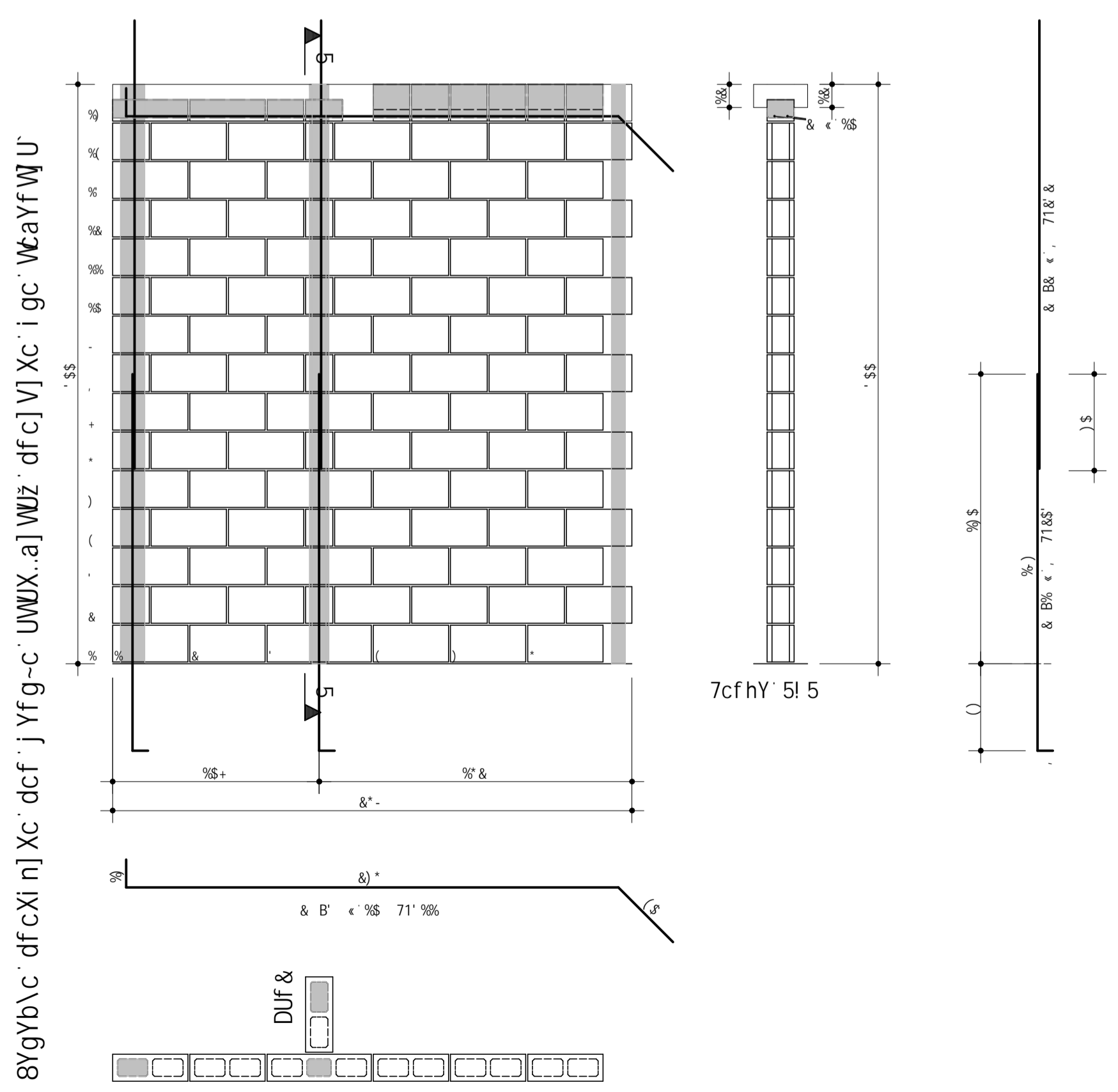
Duf -



Duf %%



Duf %\$

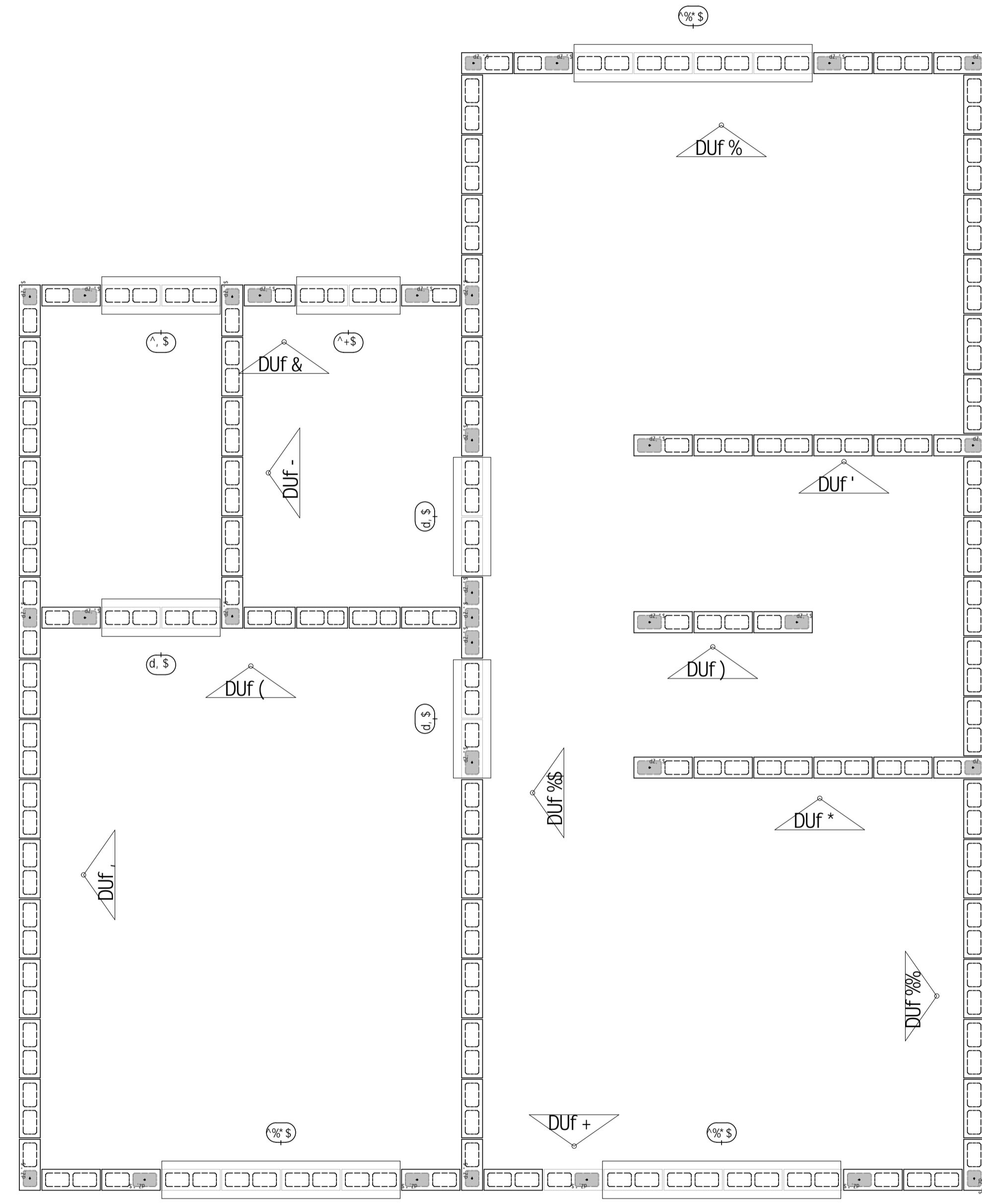


TQS Informática Ltda
 Fl 5 D-B-9-F02-C' W&I' H98' 11038L' S' 1 & & 1' 79D C] (& S\$S' 1' GEC' DSI eC

7CB7F9HC	ADU	C6'5' B'-C
97G 1	ADU	8'90' B'-C
716-989P		
C6'5'		
H-H eC		
Primeiro Pavimento		
		F9' B'-C
85H5	9075H5	8'90' B'-C
		703F8'
		9B' -C

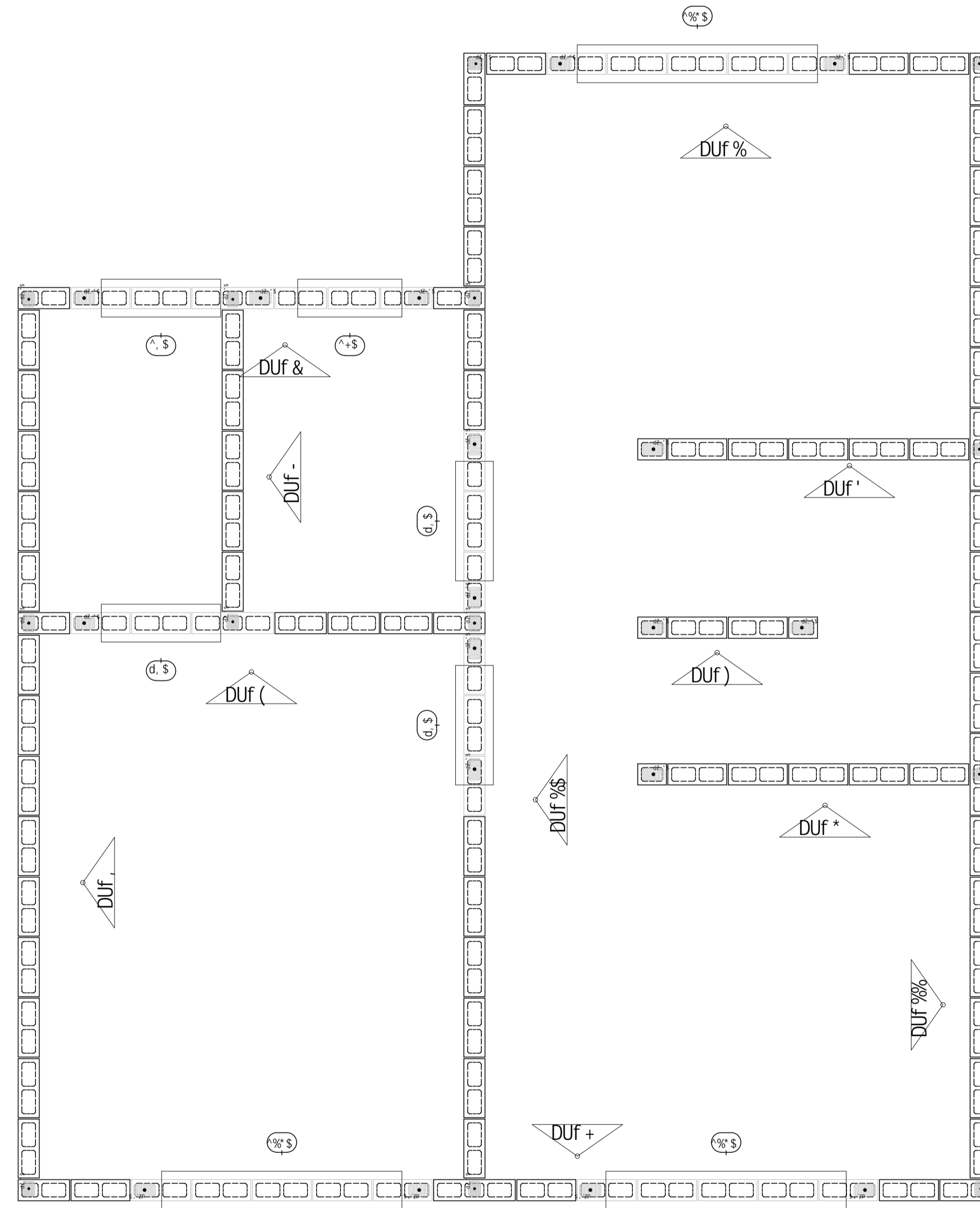
8YgYb\c' XY' Z] UXU'] adUf' XY' U' j YbUf] Ug
 Segundo Pavimento

8YgYb\c' df cXi n] Xc' dcf' j Yfg~c' UWUX..a] WUž' df c] V] Xc' i gc' WtaYfW] U'



8YgYb\c' XY' Z] UXU' dUf' XY' U' j YbUf] Ug
 Segundo Pavimento

8YgYb\c' df cXi n] Xc' dcf' j Yfg~c' UWUX..a] WUž' df c] V] Xc' i gc' WtaYfW] U'

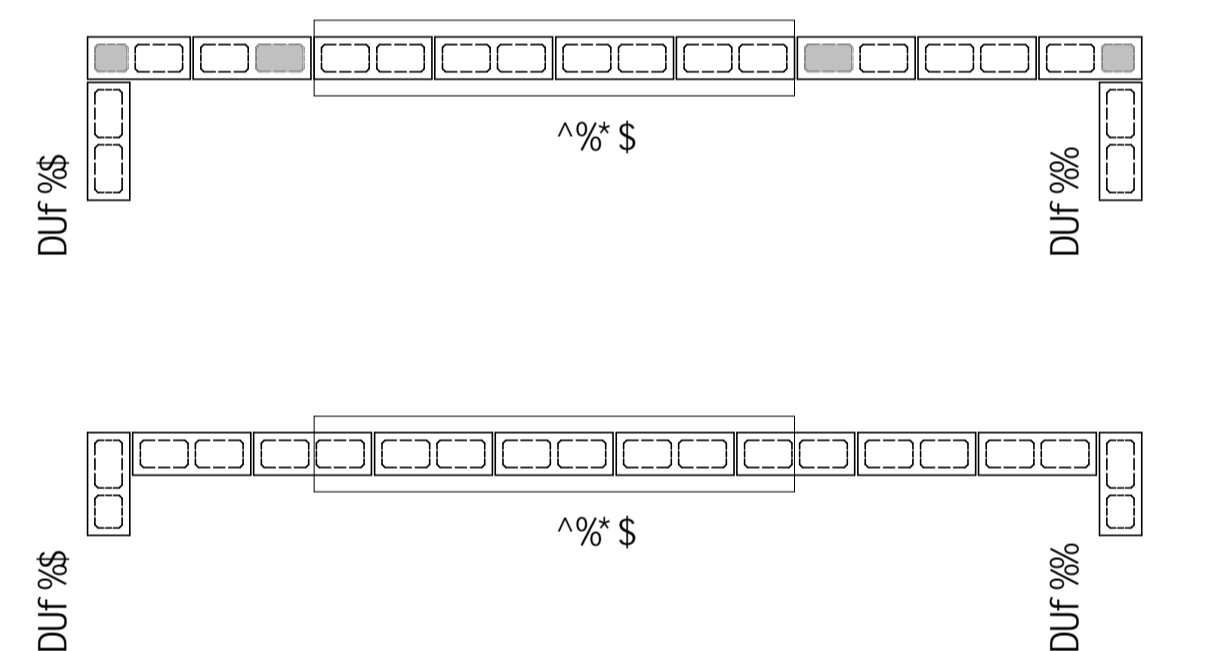
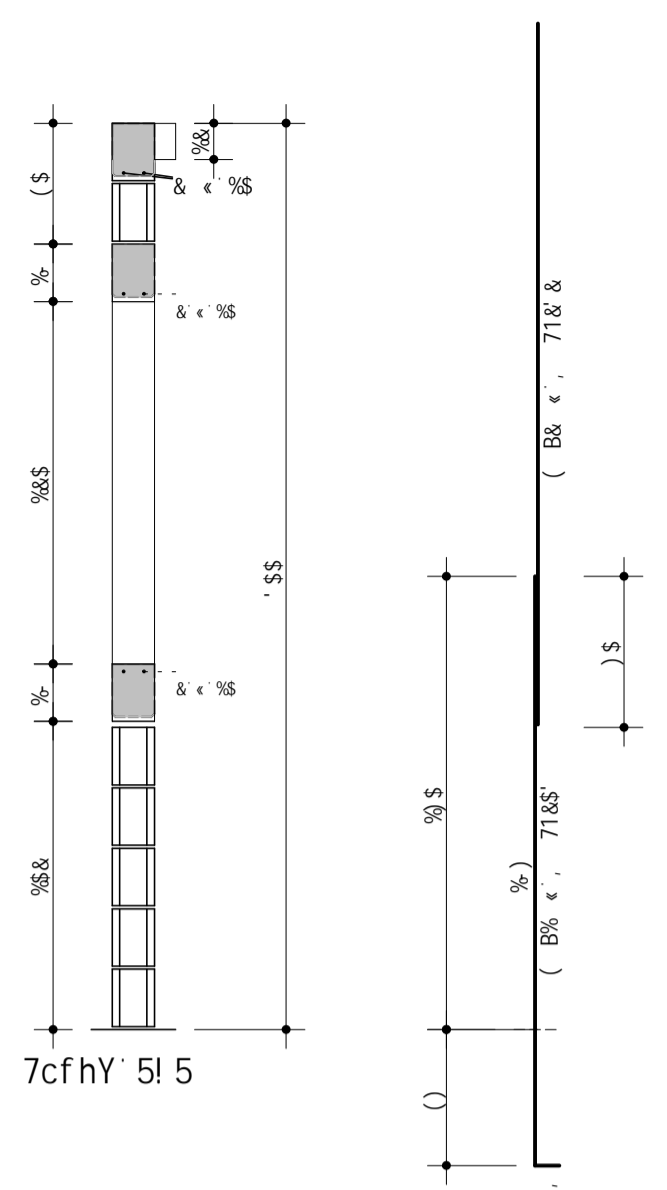
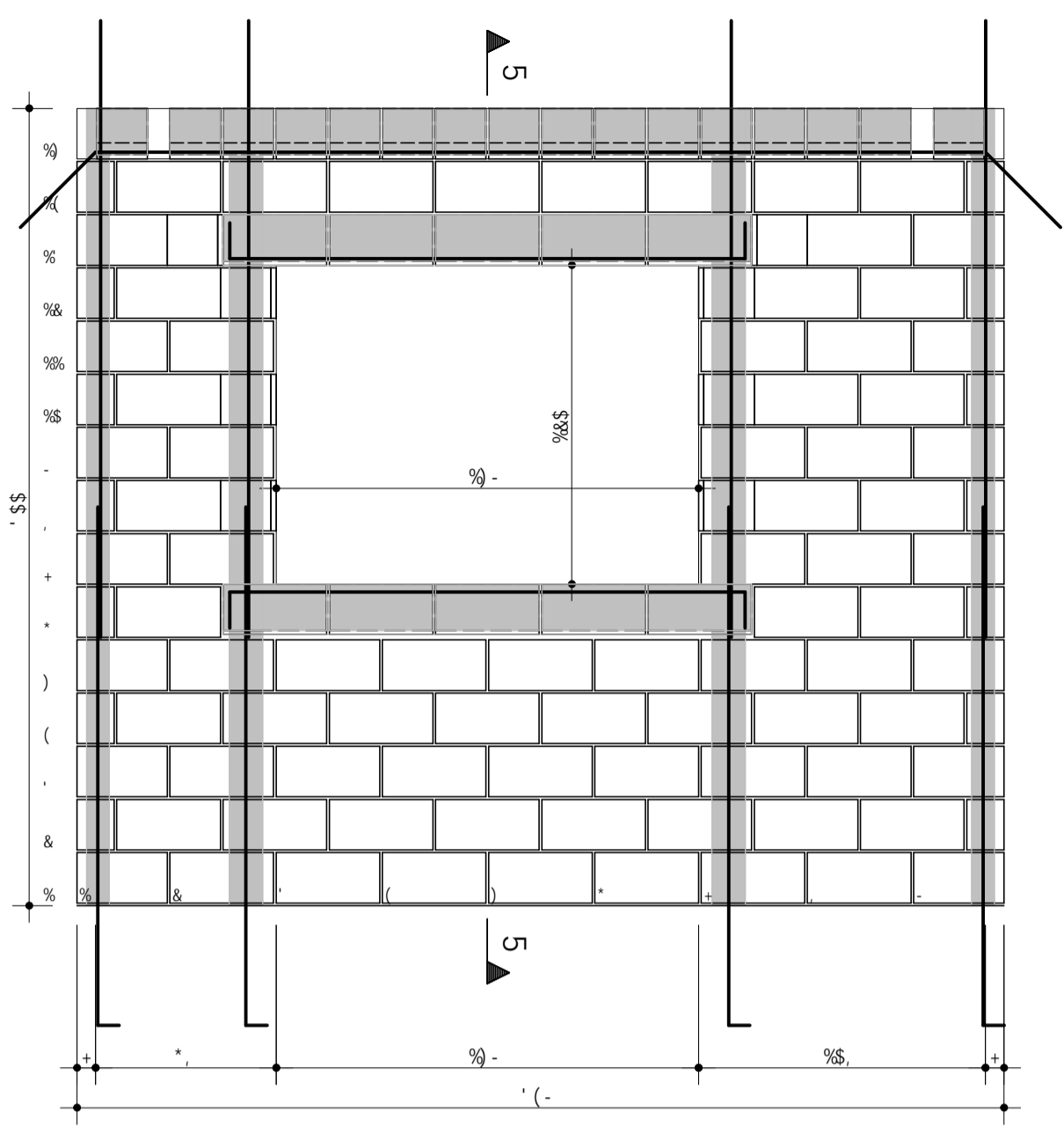


TQS Informática Ltda
 Fl 5 D-B-9-F02-C' W& I' H98' 11038L' S' 1 &-&& I' 79D C] (&M S5% I' GEC DSI eIC

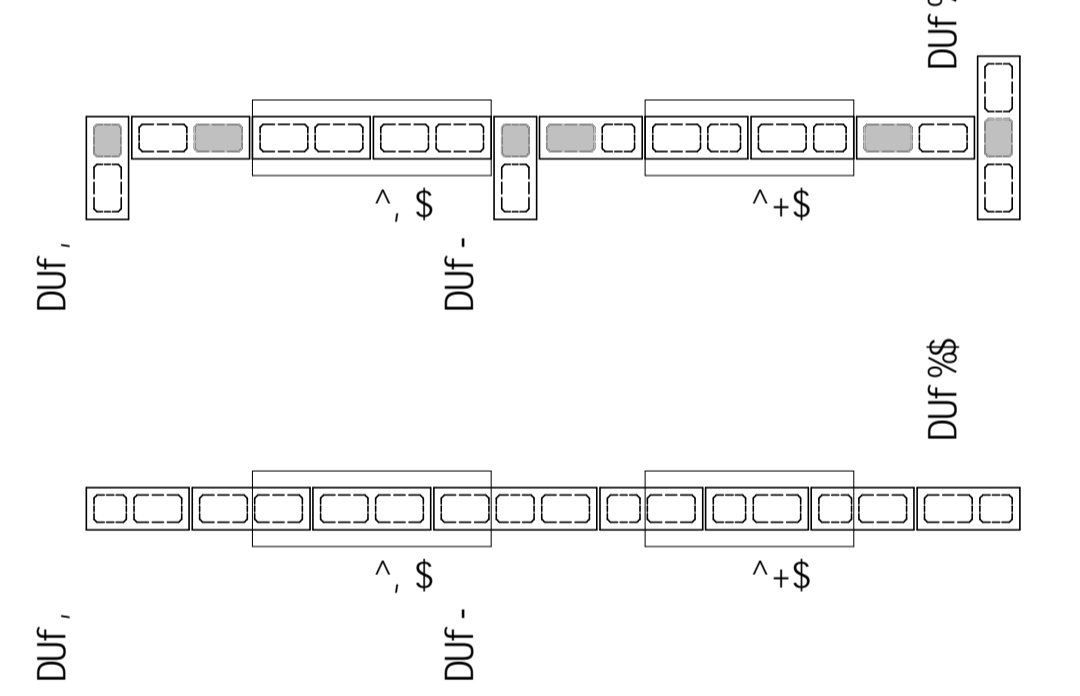
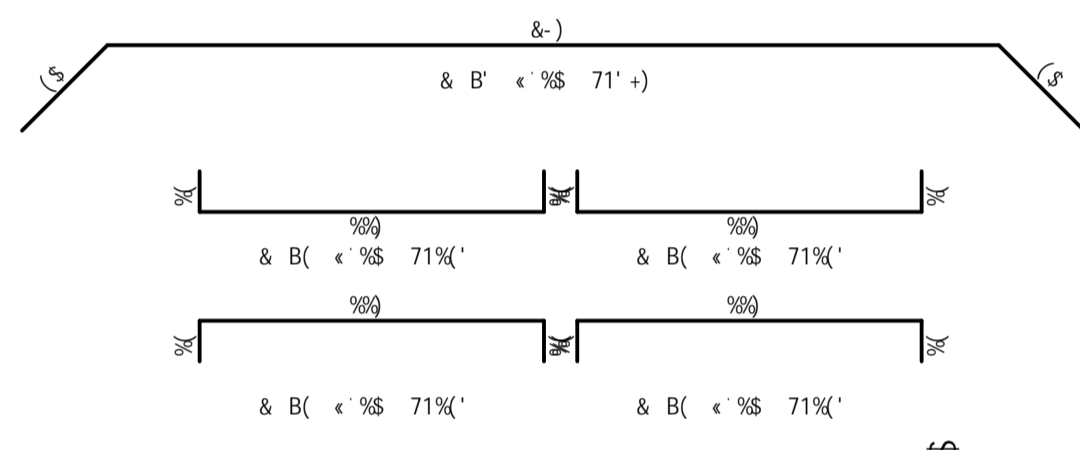
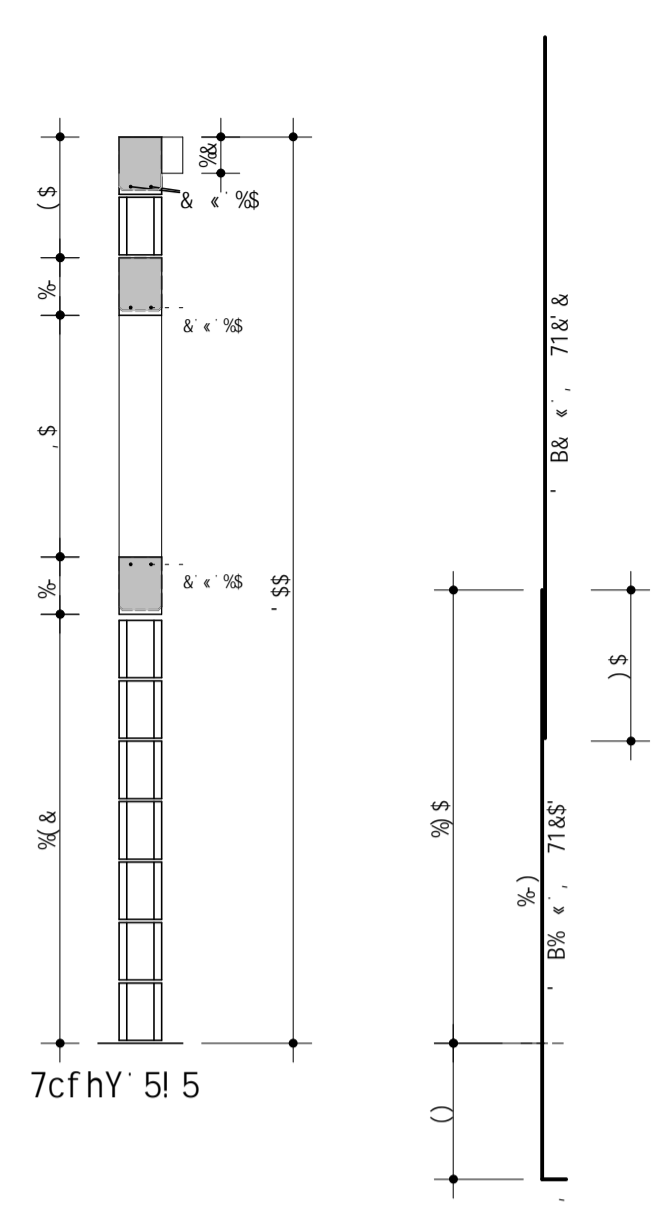
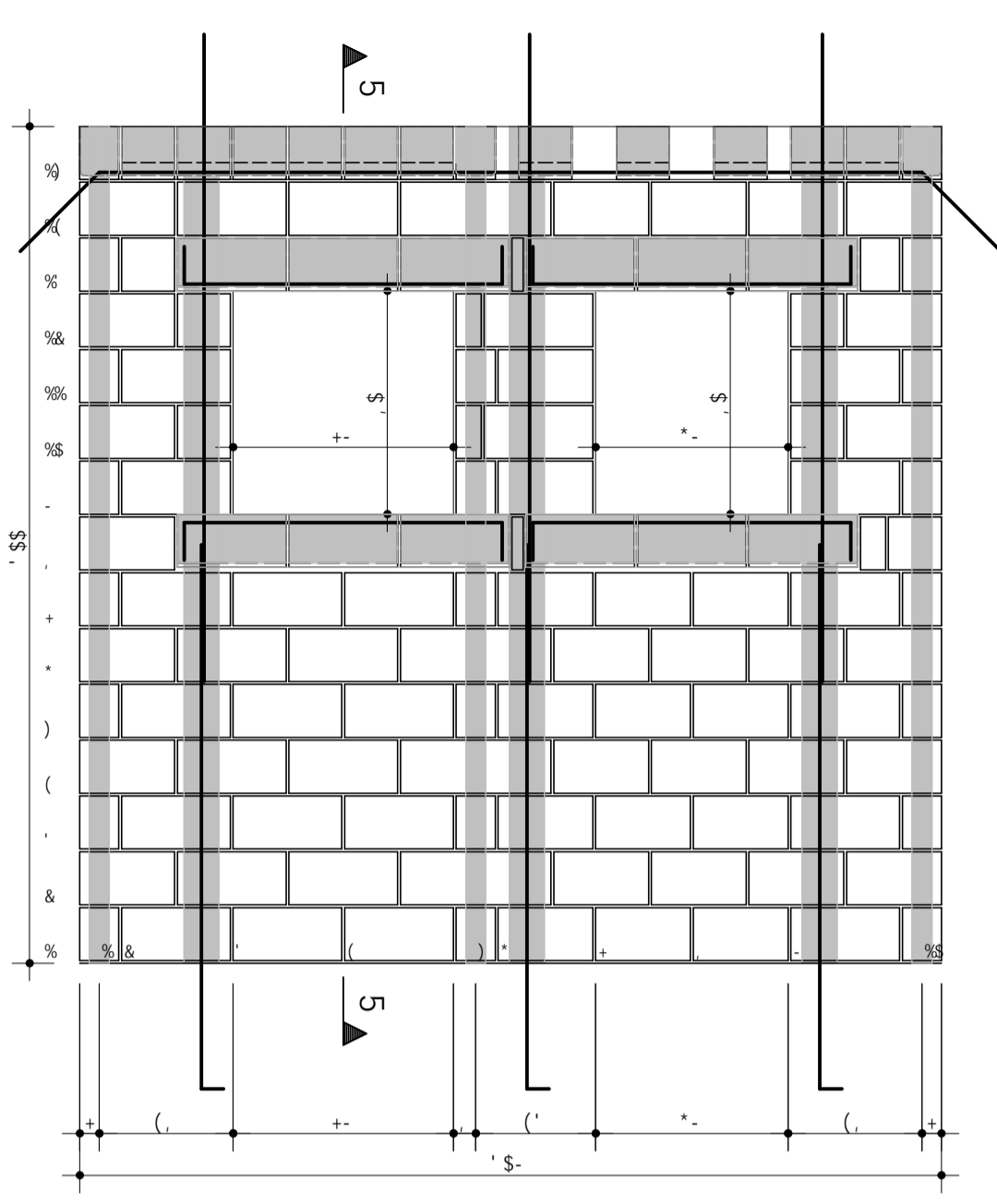
7CB7F9HC	ADU	045 B'-C
ZVL 1	ADU	890' B'-C
97G 1		
7h-98#		
CFS		
H-H eC		
Segundo Pavimento		
85#5	907#5	890#B-C
	703#8	W: -C

8YgYb\c' dfcXi n] Xc' dcf j Yfg-c UWUX..a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WcaYfW] U

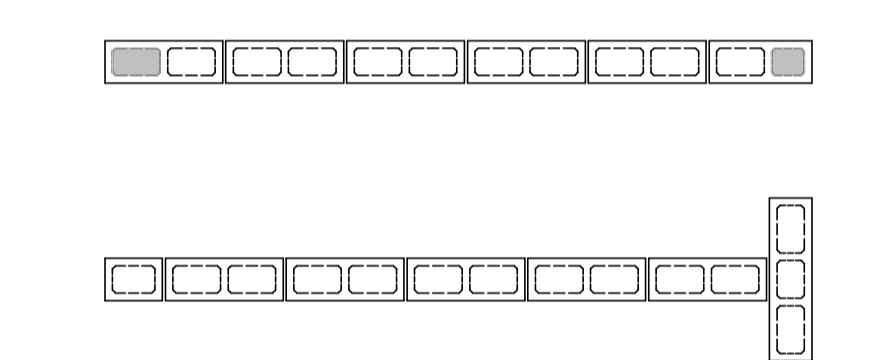
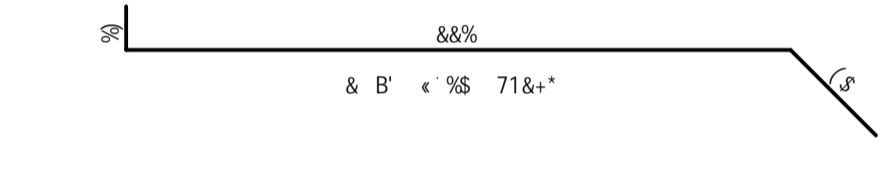
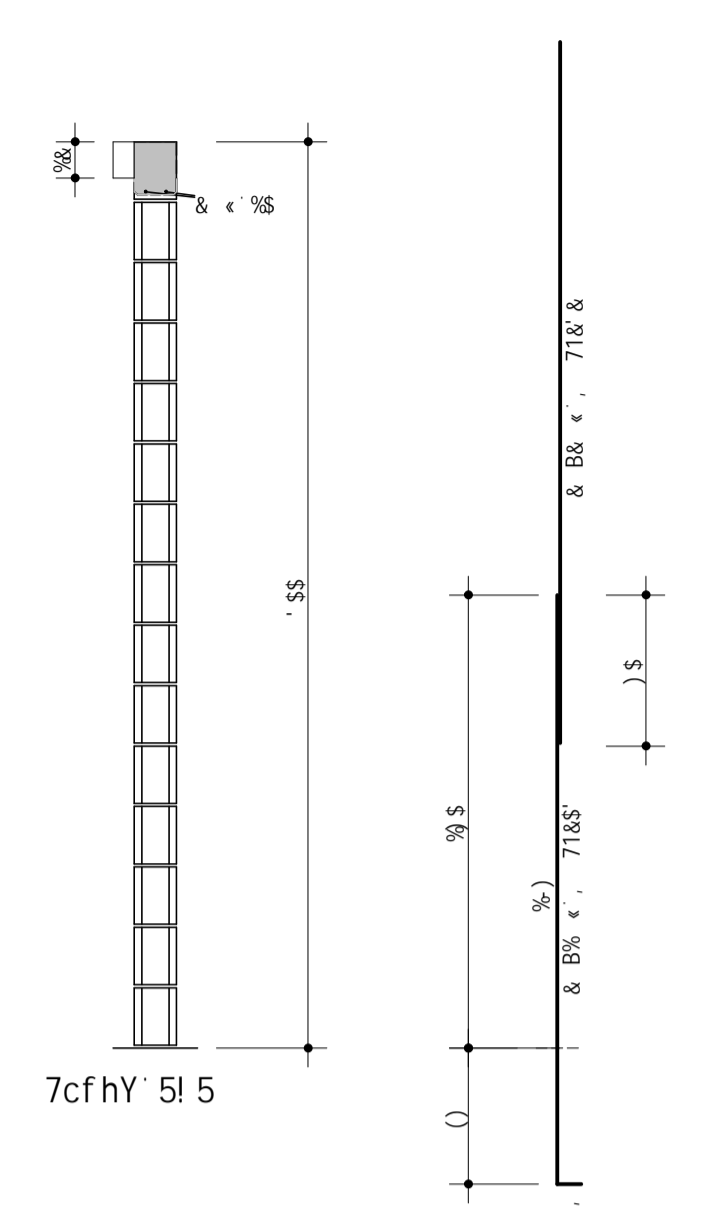
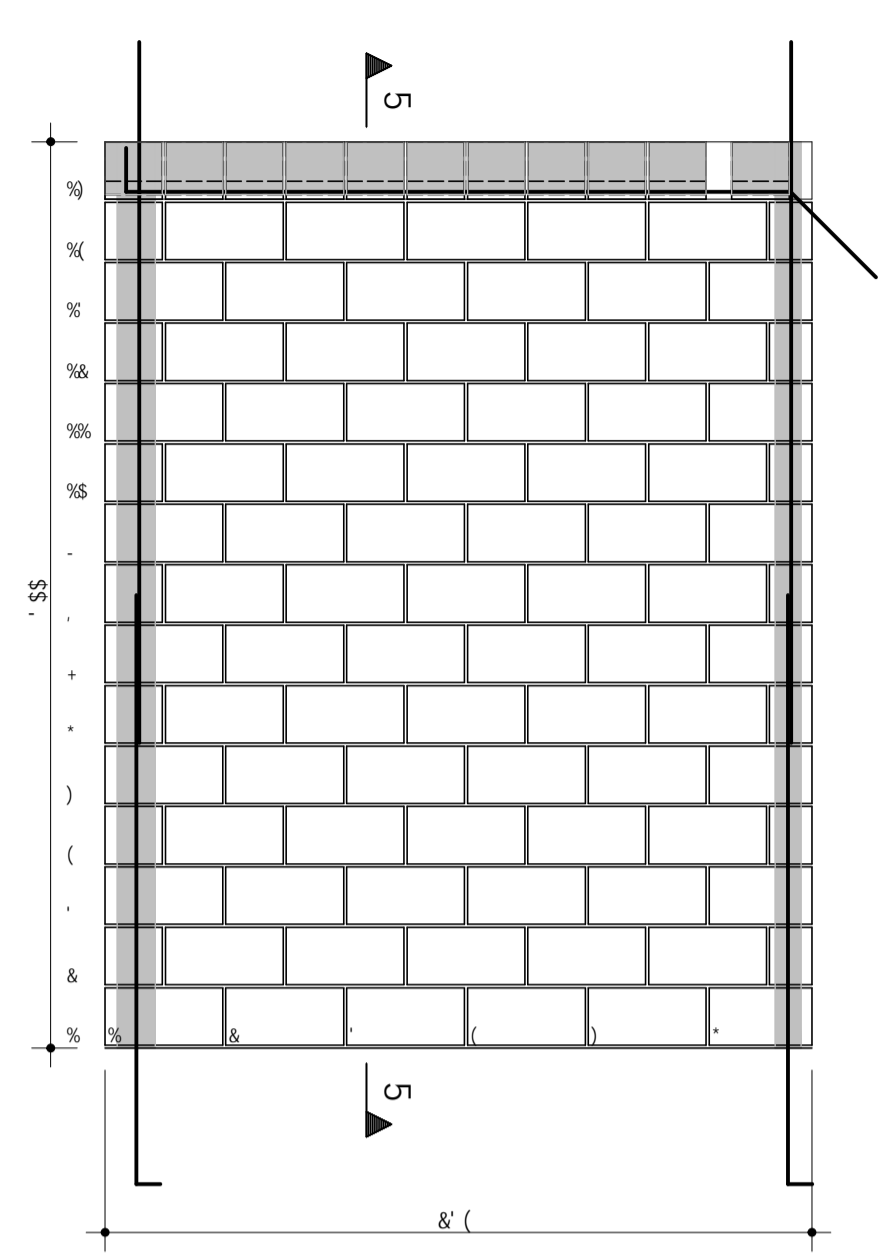
DUF %



Duf &



DUF '



8YgYb\c' dfcXi n] Xc' dcf j Yfg-c UWUX..a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WcaYfW] U

TQS Informática Ltda
 Fl 5 D-B-9-FQ2-C' W& I' H98' 11038L' S' I' && I' 79D C] (& S5% I' GEC' DSI' eC

7CB7F9HC
 ZVL 1 ADU
 97G 1 ADU
 716-989

Caf S B' - C
 89C' B' - C
 F9J' B' - C

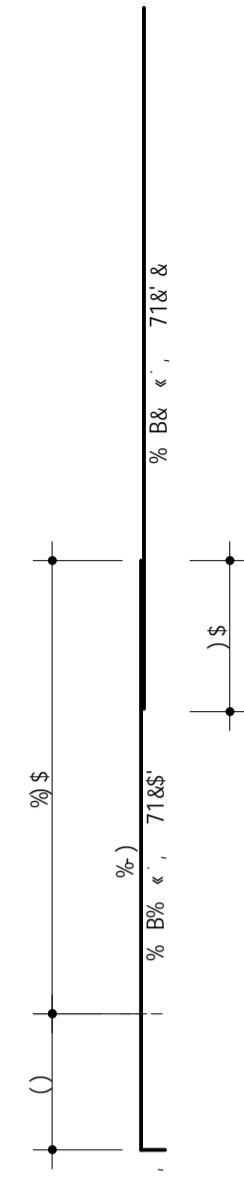
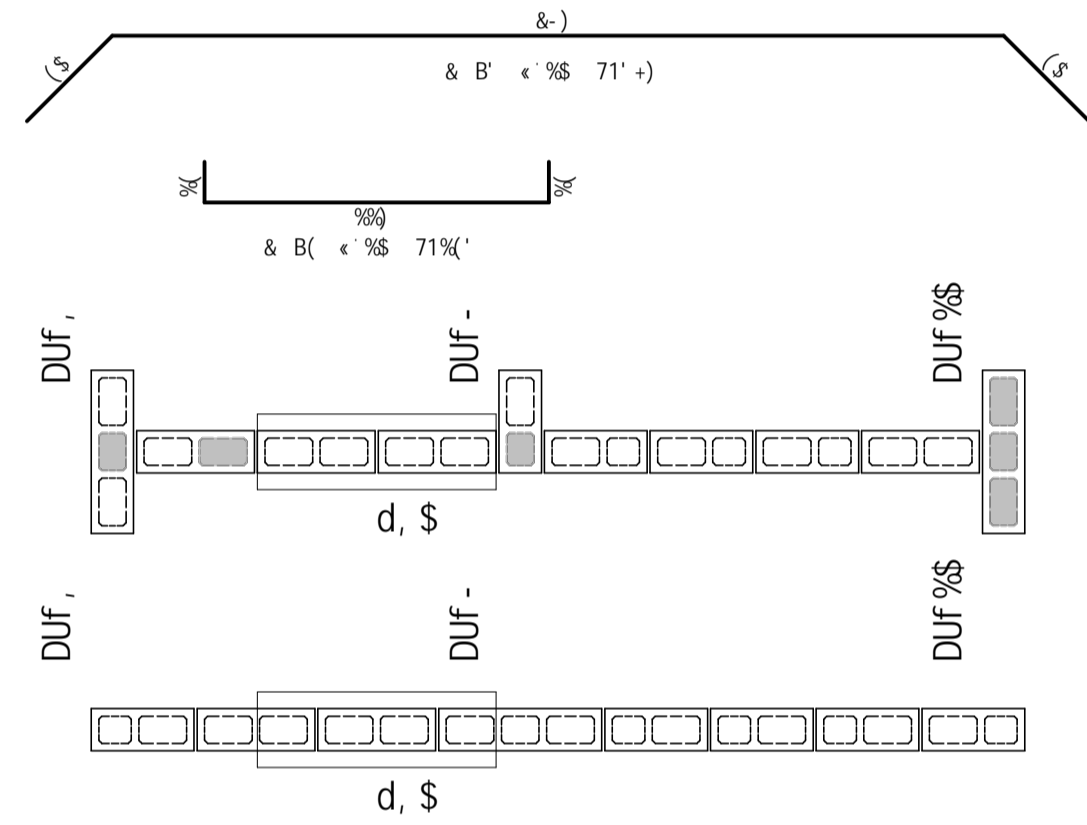
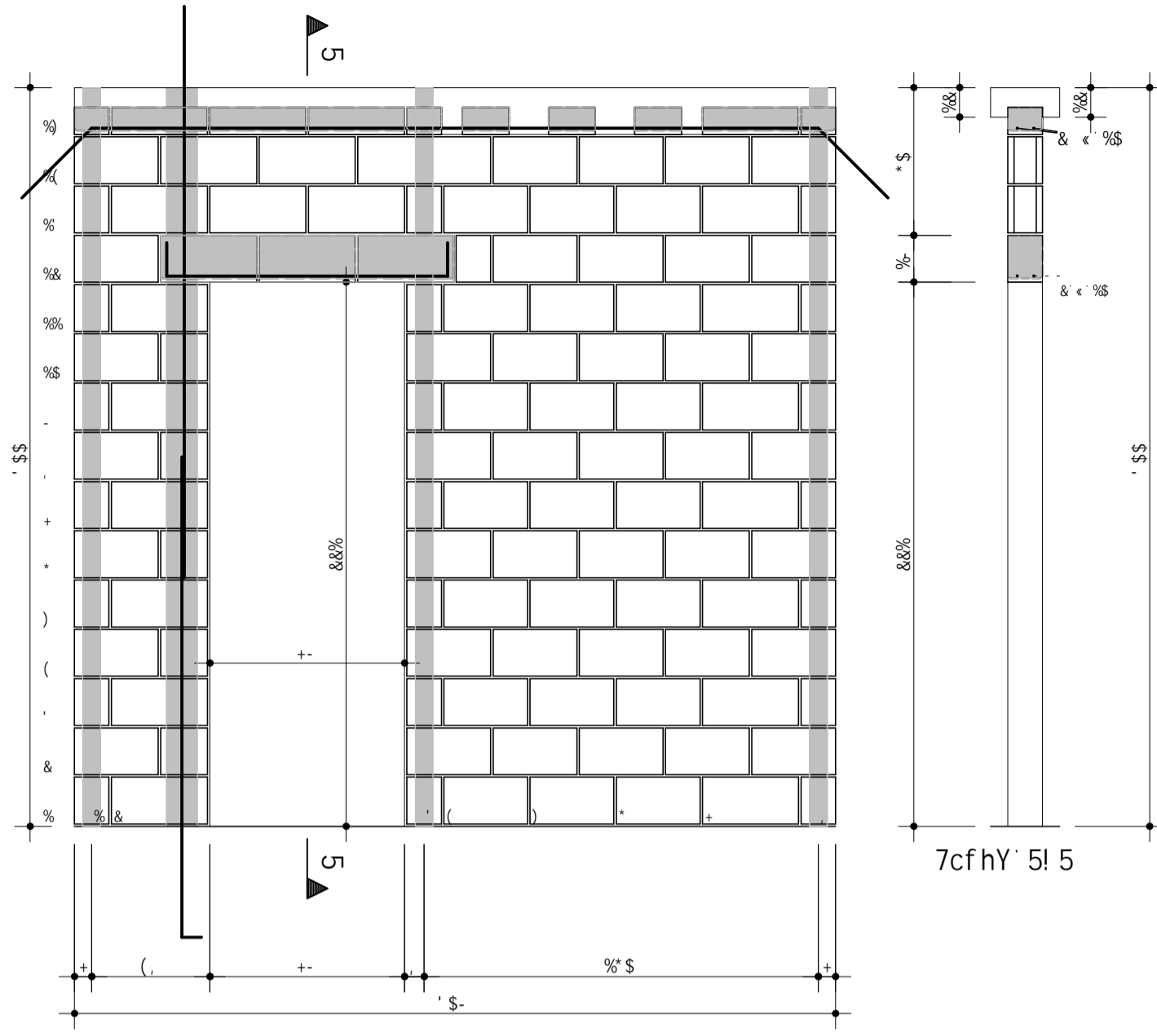
Caf S
 H-H eC
Segundo Pavimento

8545 907545 89098-C 7038'

REG 19F8EC 981 757-285P BEC 70697-55P DF 1771 691 158115& TSSS' DMH' 389P86&3&3& % - J) S. 836

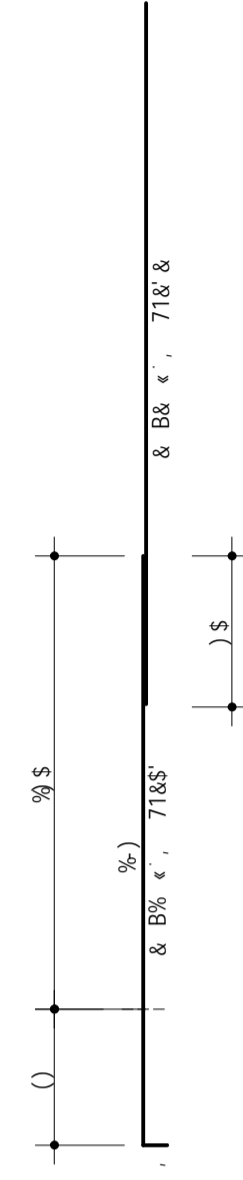
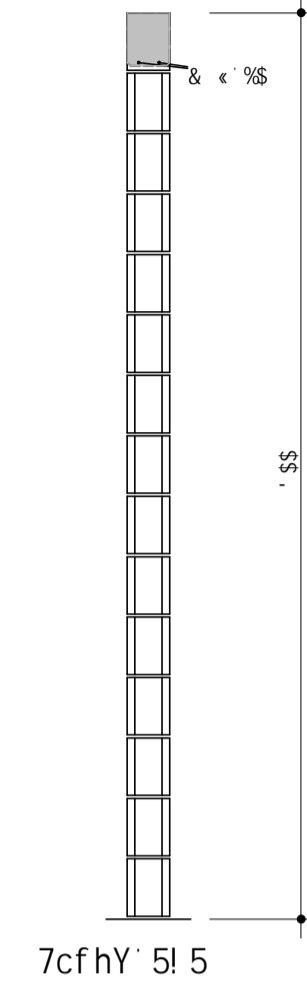
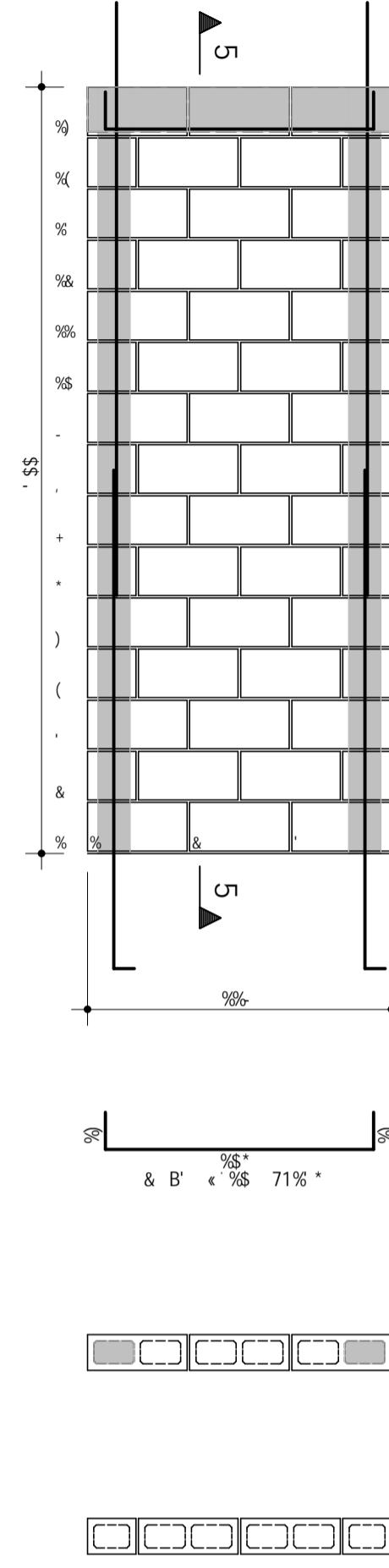
8YgYb\c' dFcXi n] Xc' dcf' j Yfg-c' UWUX..a] WUz' dFc] V] Xc' i gc' WcaYfW] U

DUF (



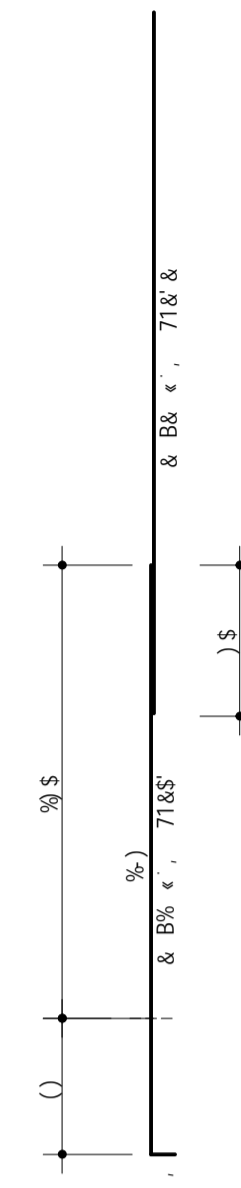
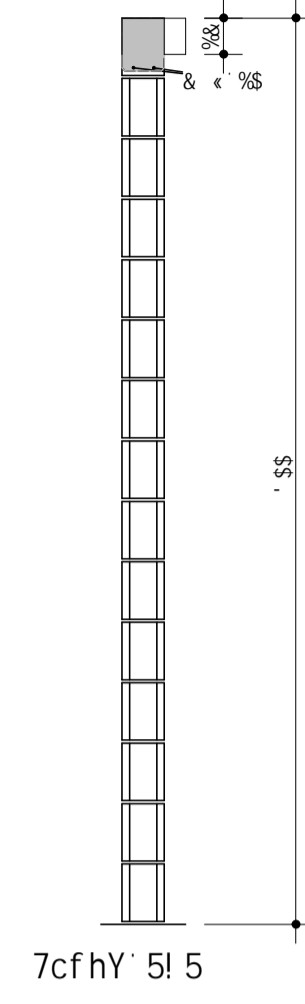
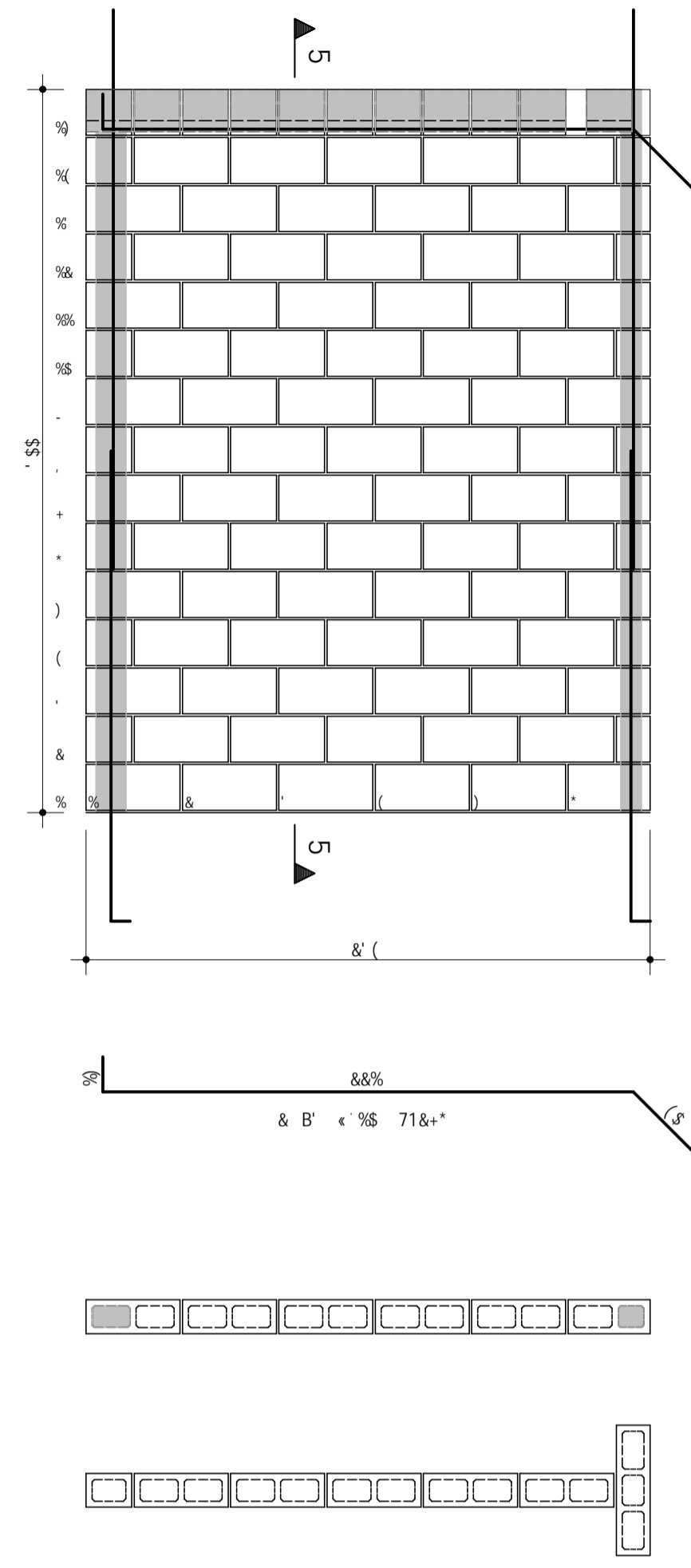
Duf)

8YgYb\c' dFcXi n] Xc' dcf' j Yfg-c' UWUX..a] WUz' dFc] V] Xc' i gc' WcaYfW] U



DUF *

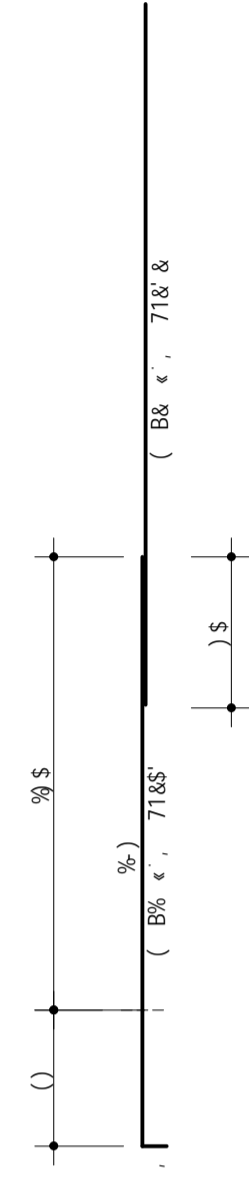
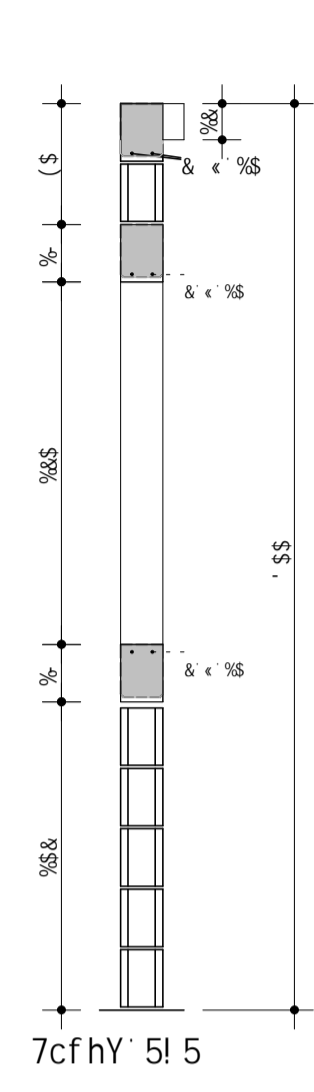
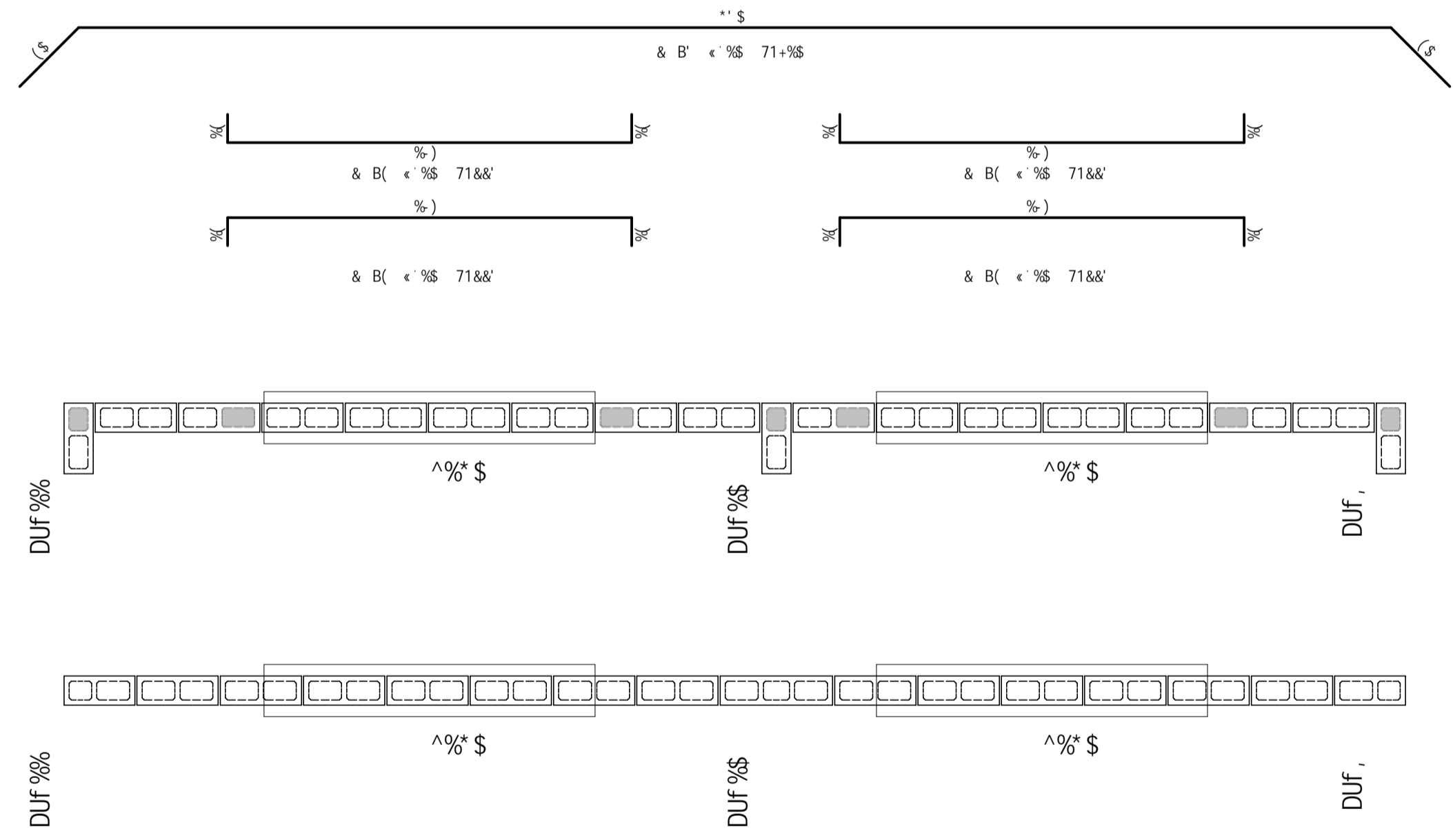
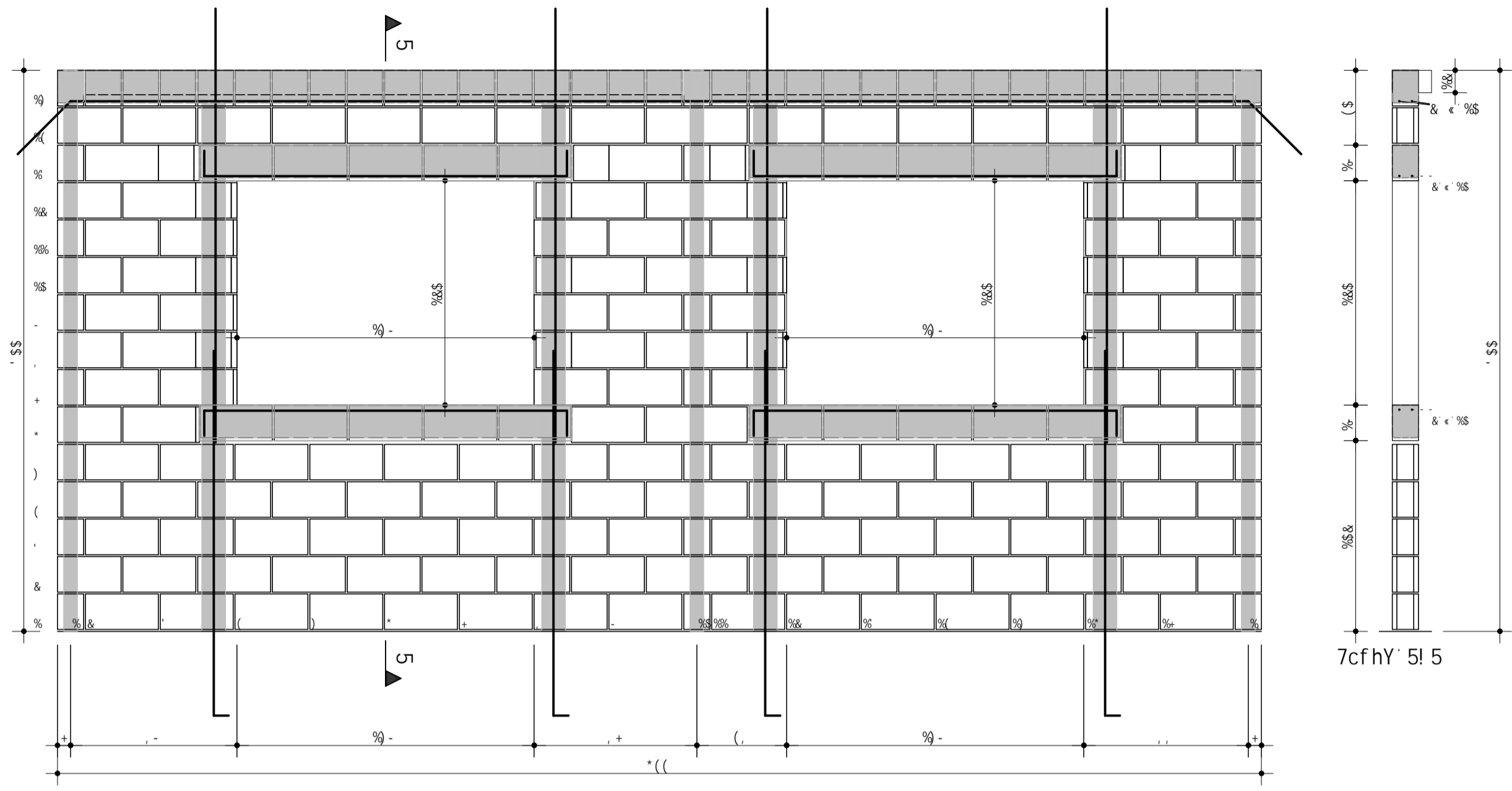
8YgYb\c' dFcXi n] Xc' dcf' j Yfg-c' UWUX..a] WUz' dFc] V] Xc' i gc' WcaYfW] U



TQS Informática Ltda
 Fl 5 D-B-9-FQ2-C- W& I' H98' 11C38L' S' 1 && 1' 79D' C) (&M' S5% 1' GEC' DSI' eC

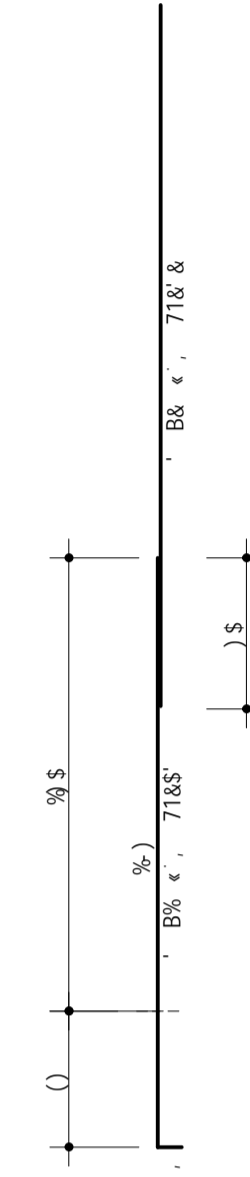
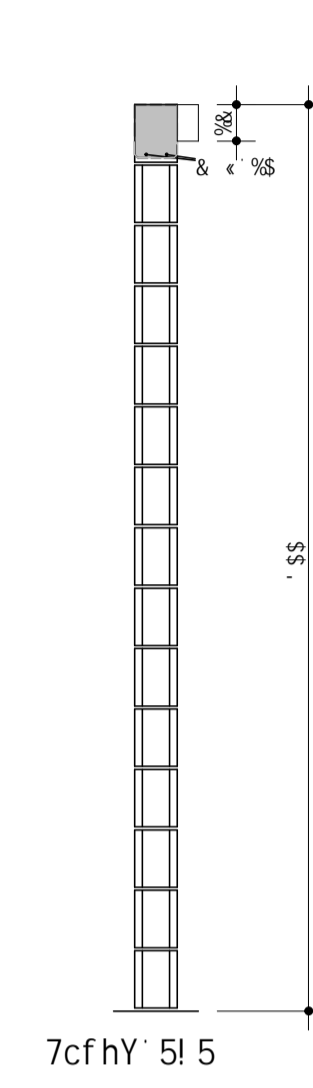
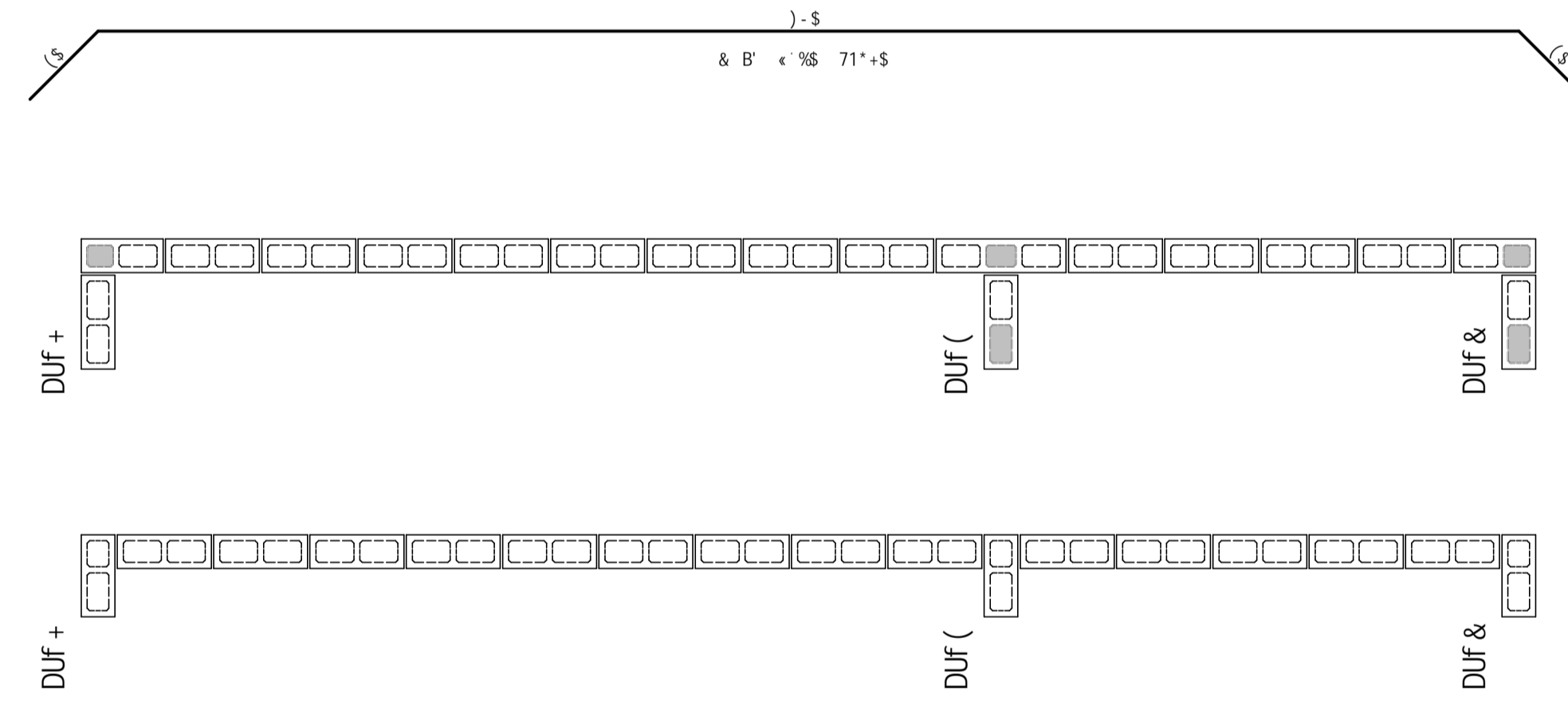
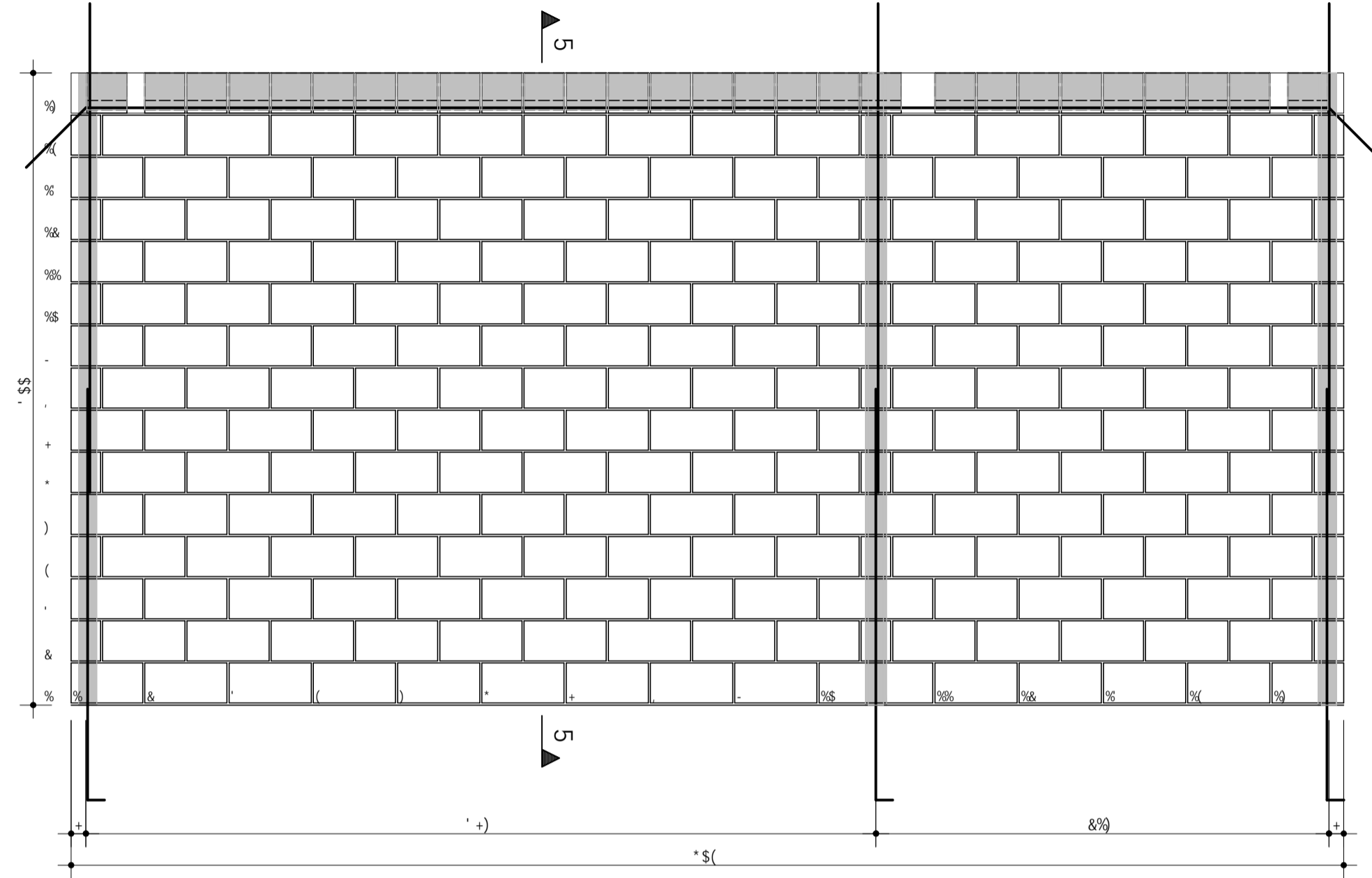
7CB7F9HC	ADU	Caf' S' B' - C
ZVL 1	ADU	89C' B' - C
97G 1		
7h-989		
Caf' S		
H-H IC		
Segundo Pavimento		
		F9J' B' - C
85H5	9075H5	89C9B-C
		703F 8'
		98' - C

Duf +



Duf ,

8YgYb\c' dfeXi n] Xc' dcf' j Yfg-c' UWX..a] WlZ' dfe] V] Xc' i gc' WtaYfW] U



TQS Informática Ltda
 Fl 5 D-B-9-FQ2-C' W& I' H98' 11C38L' S' 1 & & 1' 79D C] (& S5% 1' GEC' DSI @C

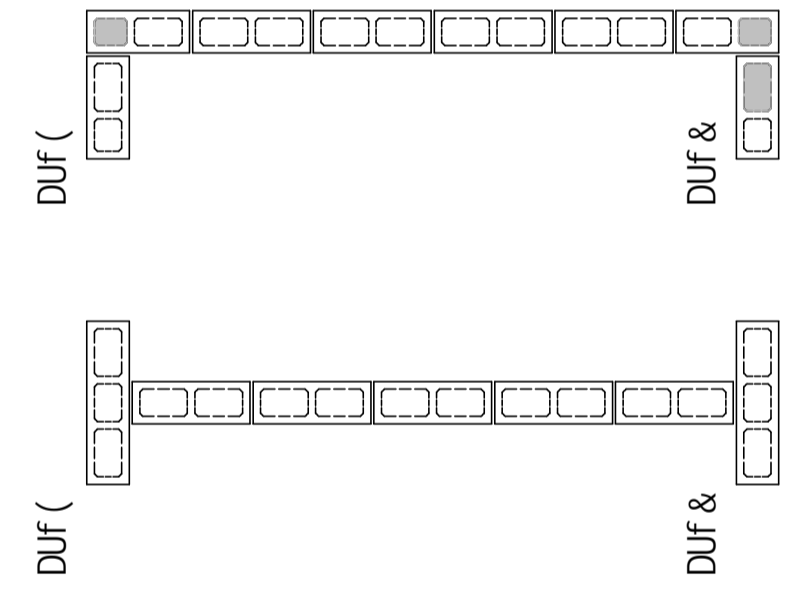
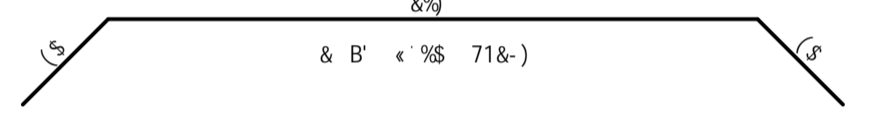
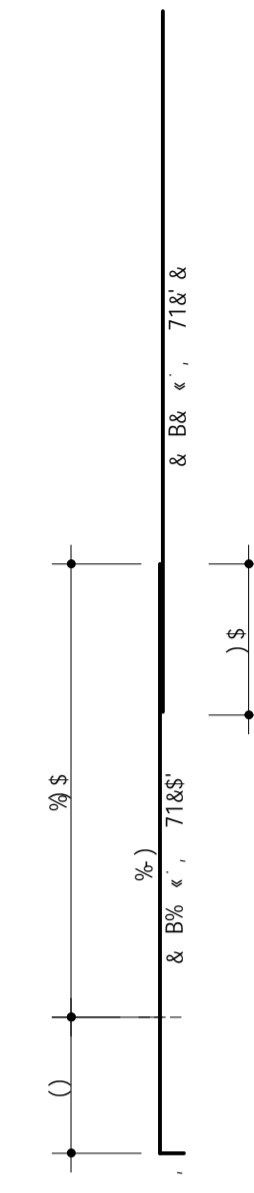
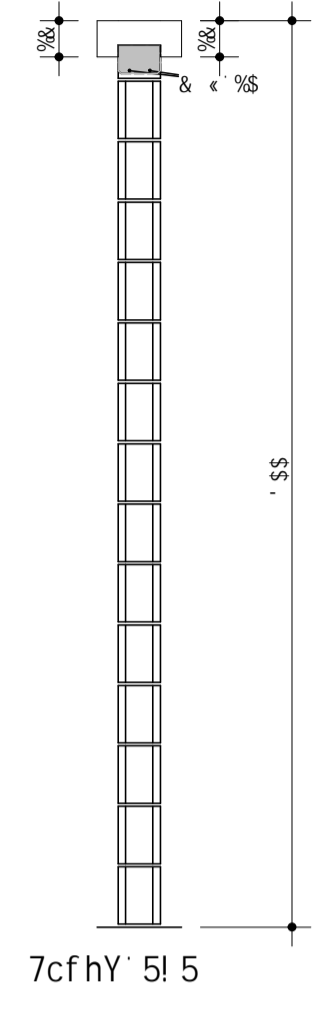
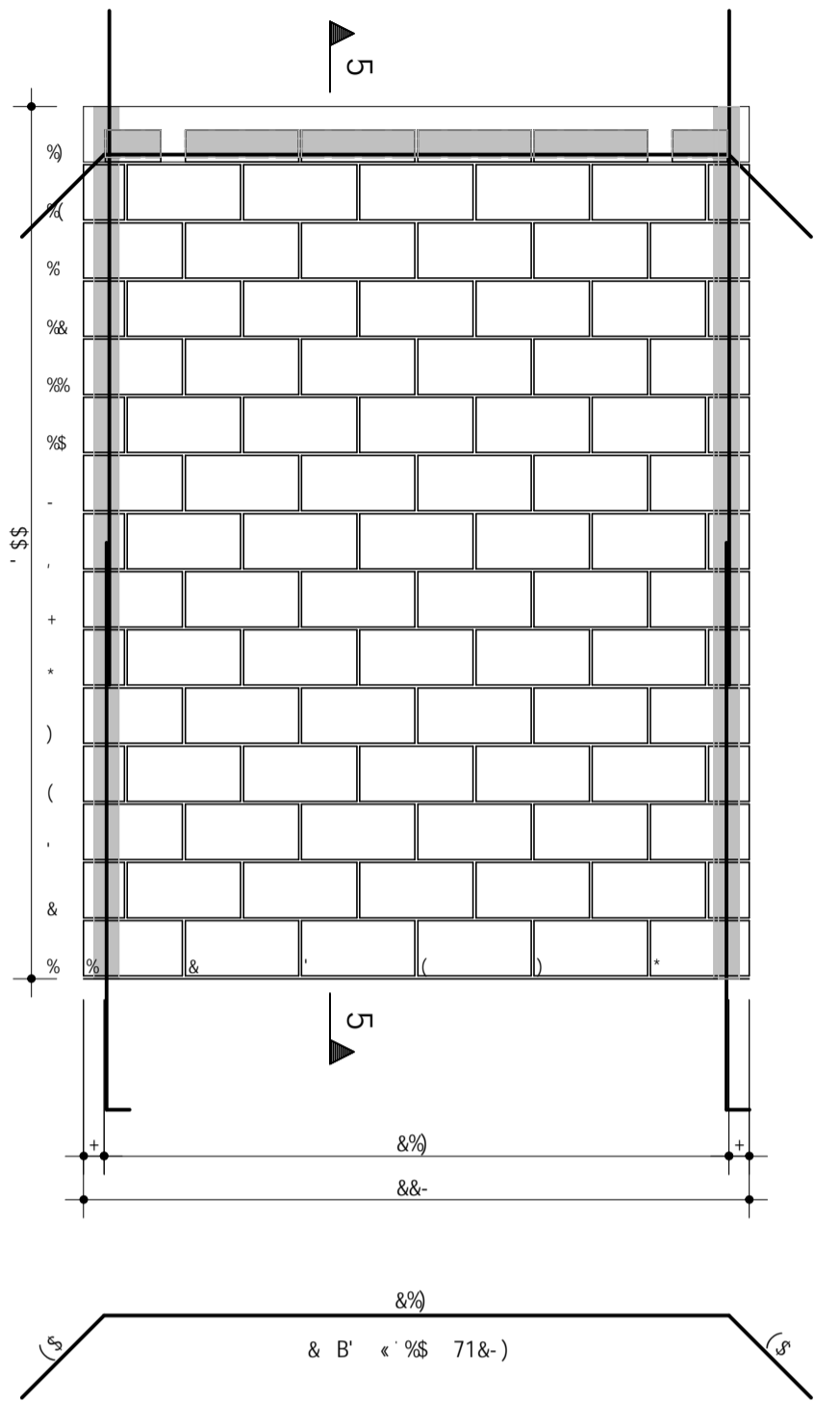
7CB7F9HC	ADU	C65 B - C
ZVL 1	ADU	89C' B - C
97G 1		F9J' B - C
7h-989		
C65		
H-H IC		
Segundo Pavimento		
85H5	9075H5	89C6B-C
		703F8'
		9B' -C

REG 19F BEC 981 757-285P BEC 70697-55P DF 1171 091 1501 5X1 (TSS) DMH 389P98633333 % - J) S. %

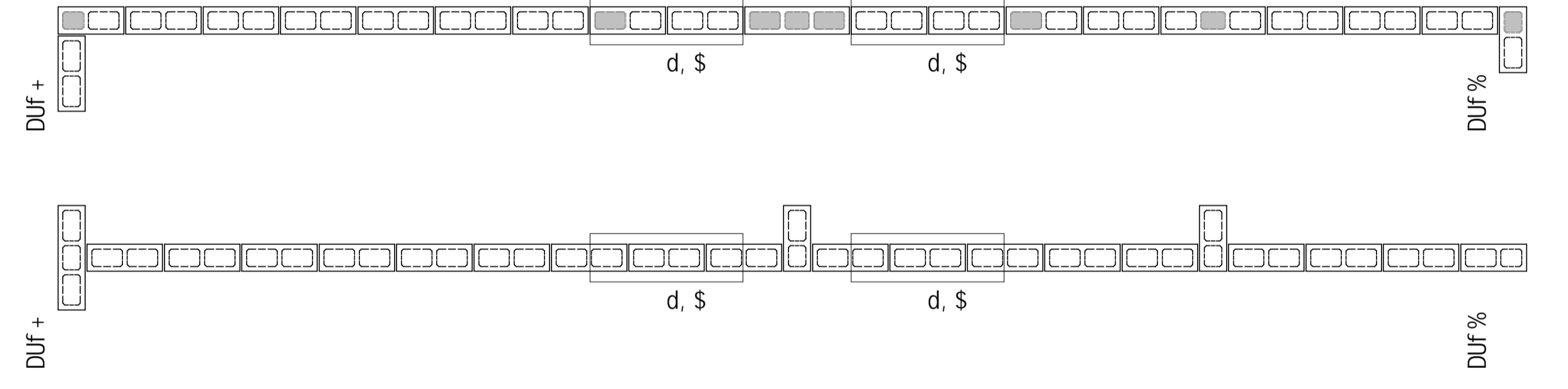
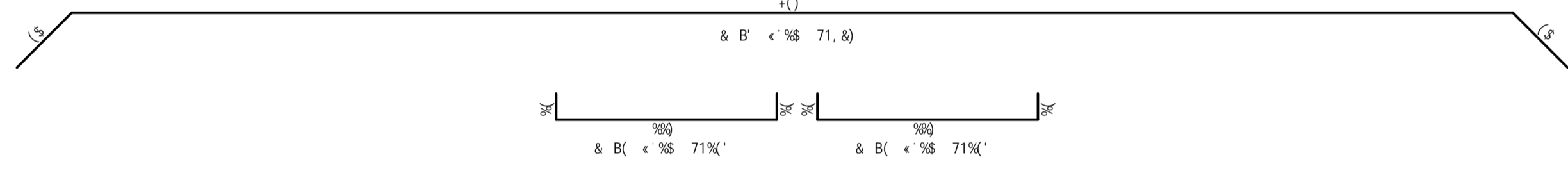
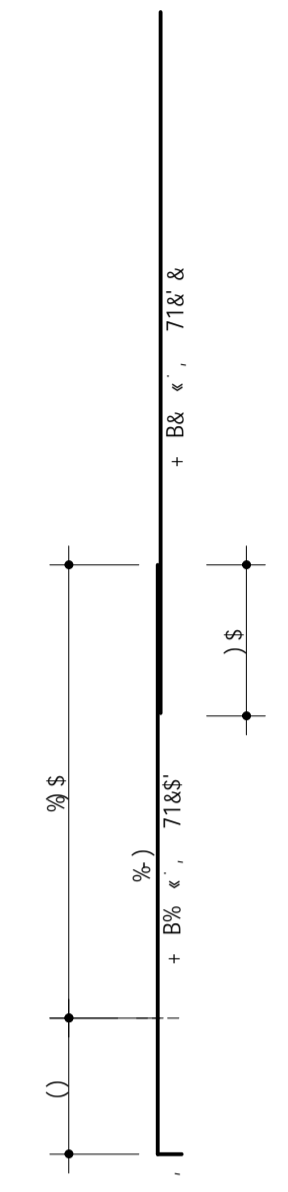
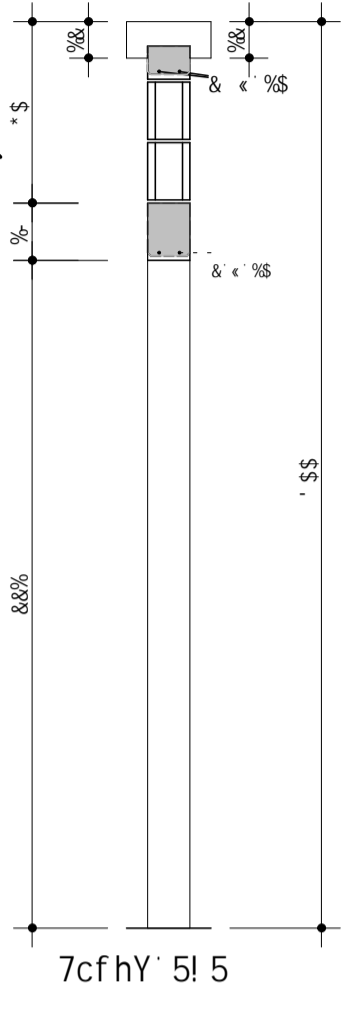
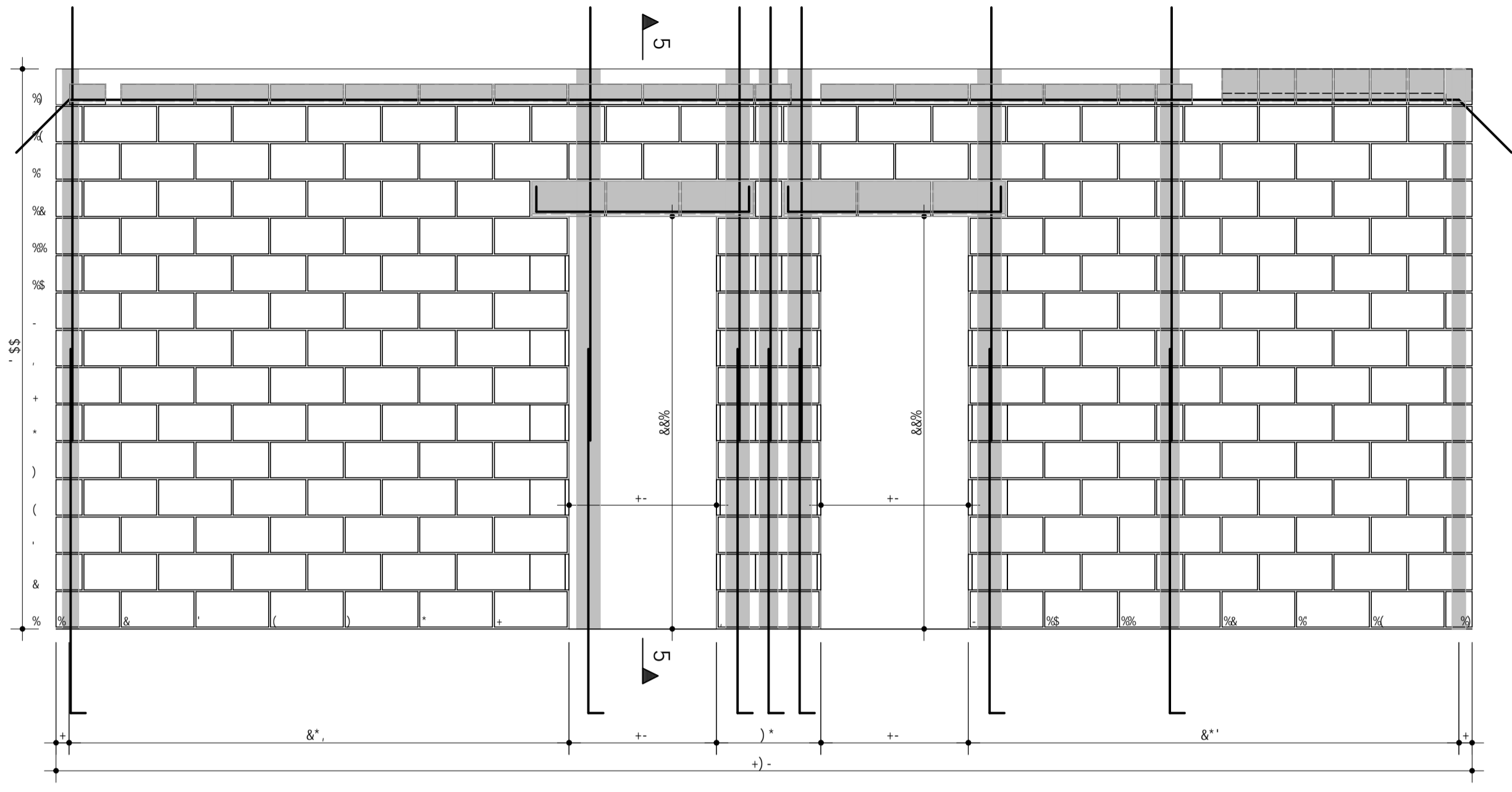
DUF %S

Duf -

8YgYb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg~c' UWUX..a] WUž' dfc] V] Xc' i gc' WcaYFW] U



8YgYb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg~c' UWUX..a] WUž' dfc] V] Xc' i gc' WcaYFW] U

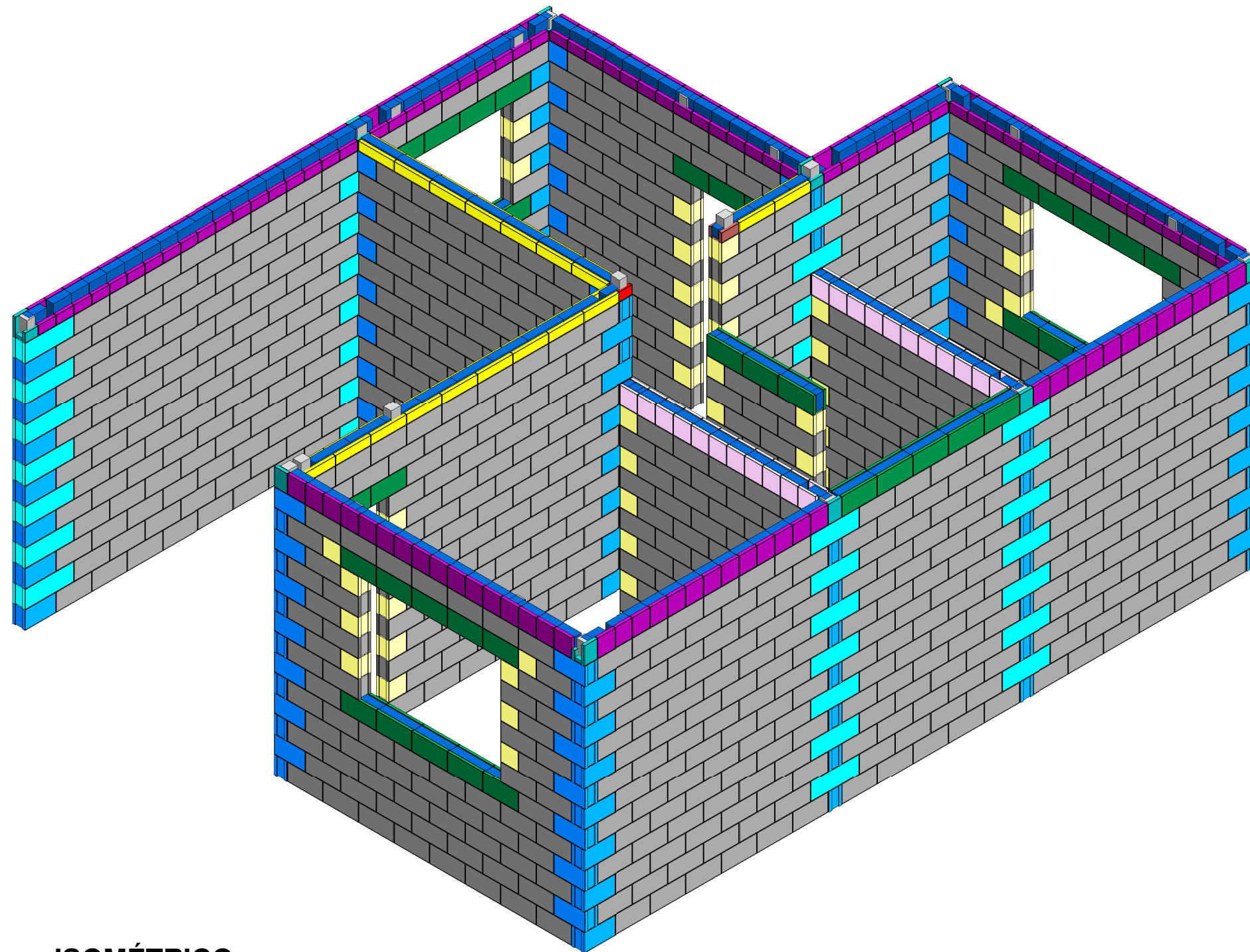


TQS Informática Ltda
FI 5 D-B-9-F02-C' W& I' H98 11038L' S' 1 & & 1' 79D C] (8& S5% 1' GEC' DSI @C












7CB7F9HC	ADU	C&S B'-C
97G 1	ADU	89C' B'-C
716-989		
C&S		
H-H IC		
Segundo Pavimento		
8545	907545	89076-C

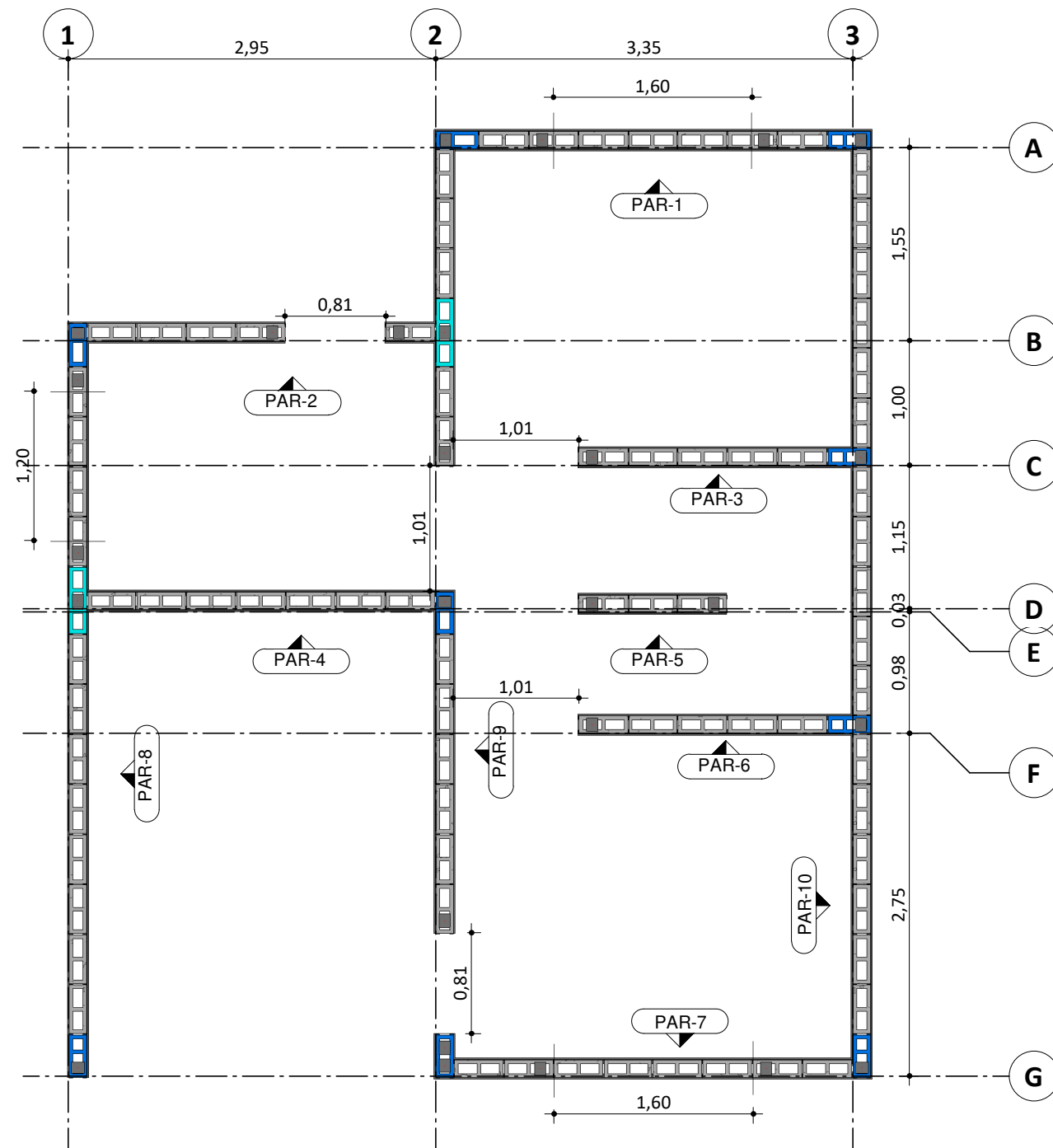
REG 19F BEC 981 757-285P BEC 70697-55P DF 1771 091 1501 530 TSS 04H 38999633333 % - 1 S 83

**APÊNDICE B – DESENVOLVIMENTO DO PROJETO UNIFAMILIAR NO
SOFTWARE REVIT**



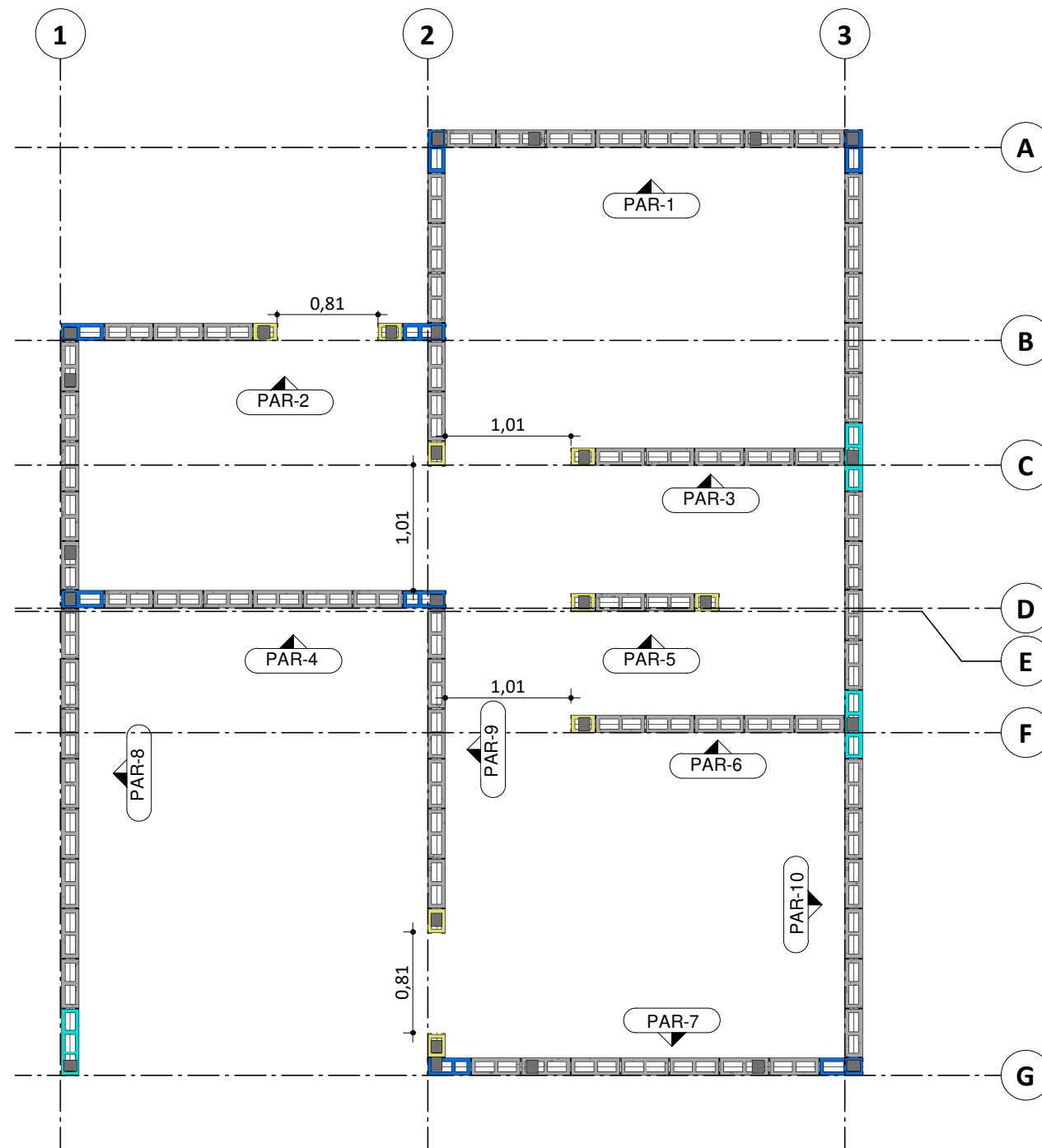
ISOMÉTRICO
PRIMEIRO PAVIMENTO

LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



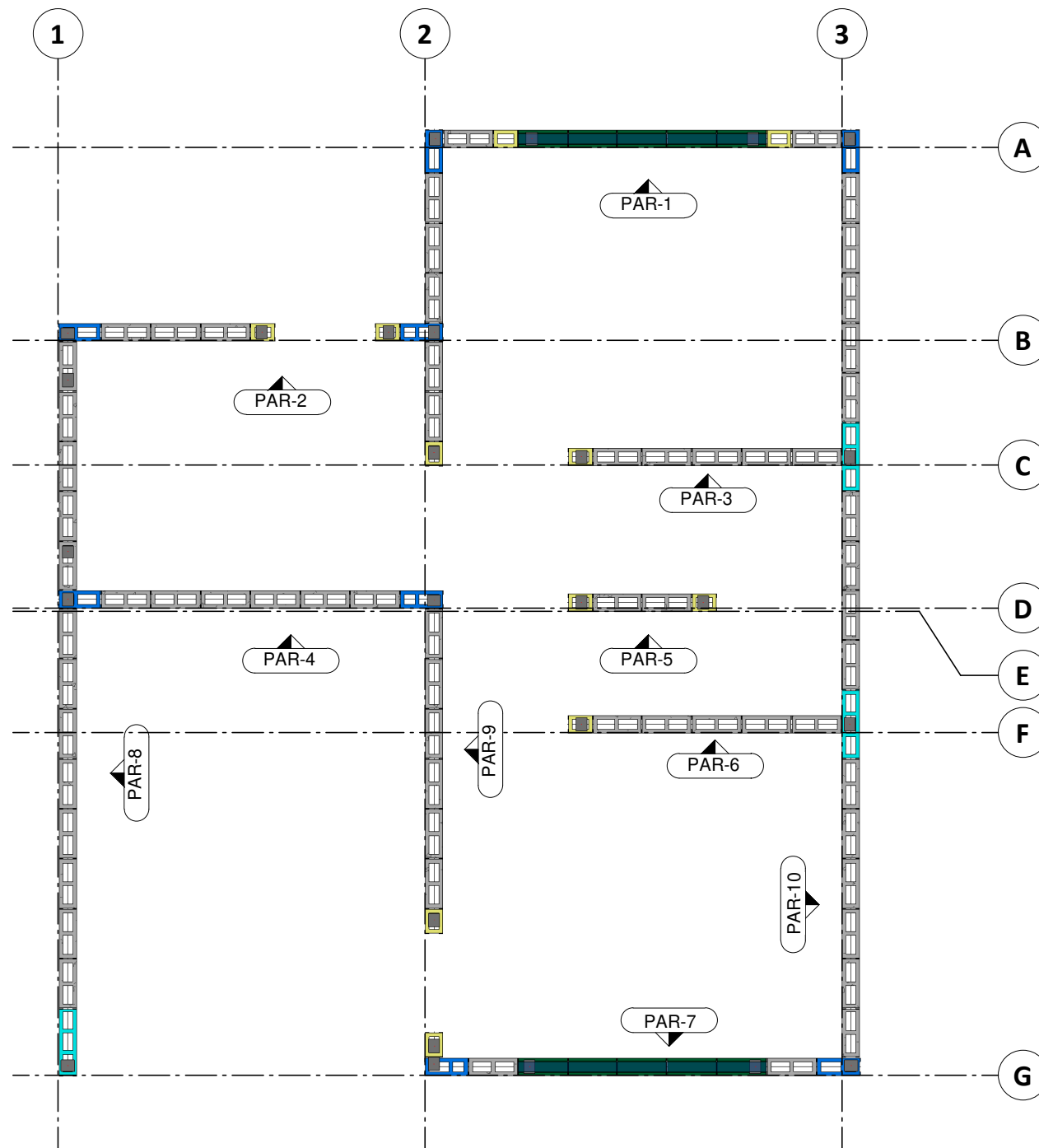
1. Térreo - Primeira Fiada
1 : 50

LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



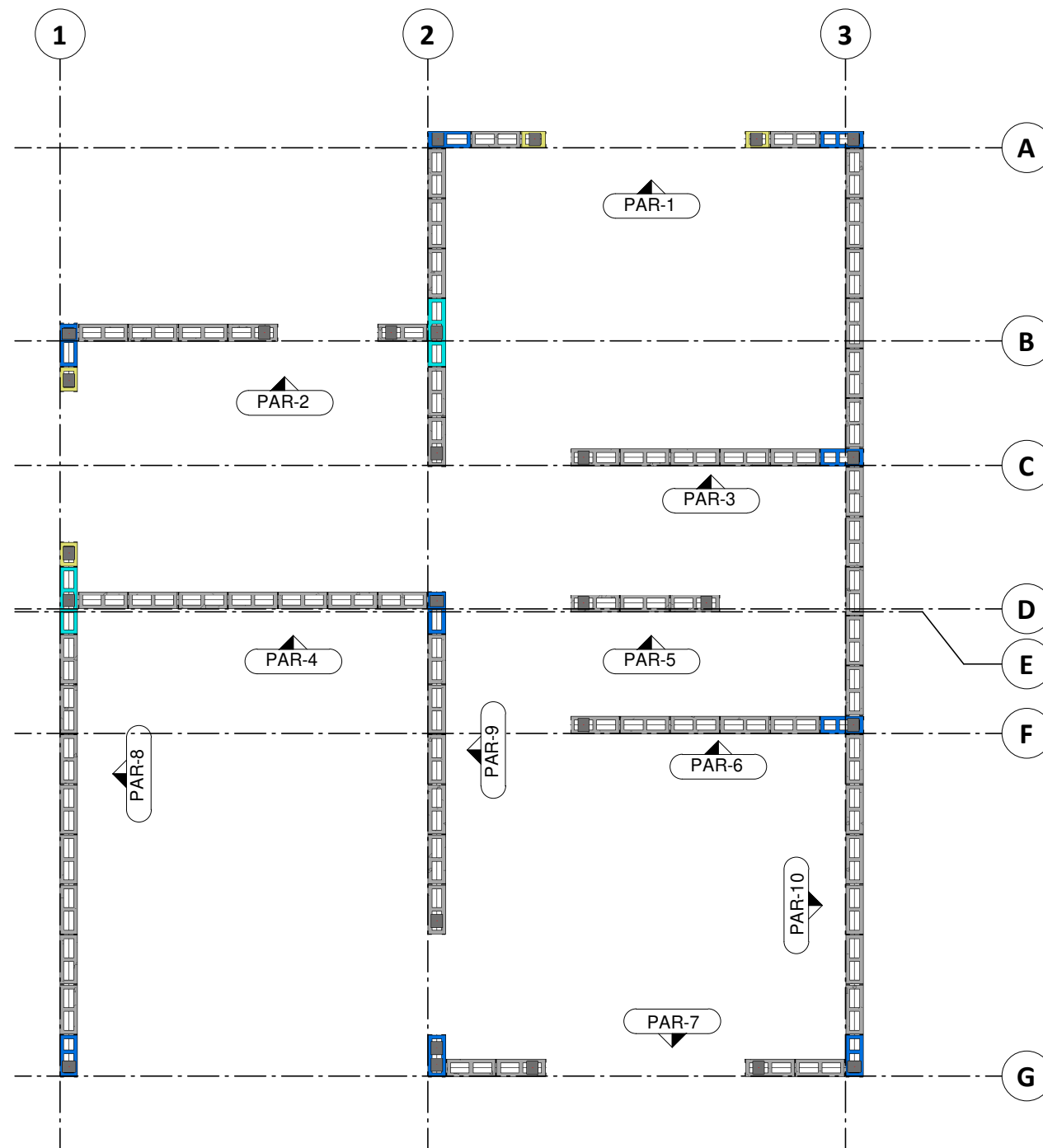
2. Térreo - Segunda Fiada
1 : 50

LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



3. Térreo - Sexta Fiada
1 : 50

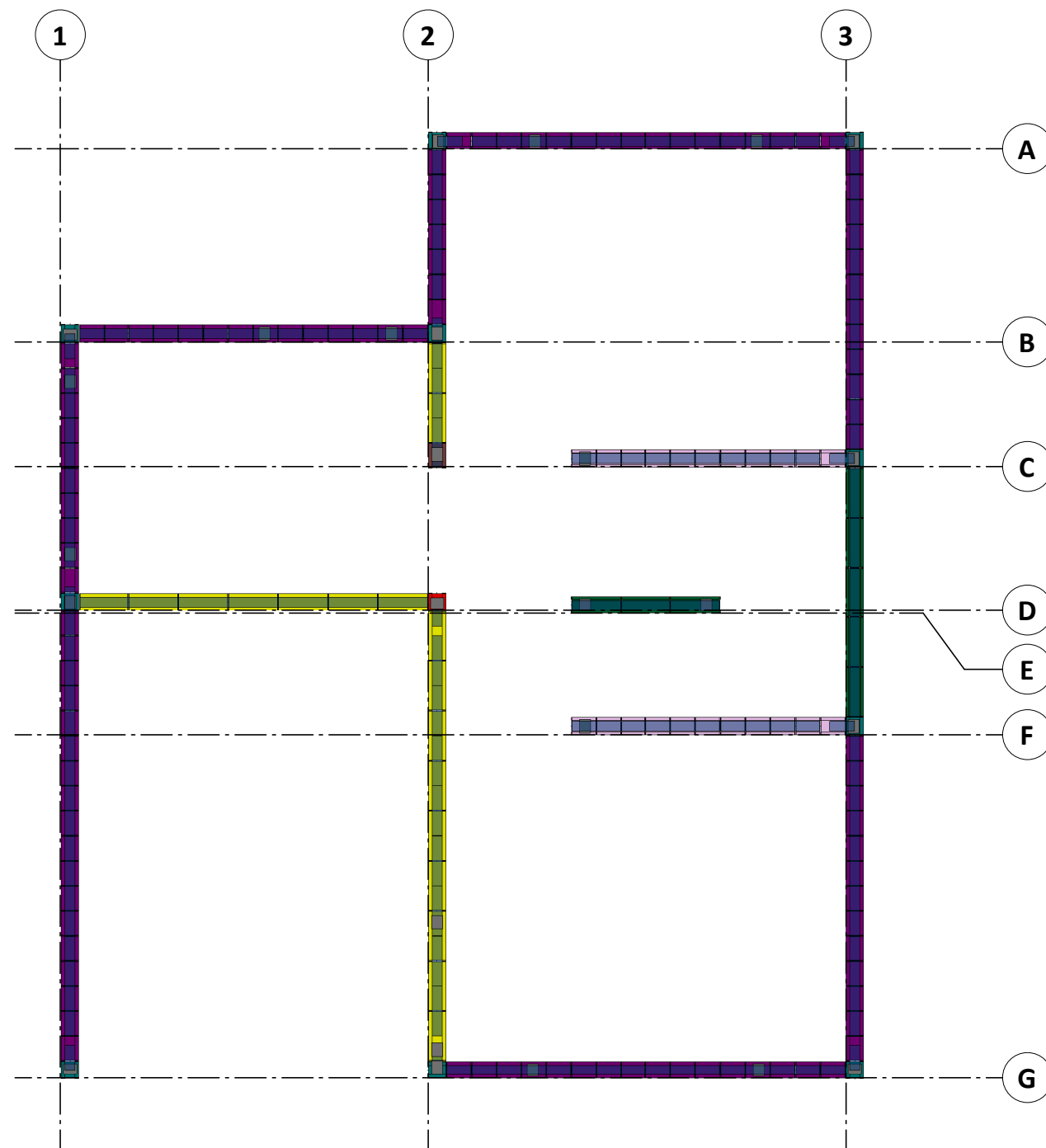
LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



4. Térreo - Décima Primeira Fiada

1 : 50

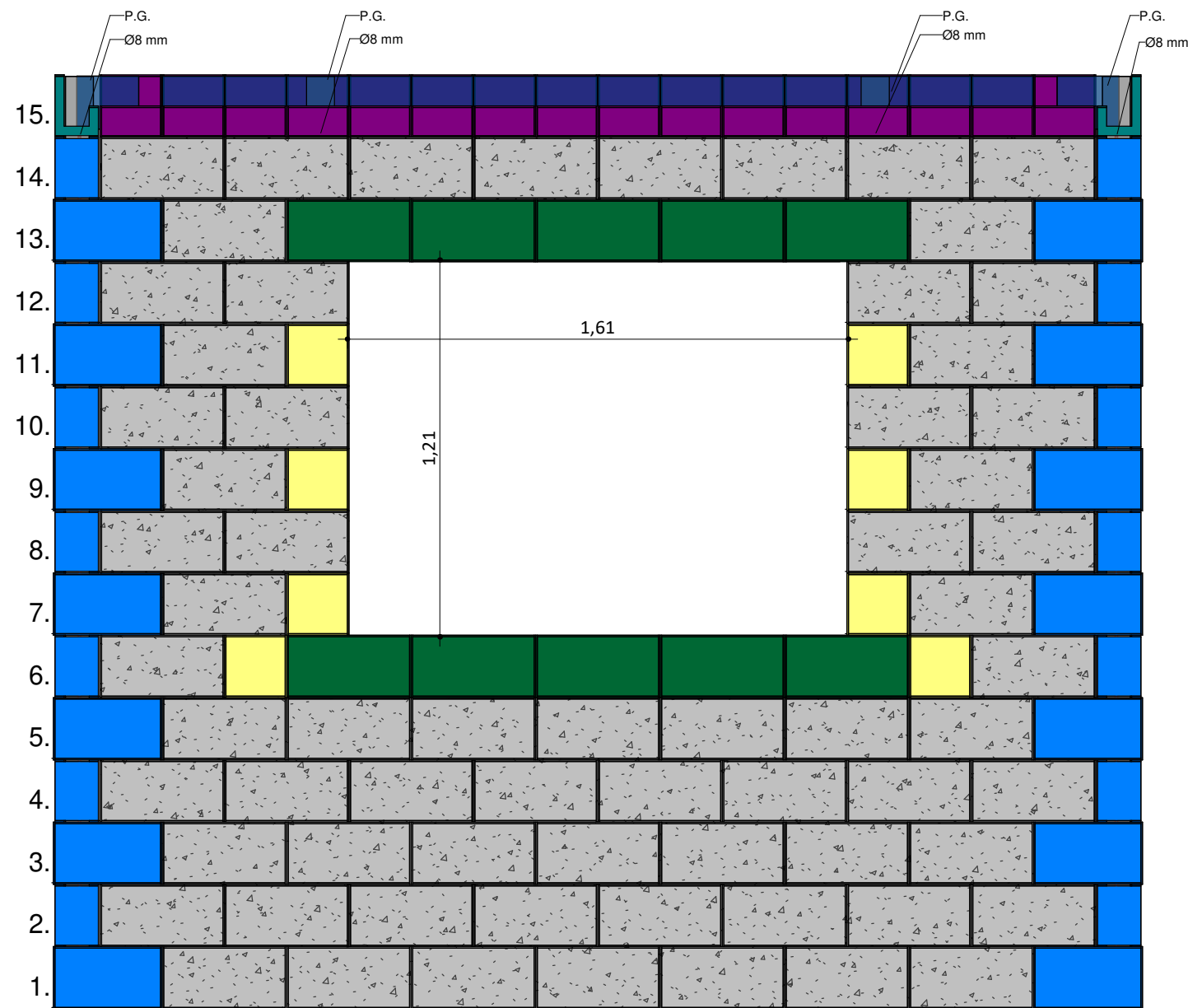
LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



5. Térreo - Décima Quinta Fiada

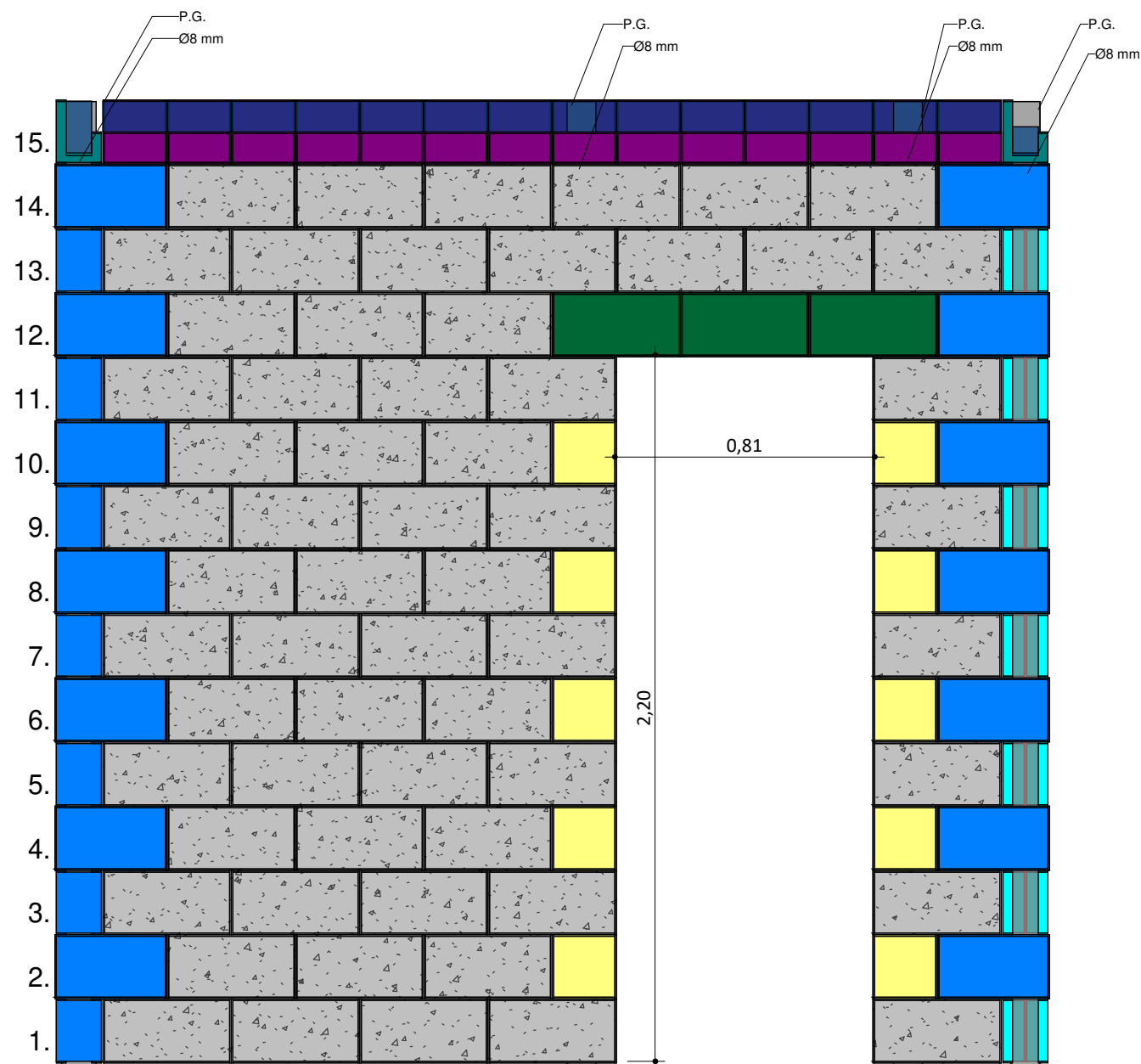
1 : 50

LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

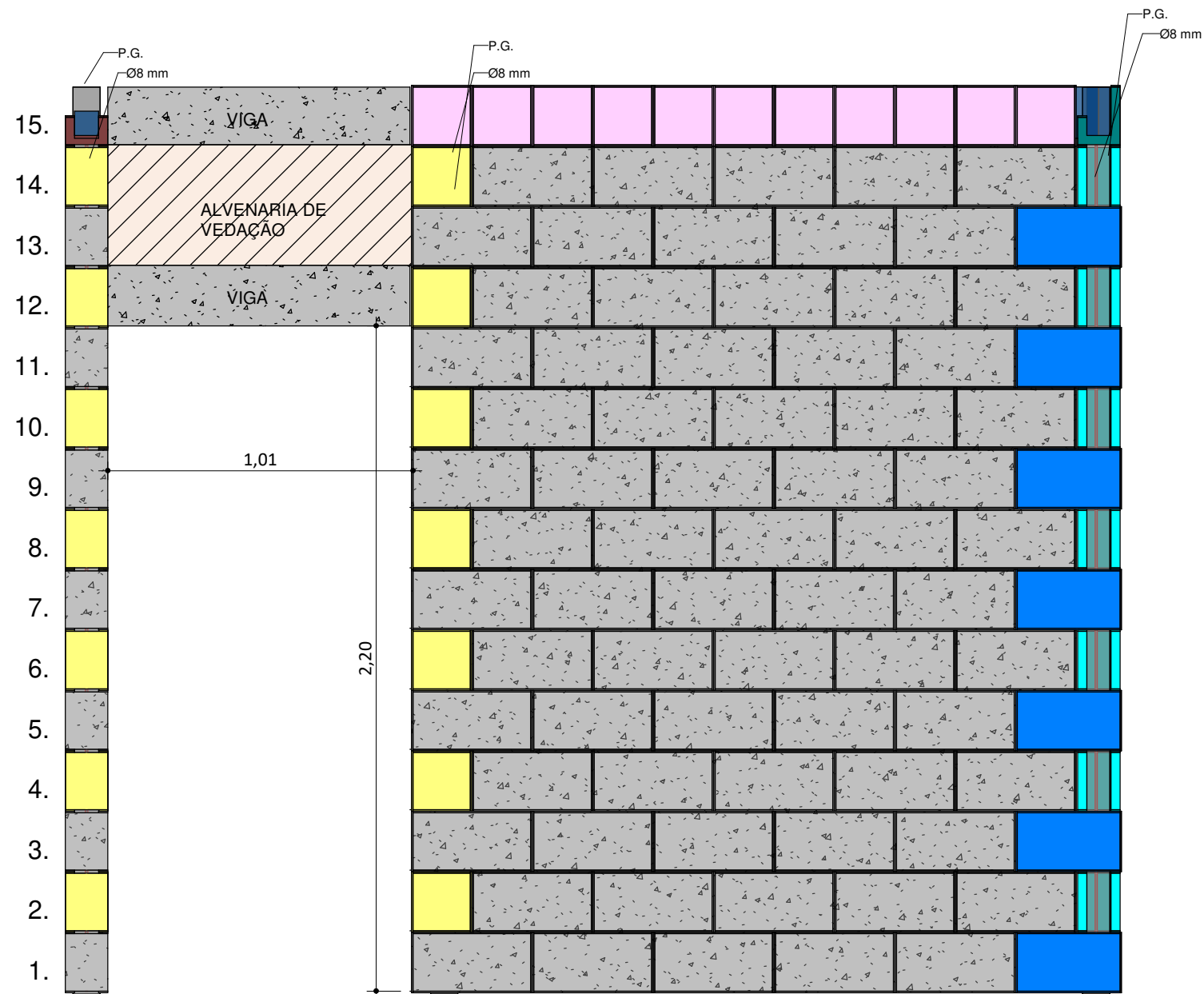
PAR-1
1 : 20



LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

PAR-2

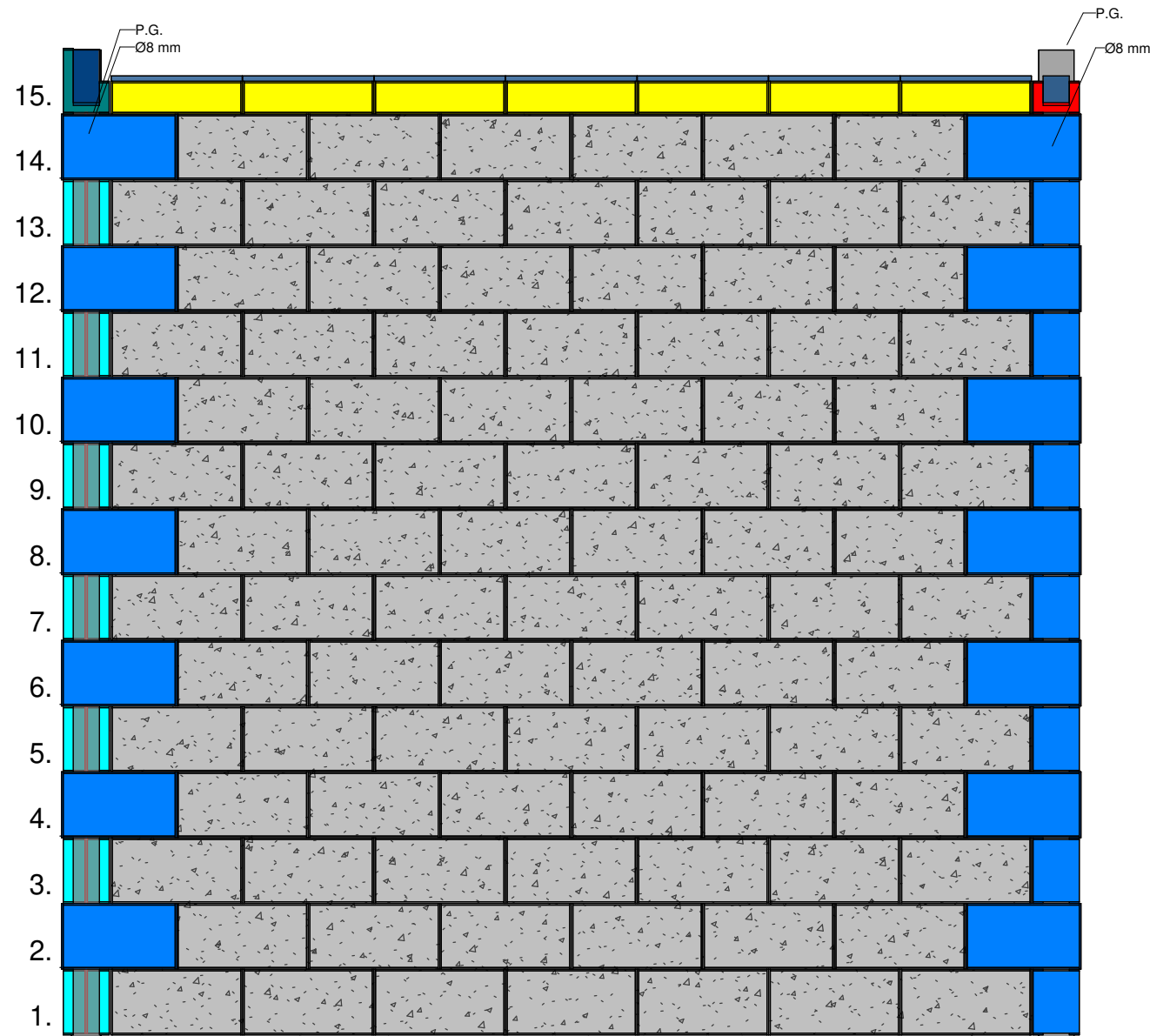
1 : 20



LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

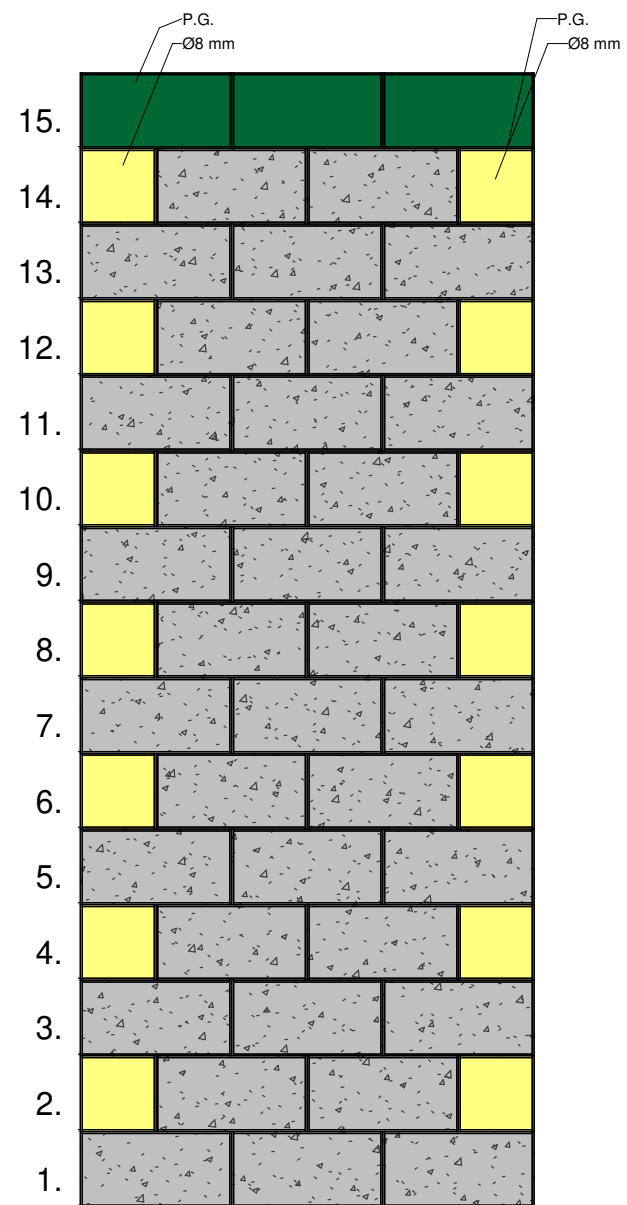
PAR-3

1 : 20



LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

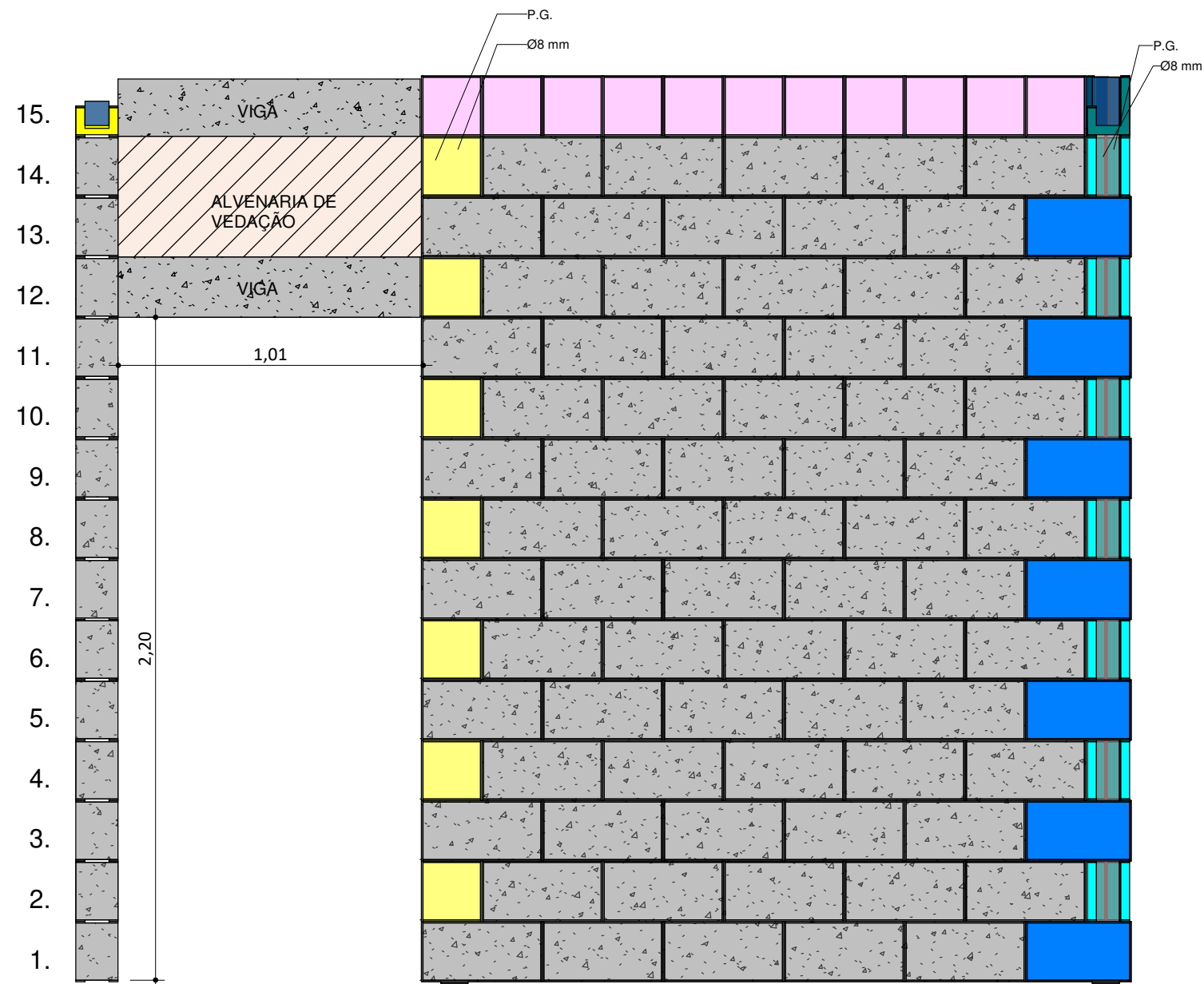
PAR-4
1 : 20



LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

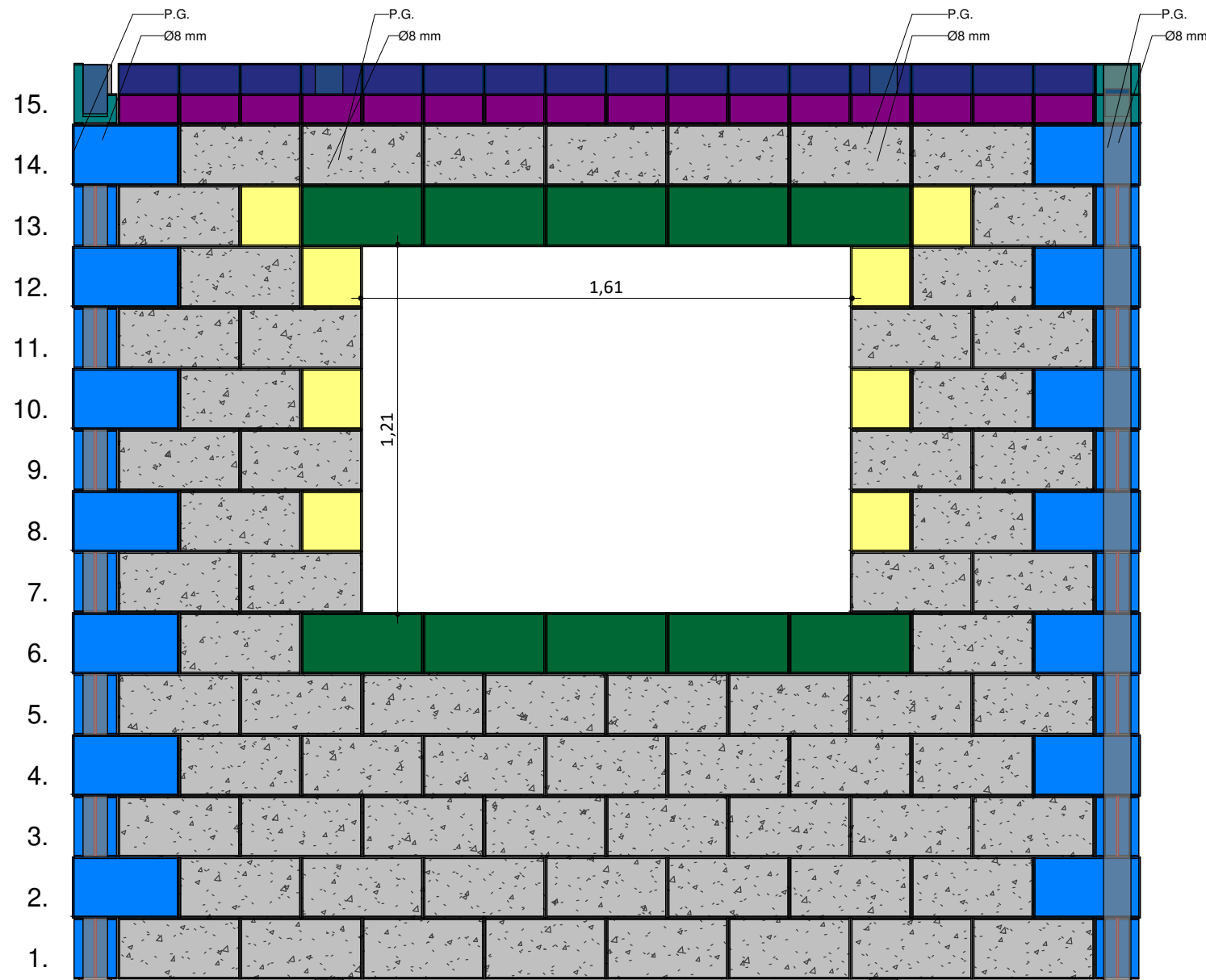
PAR-5

1 : 20



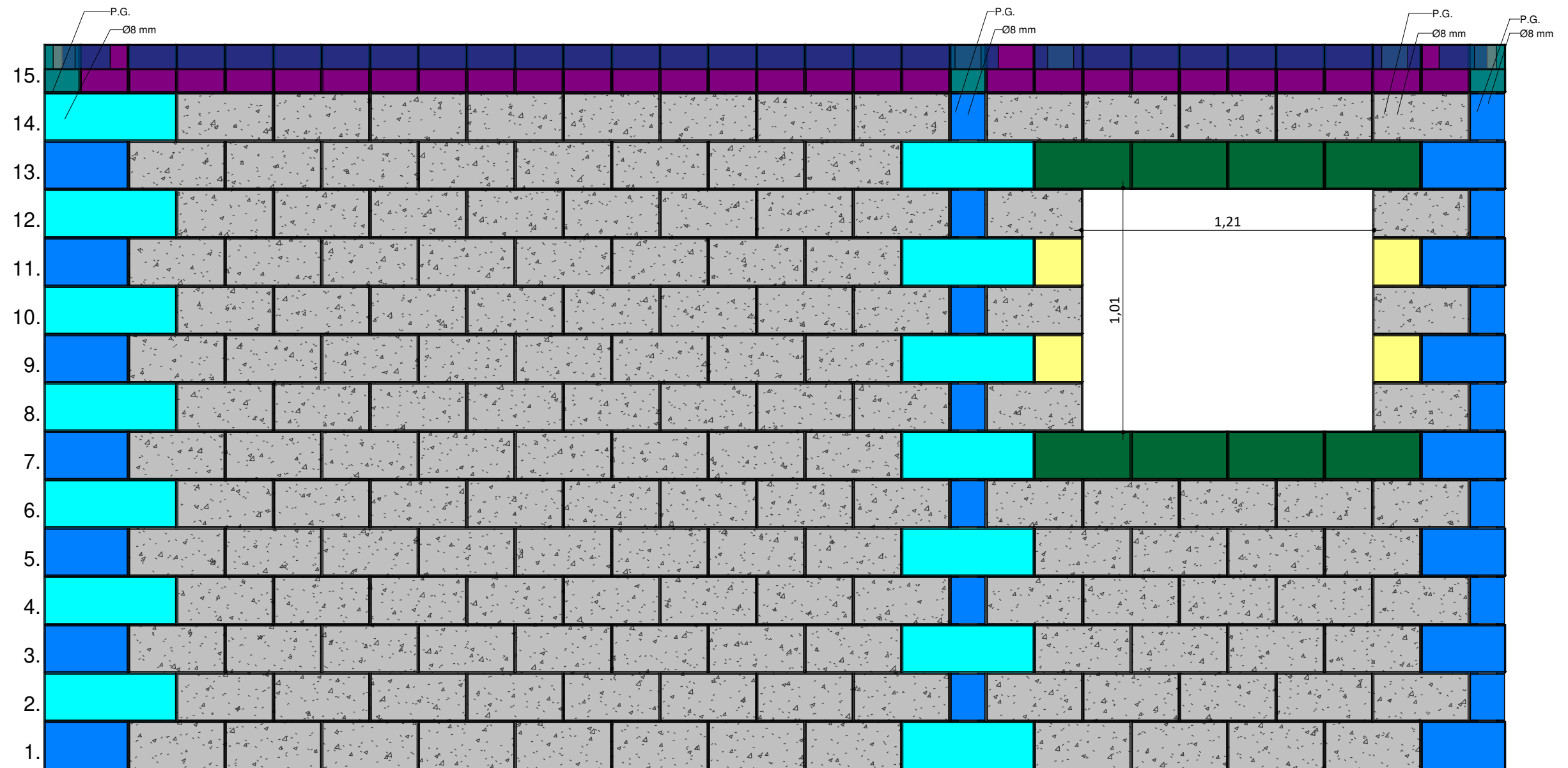
LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

PAR-6
1 : 20




LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)






PAR-7
1 : 20

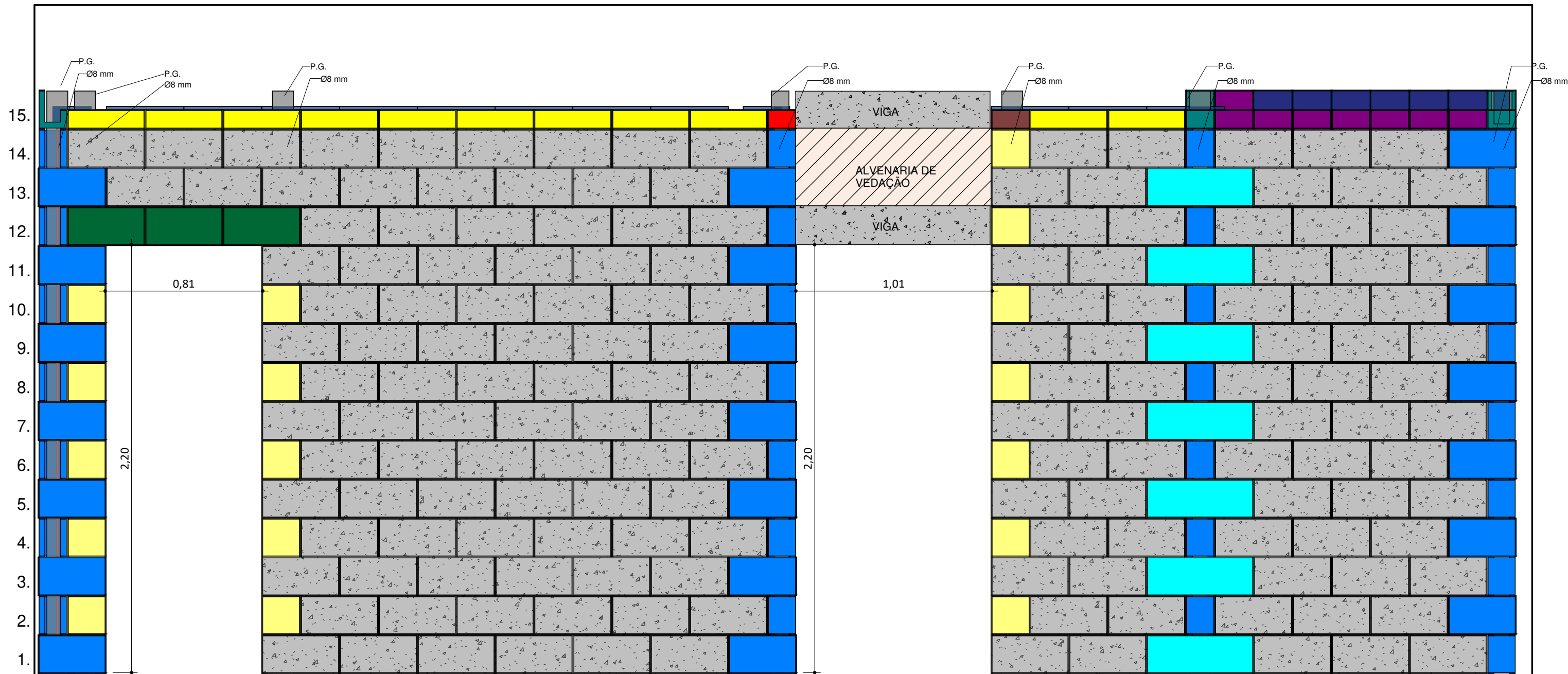


PAR-8

1 : 20

LEGENDA.	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)

LEGENDA.	
Imagem	Família
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

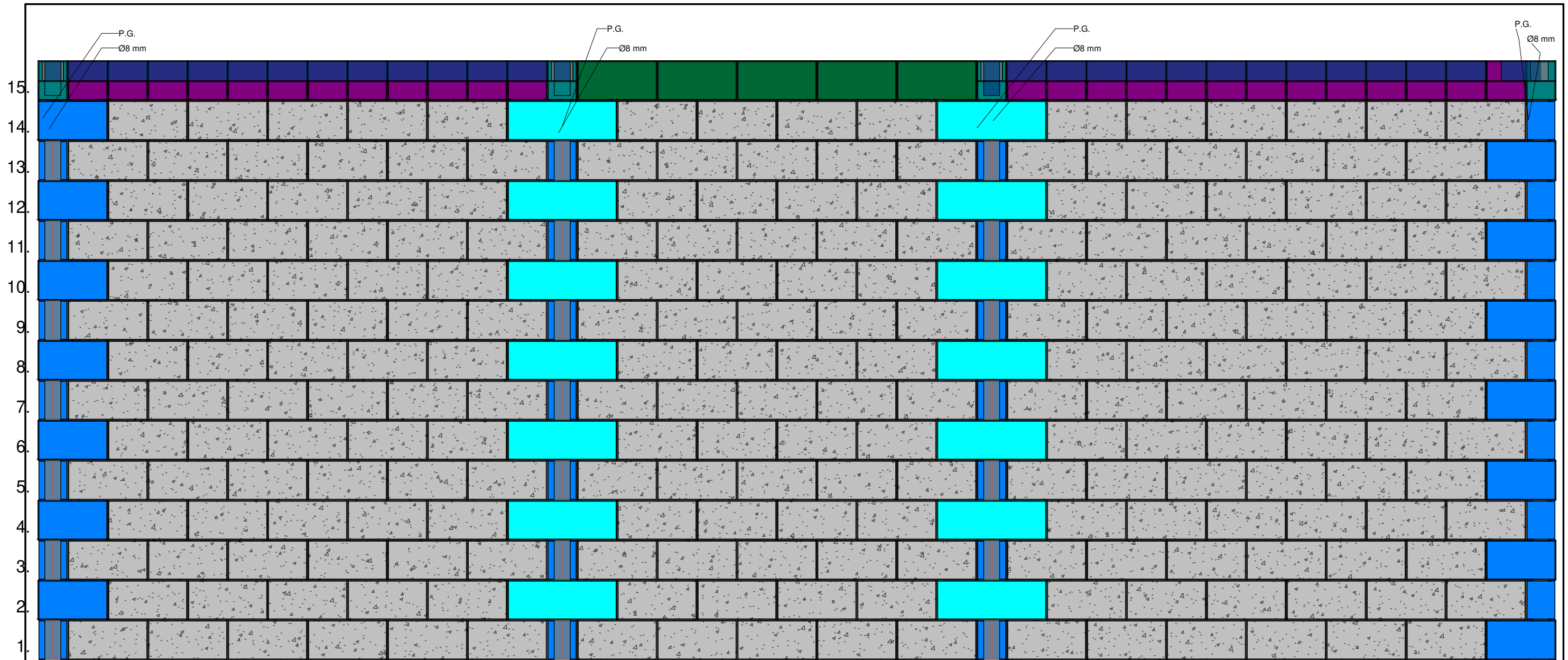


PAR-9

1 : 20

LEGENDA.	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)









LEGENDA.	
Imagem	Família
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



PAR-10
1 : 20

LEGENDA.	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)

LEGENDA.	
Imagem	Família
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

LEGENDA	
Imagem	Familia
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 14cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta U 19cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

QUANTITATIVO ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO		
Familia	Material	Volume total por familia
Bloco Estrutural de 19cm (L14)		
Bloco Estrutural de 19cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,02 m³
Bloco Estrutural de 34cm (L14)		
Bloco Estrutural de 34cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,04 m³
Bloco Estrutural de 39cm (L14)		
Bloco Estrutural de 39cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,35 m³
Bloco Estrutural de 54cm (L14)		
Bloco Estrutural de 54cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,02 m³
Canaleta Compensadora 14cm (L14)		
Canaleta Compensadora 14cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,00 m³
Canaleta Compensadora 19cm (L14)		
Canaleta Compensadora 19cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,00 m³
Canaleta Compensadora 39cm (L14)		
Canaleta Compensadora 39cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,01 m³
Canaleta J 14cm (L14)		
Canaleta J 14cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,00 m³
Canaleta J 19cm (L14)		
Canaleta J 19cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,02 m³
Canaleta U 19cm (L14)		
Canaleta U 19cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,00 m³
Canaleta U 39cm (L14)		
Canaleta U 39cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,01 m³
Total geral		0,47 m³

QUANTITATIVO ARMADURA			
Familia e tipo	Diâmetro da barra	Comprimento total da barra	Quantidade de barra
Barra do vergalhão: 8 CA-60	8 mm	72,80 m	6,1

QUANTITATIVO BLOCOS ESTRUTURAIS				
Quantidade	Familia	Fabricante	Código de montagem	Custo
BE20				
75	Bloco Estrutural de 19cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - BE20	2,00
BE35				
119	Bloco Estrutural de 34cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - BE35	4,00
BE40				
994	Bloco Estrutural de 39cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - BE40	5,00
BE54				
35	Bloco Estrutural de 54cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - BE54	7,00
C20				
22	Canaleta U 19cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - C20	8,00
C40				
42	Canaleta U 39cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - C40	10,00
J15				
10	Canaleta J 14cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - J15	12,00
J20				
106	Canaleta J 19cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - J20	13,00
U15				
1	Canaleta Compensadora 14cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - U15	16,00
U20				
1	Canaleta Compensadora 19cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - U20	17,00
U40				
18	Canaleta Compensadora 39cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - U40	19,00
1423				

QUANTITATIVO CHAPISCO E REBOCO	
Material	Volume
Chapisco	0,54 m³
Reboco	2,72 m³

QUANTITATIVO GRAUTE HORIZONTAL	
Familia	Volume
Graute Horizontal 1	0,23 m³
Graute Horizontal 2	0,34 m³
Graute Horizontal 3	0,05 m³
Graute Horizontal 4	0,01 m³
VOLUME TOTAL:	0,63 m³

QUANTITATIVO GRAUTE VERTICAL	
Familia	Volume
Graute	0,75 m³
VOLUME TOTAL:	0,75 m³

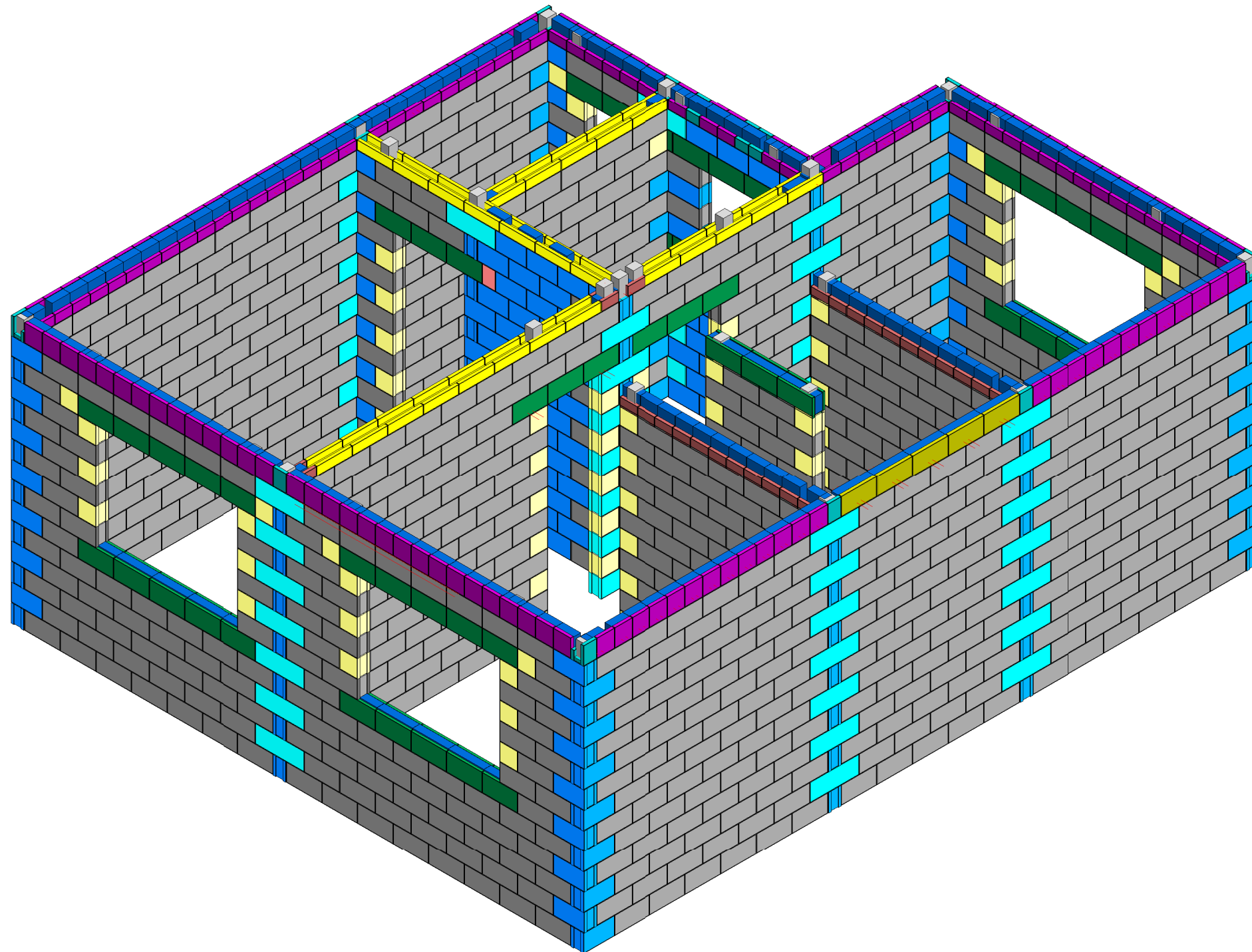
NOTAS:












DOCUMENTO DE REFERENCIA		
CODIFICAÇÃO	TIPO DE ESPECIFICAÇÃO/DOCUMENTO	FORMATO

PLANTA CHAVE

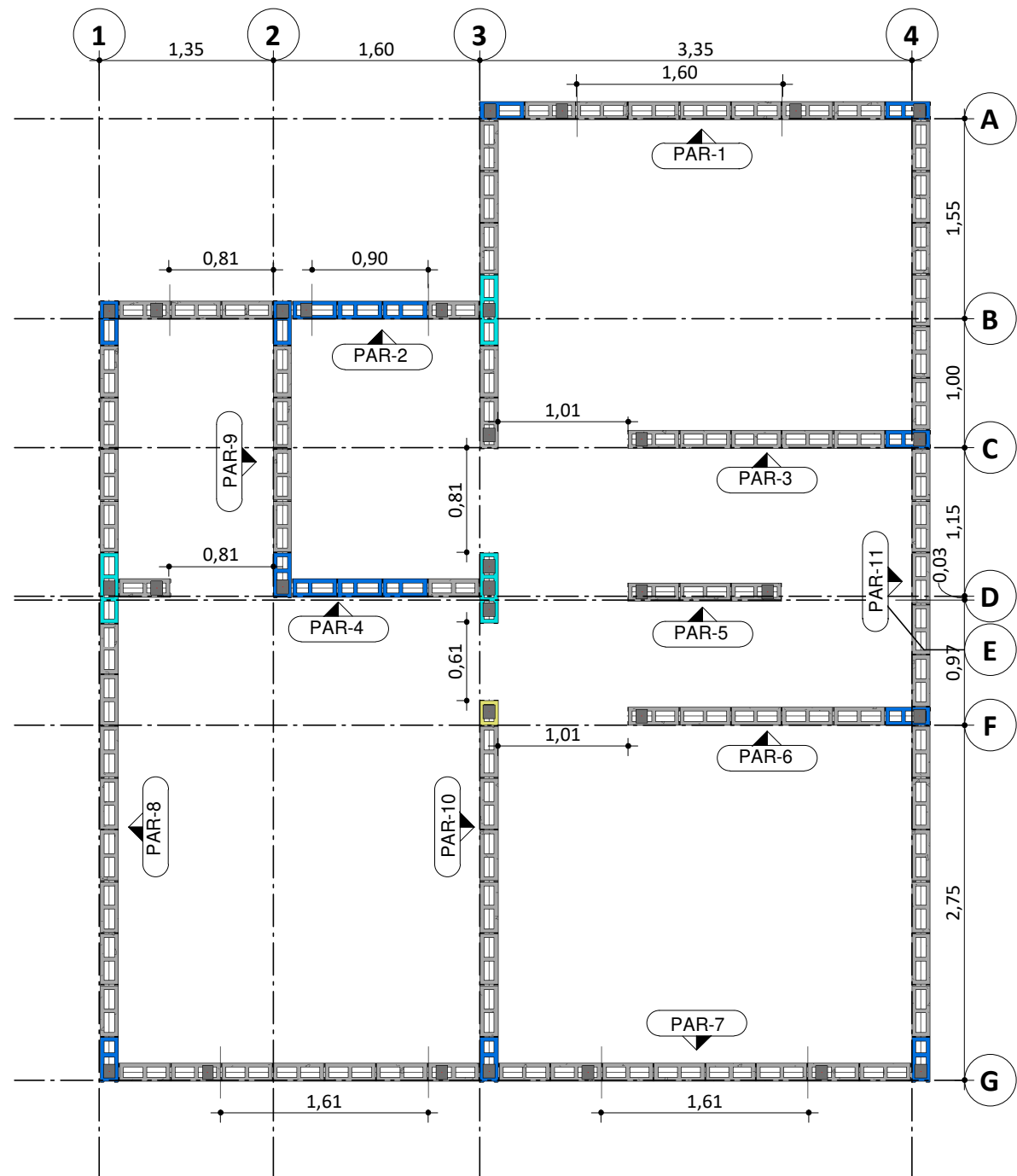
REV.	EMISSÃO INICIAL	DATA	AUTOR	DESENHISTA	APROVAÇÃO
A		21/11/22			

CLIENTE/CESSIONÁRIO	RESPONSÁVEL CLIENTE/CESSIONÁRIO	RESPONSÁVEL TÉCNICO
TCC CARLOS E INAE	TCC CARLOS E INAE CREA-SC	TCC CARLOS E INAE CREA-SC
TCC CARLOS E INAE		
TÍTULO / ESPECIFICAÇÃO DO DOCUMENTO		
TABELAS		
PRIMEIRO PAVIMENTO		
CÓDIGO PROJETISTA	DATA:	ESCALA:
	21/11/22	
CODIFICAÇÃO	FOLHA:	



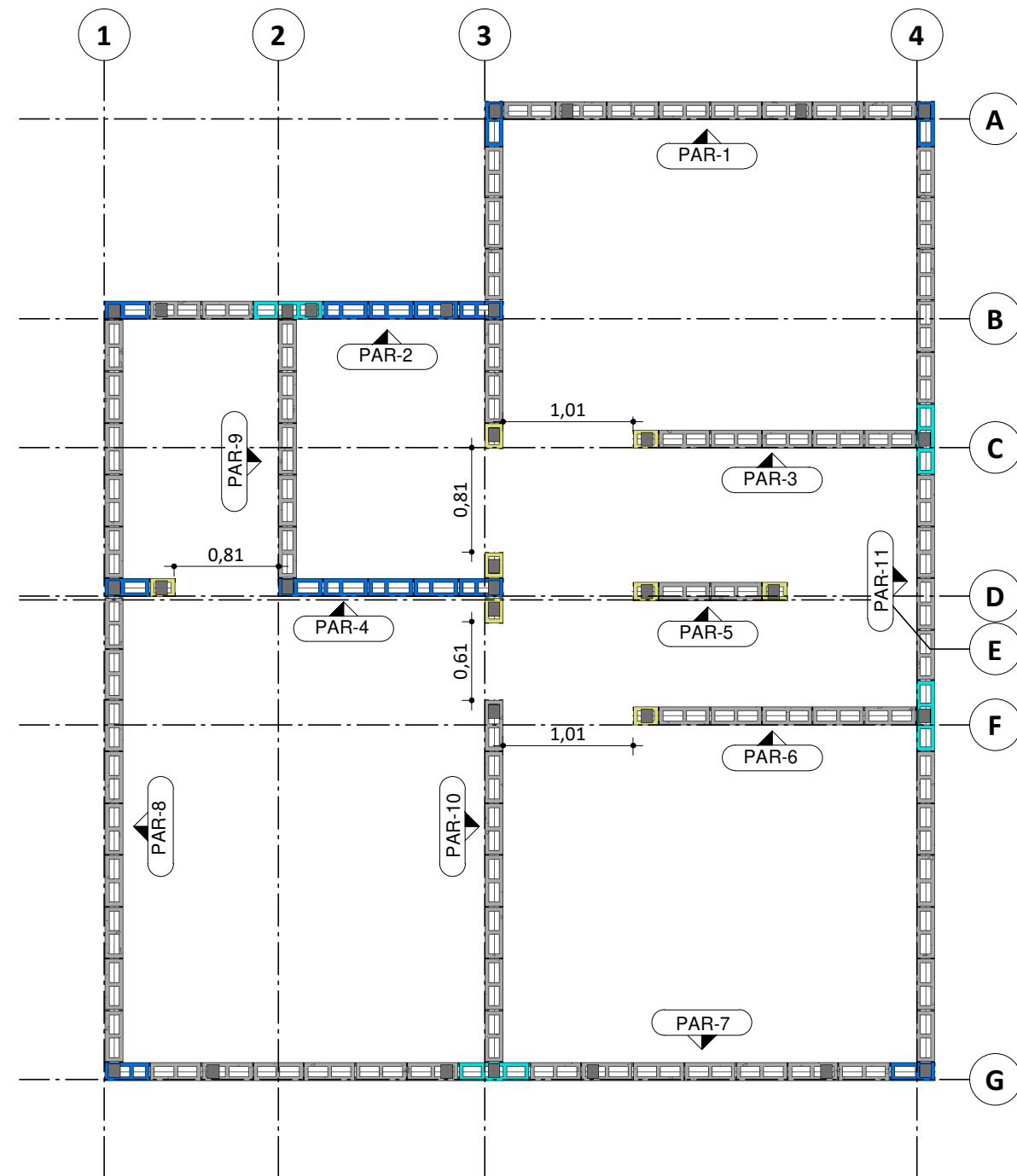
LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

ISOMÉTRICO
SEGUNDO PAVIMENTO



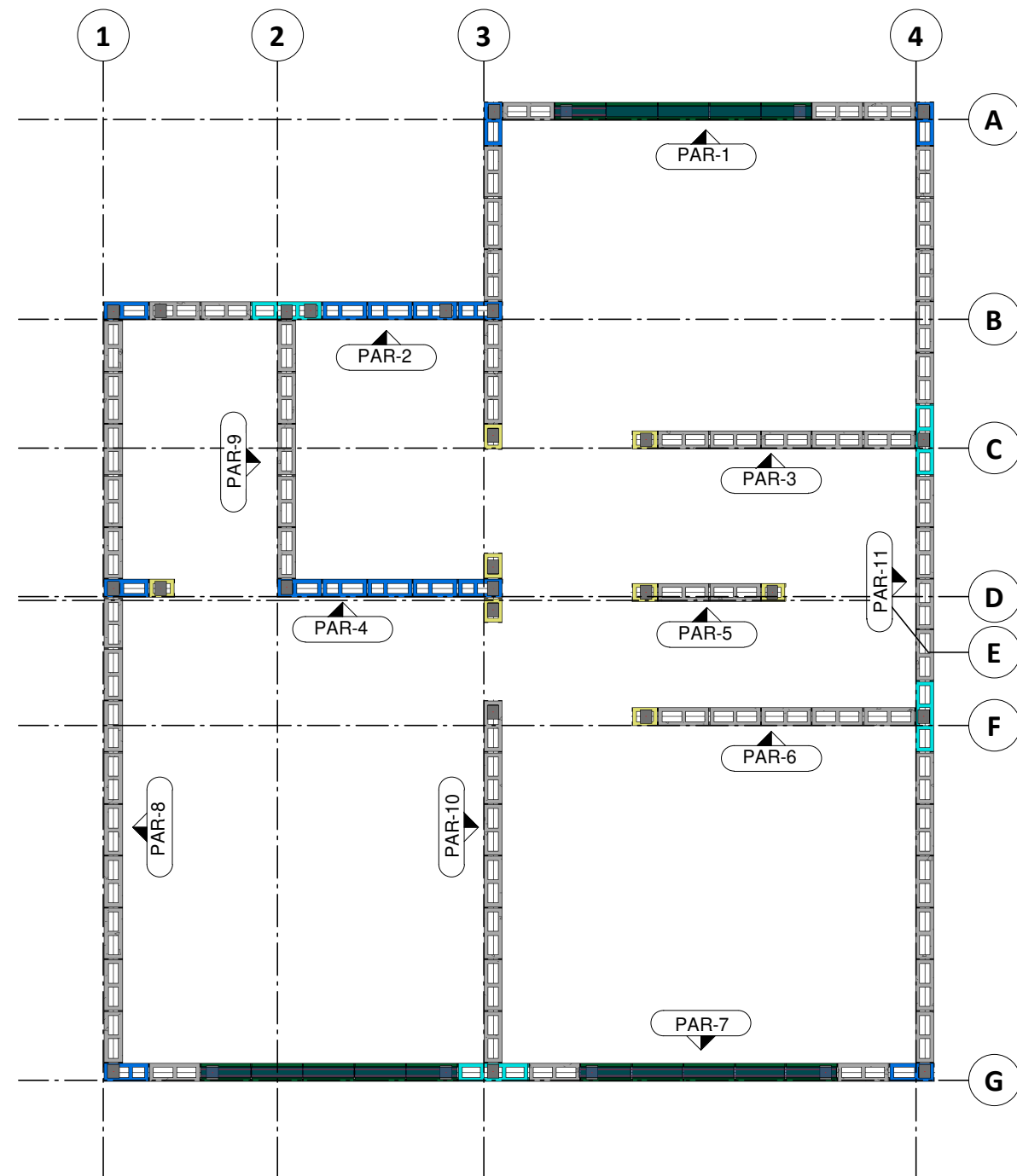
LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

7. Segundo Pavimento - Primeira Fada
1:50



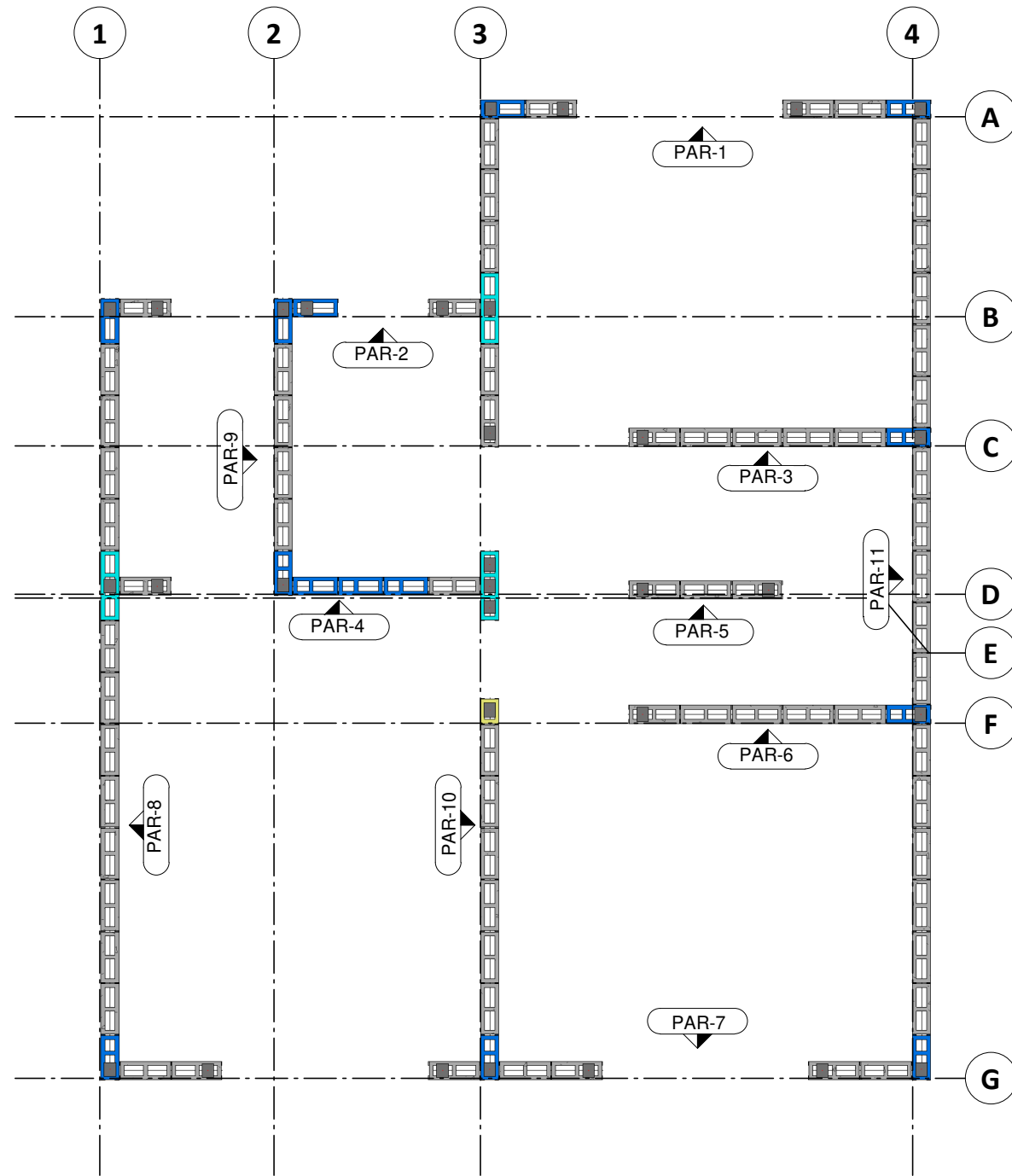
LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

8. Segundo Pavimento - Segunda Fiada
1:50



LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

9. Segundo Pavimento - Sexta Fiada



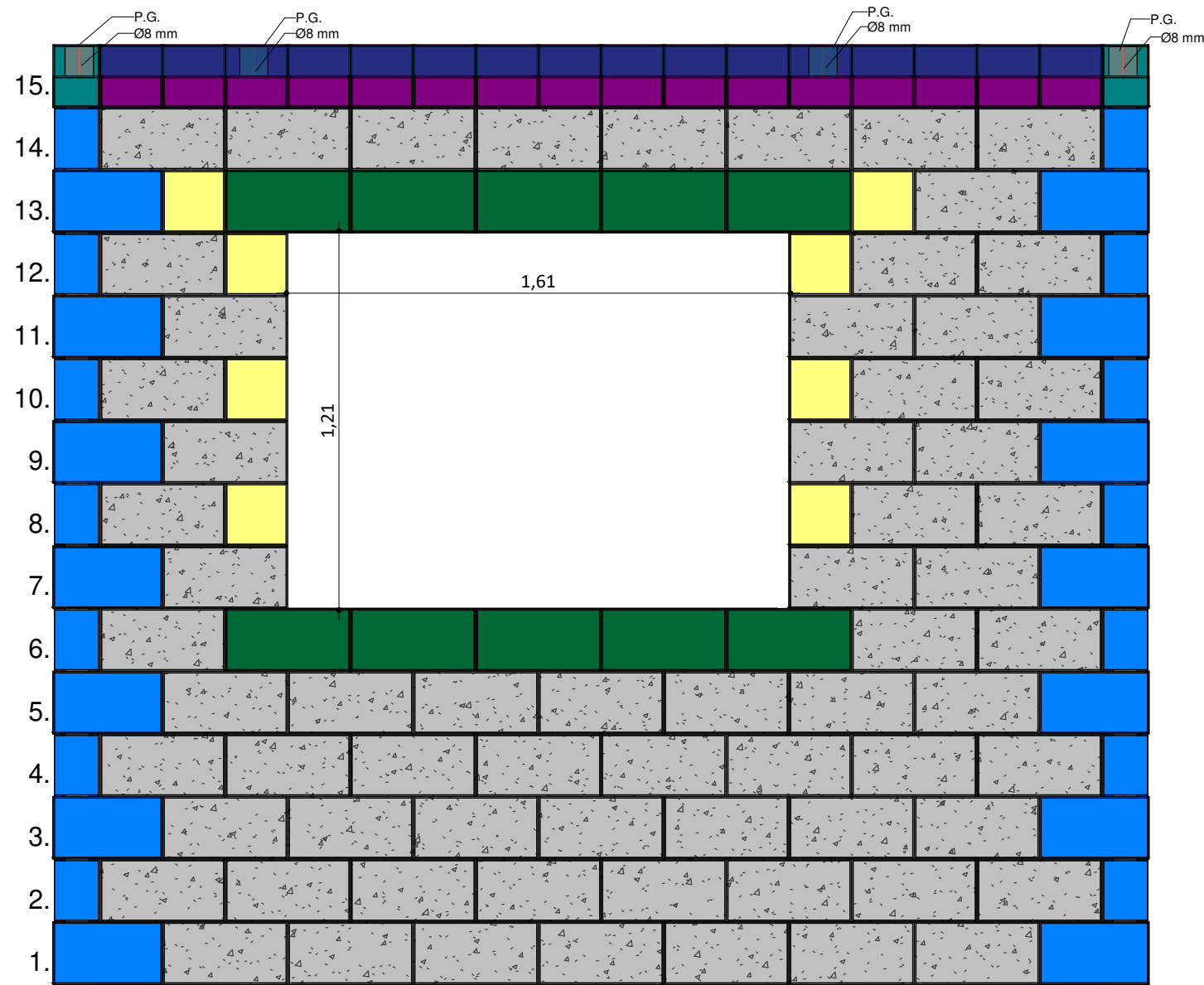
LEGENDA	
Imagem	Familia
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

10. Segundo Pavimento - Décima Primeira Fiada
1:50



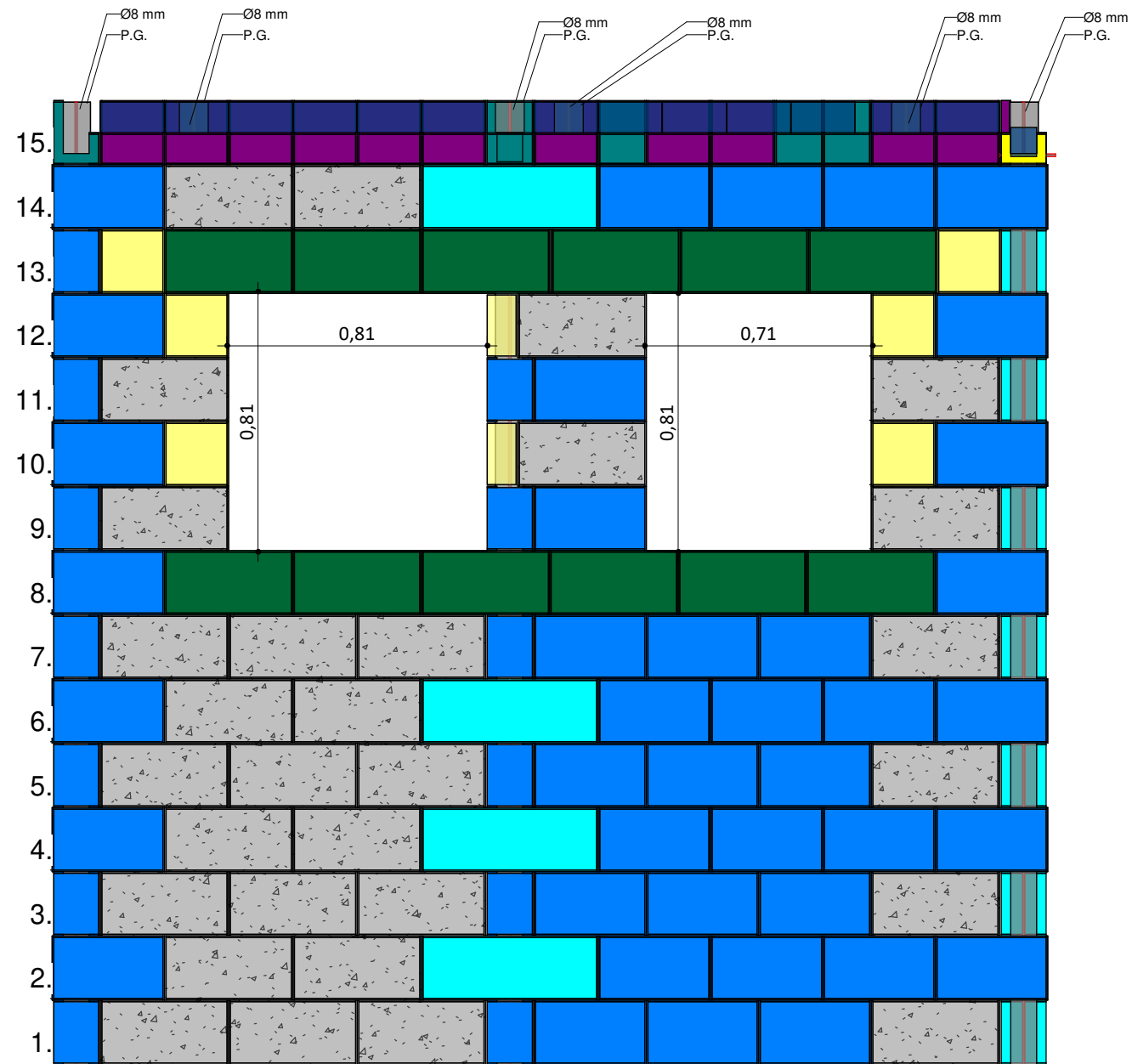
**11. Segundo Pavimento - Décima
Quinta Fiada**

LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



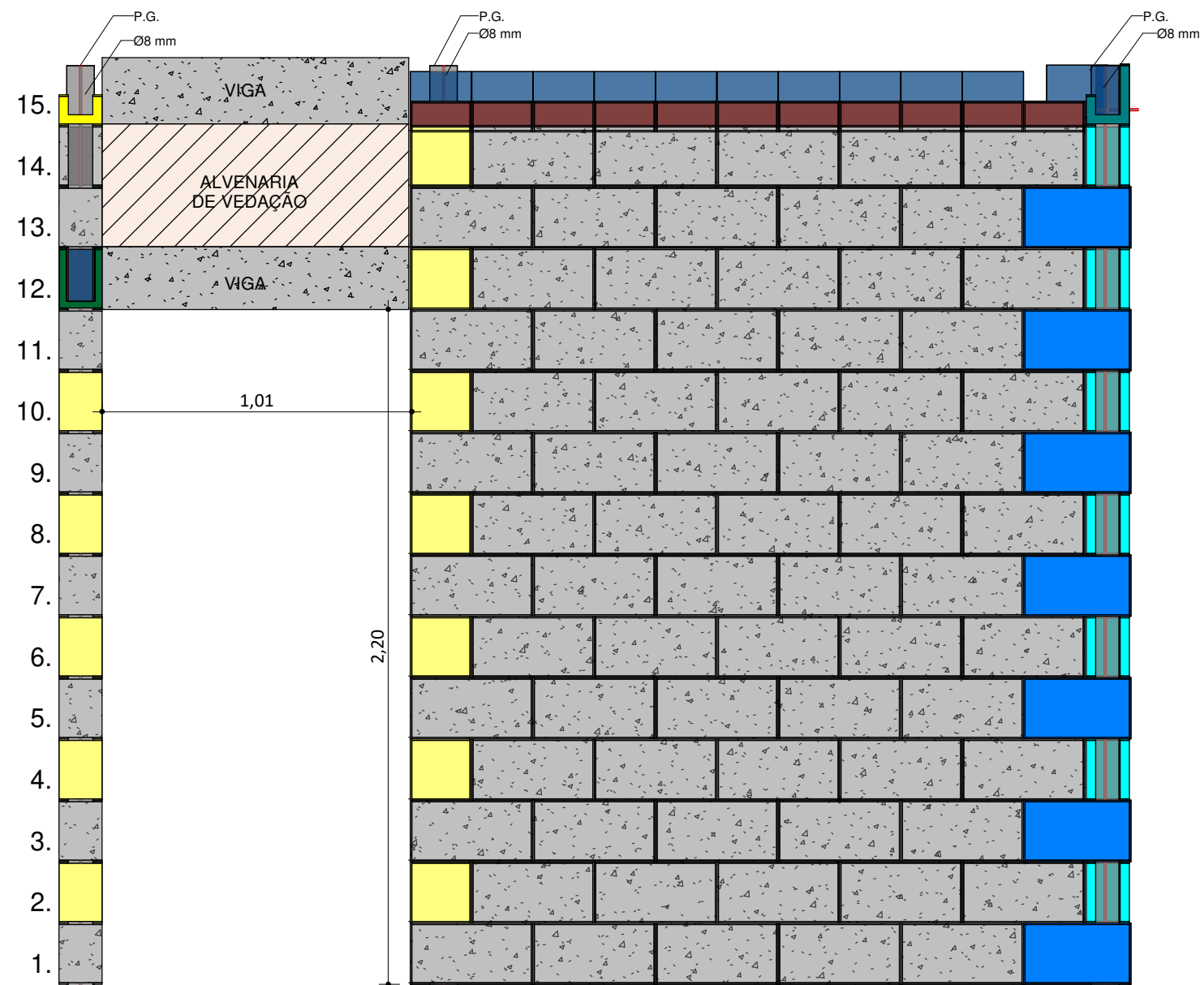
PAR-1
1 : 20

LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

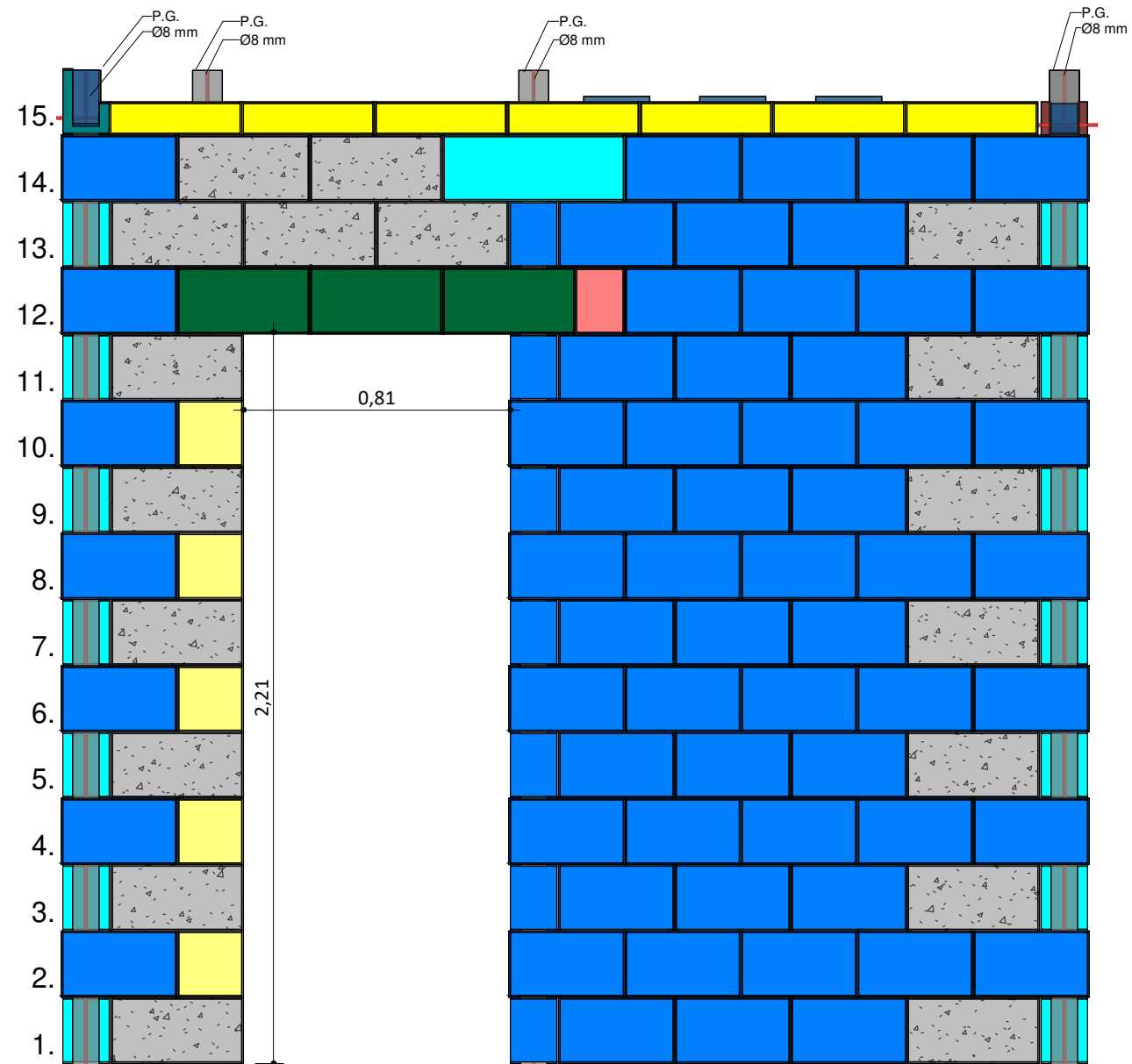
PAR-2
1 : 20



PAR-3

1 : 20

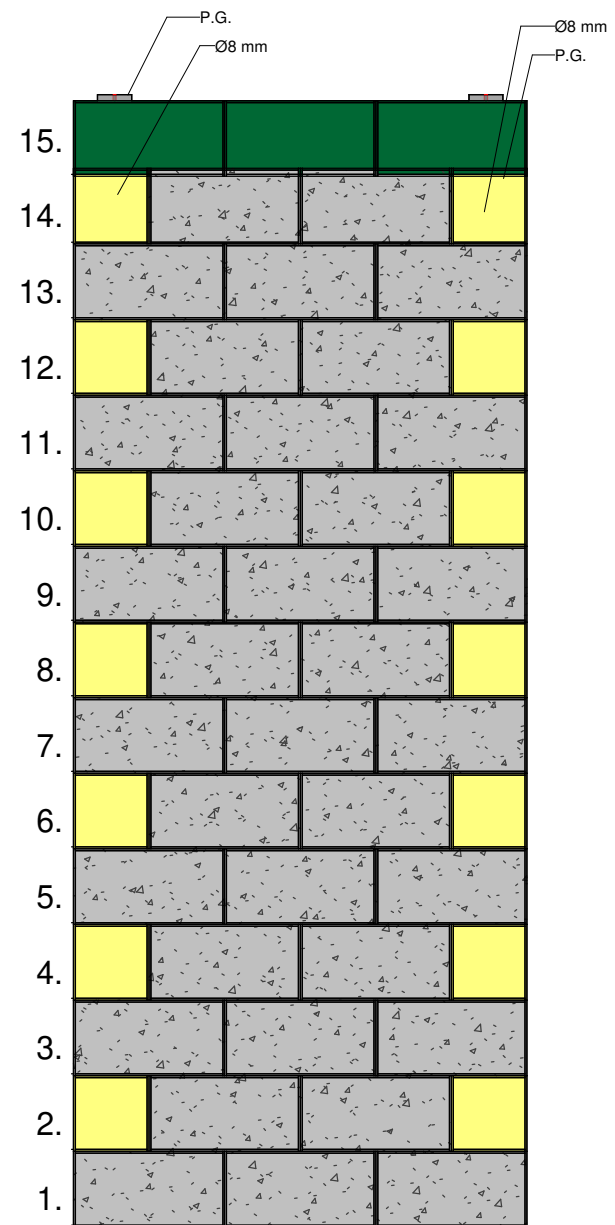
LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



PAR-4

1 : 20

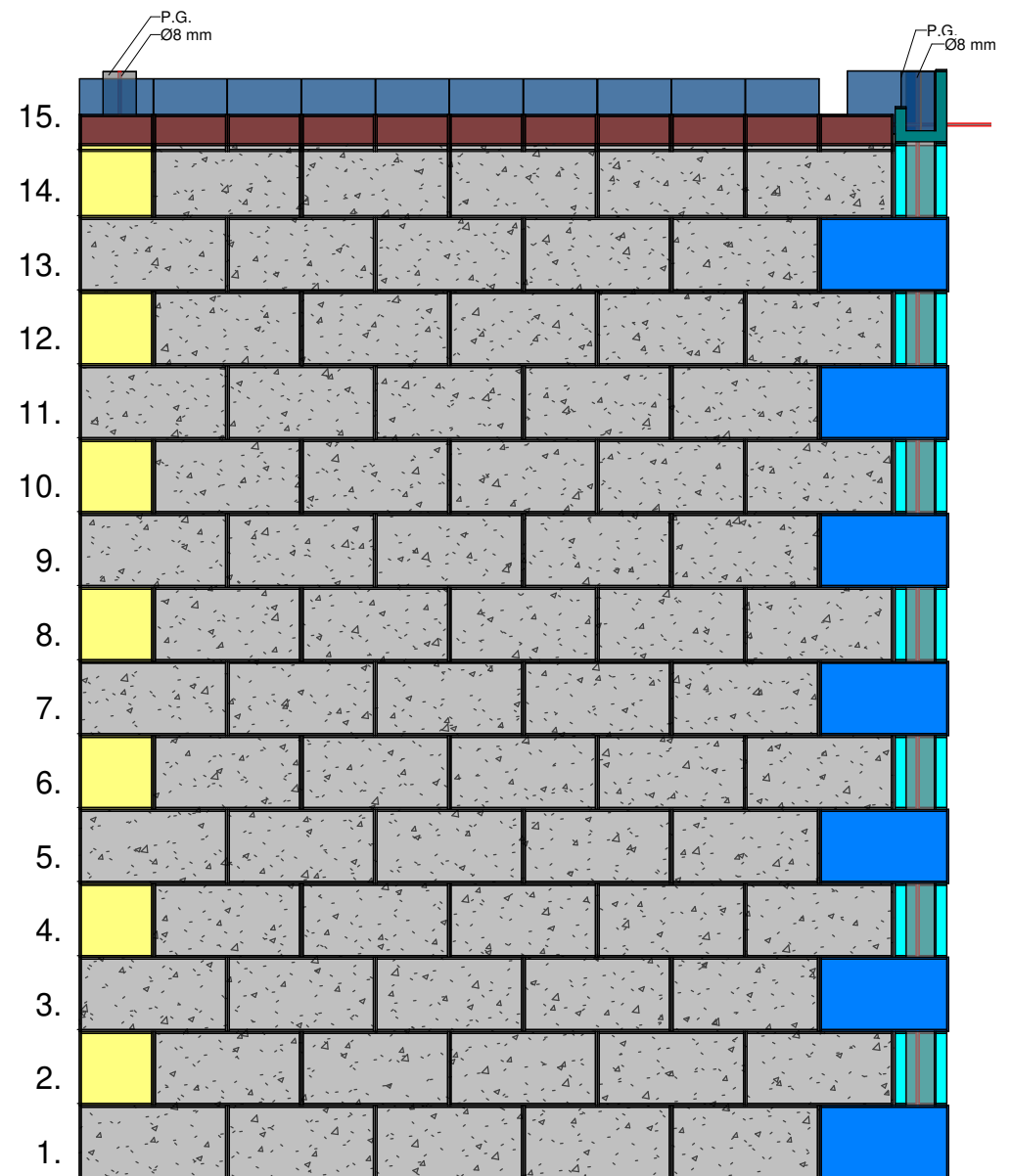
LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)














LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

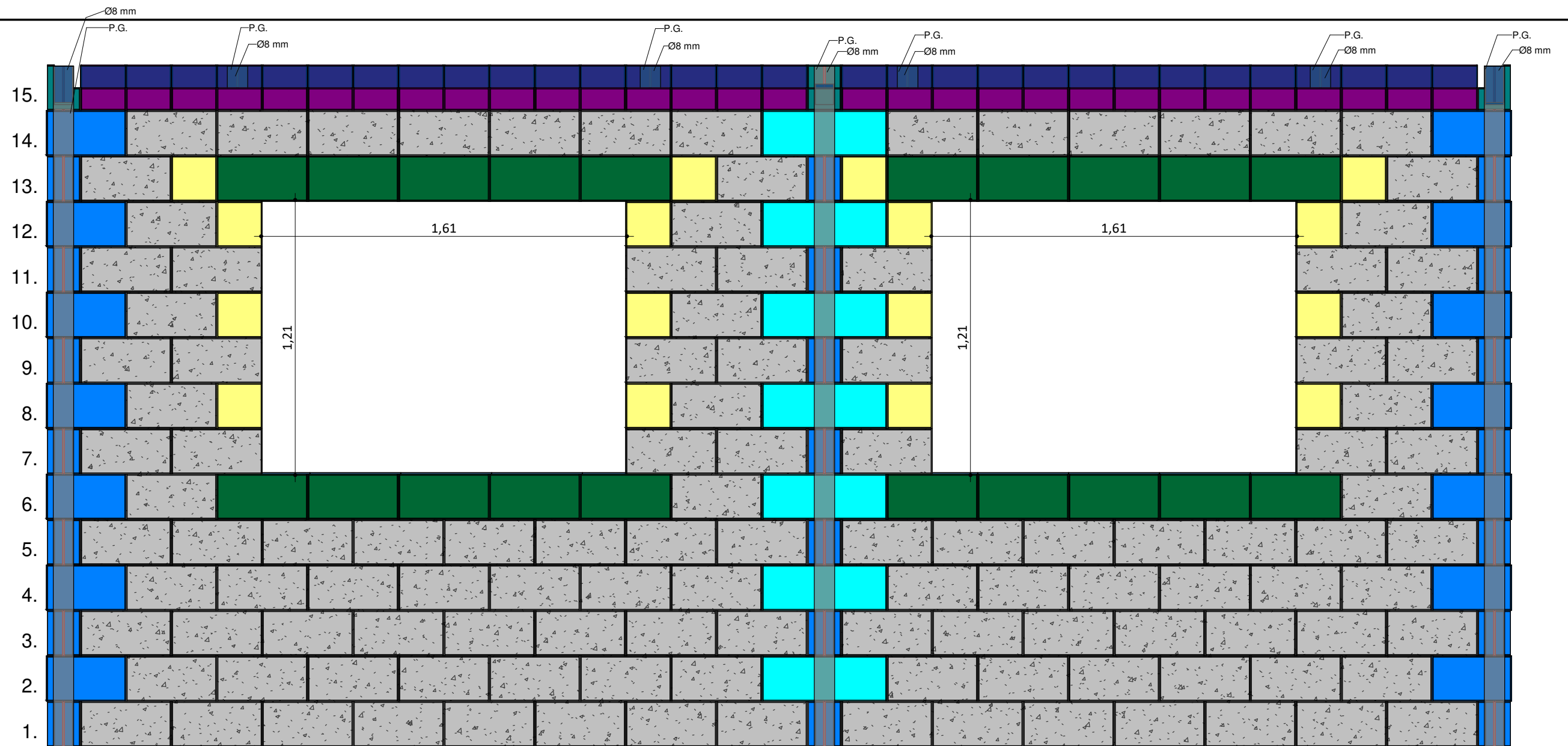
PAR-5

1 : 20








PAR-6
1 : 20

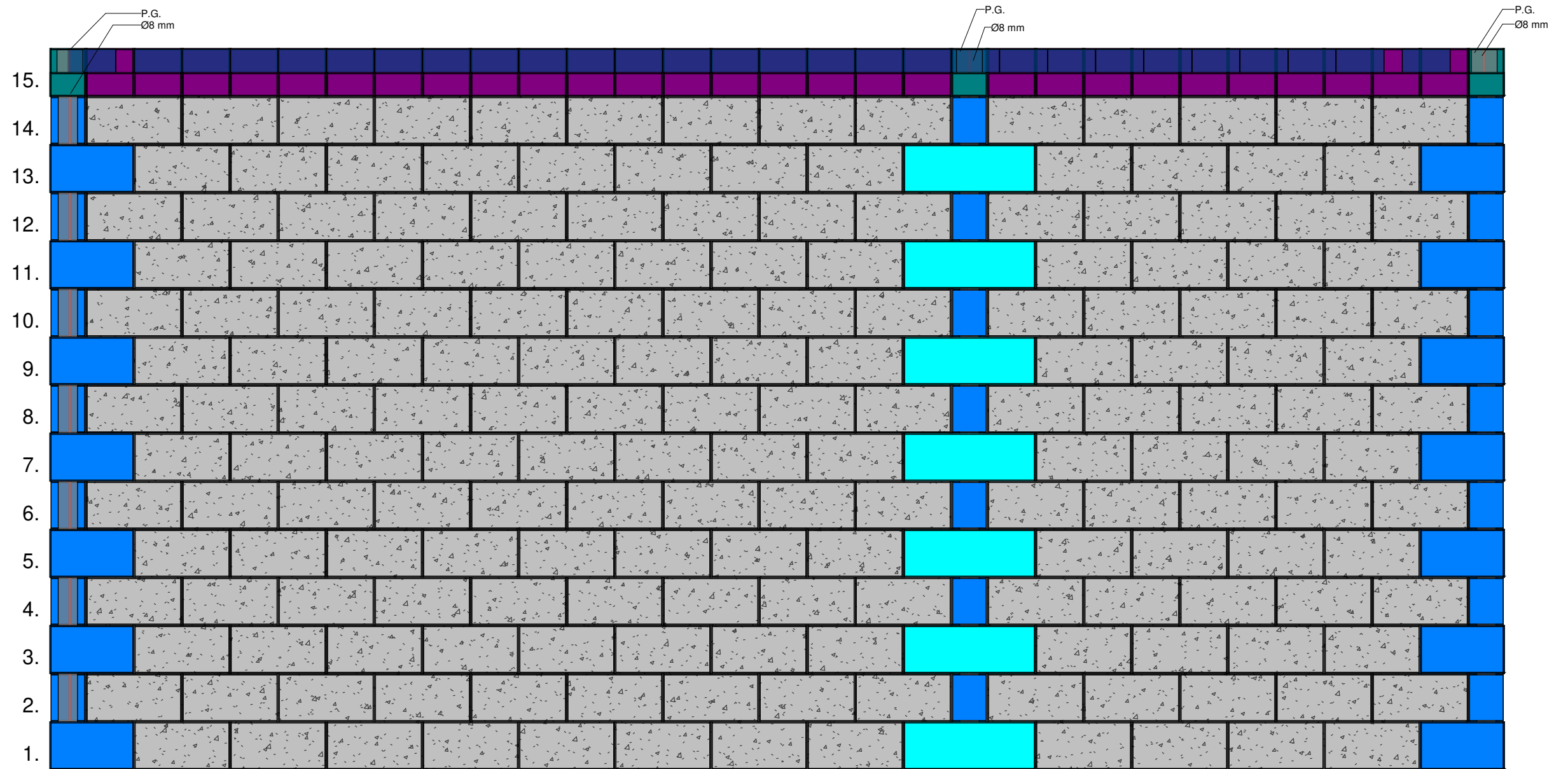
LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



PAR-7
1 : 20






LEGENDA.	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)

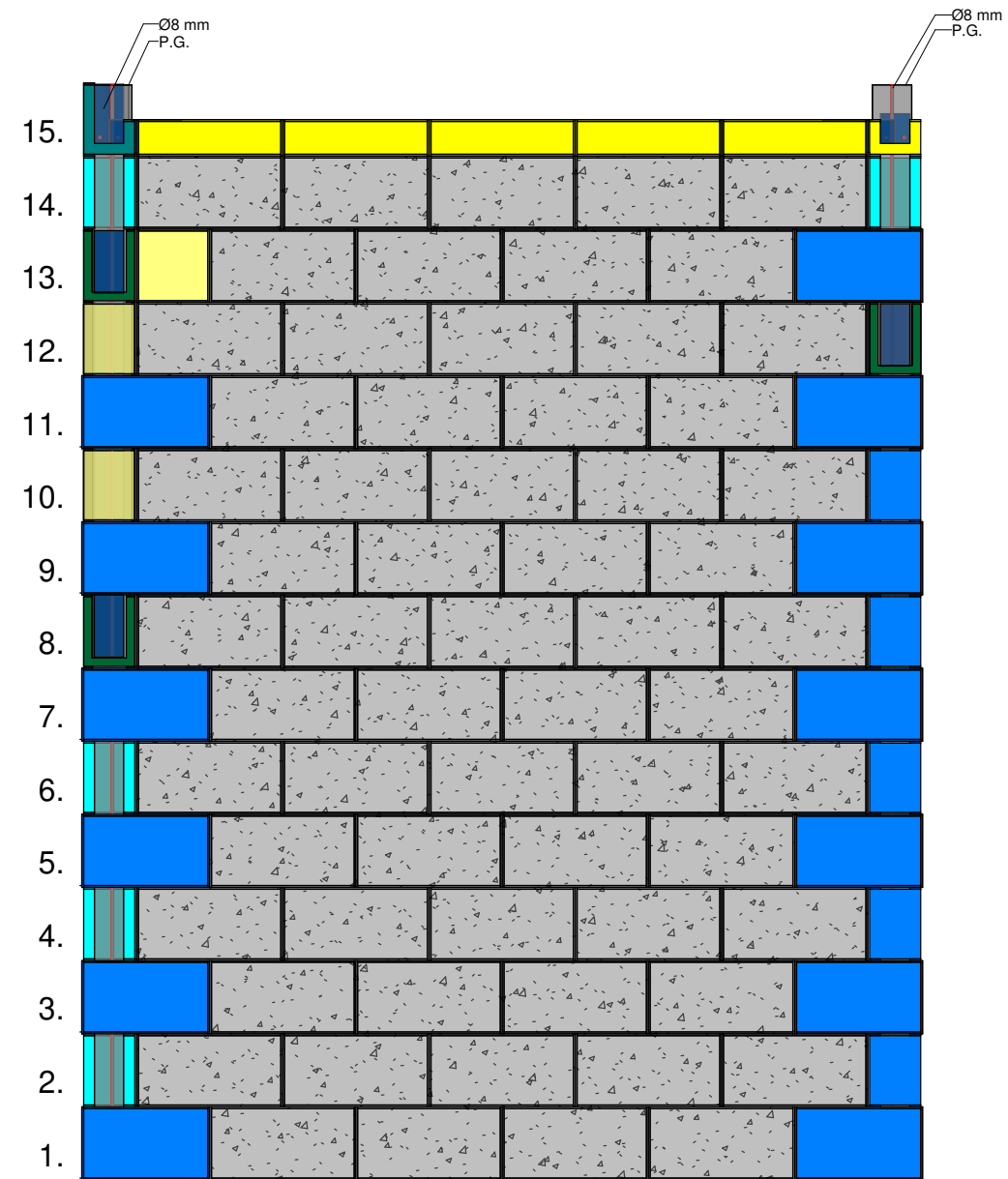
LEGENDA.	
Imagem	Família
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



PAR-8
1 : 20

LEGENDA.	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)

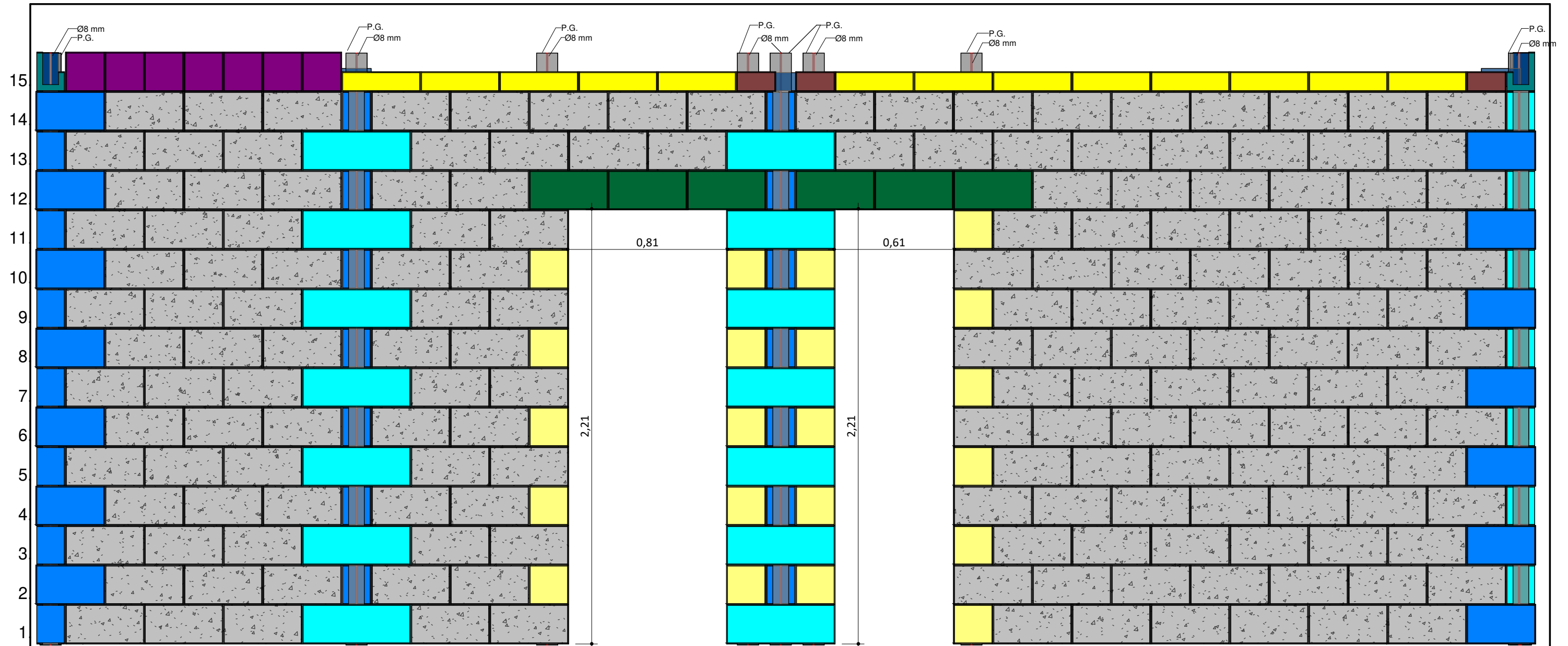
LEGENDA.	
Imagem	Família
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



PAR-9

1 : 20






LEGENDA	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

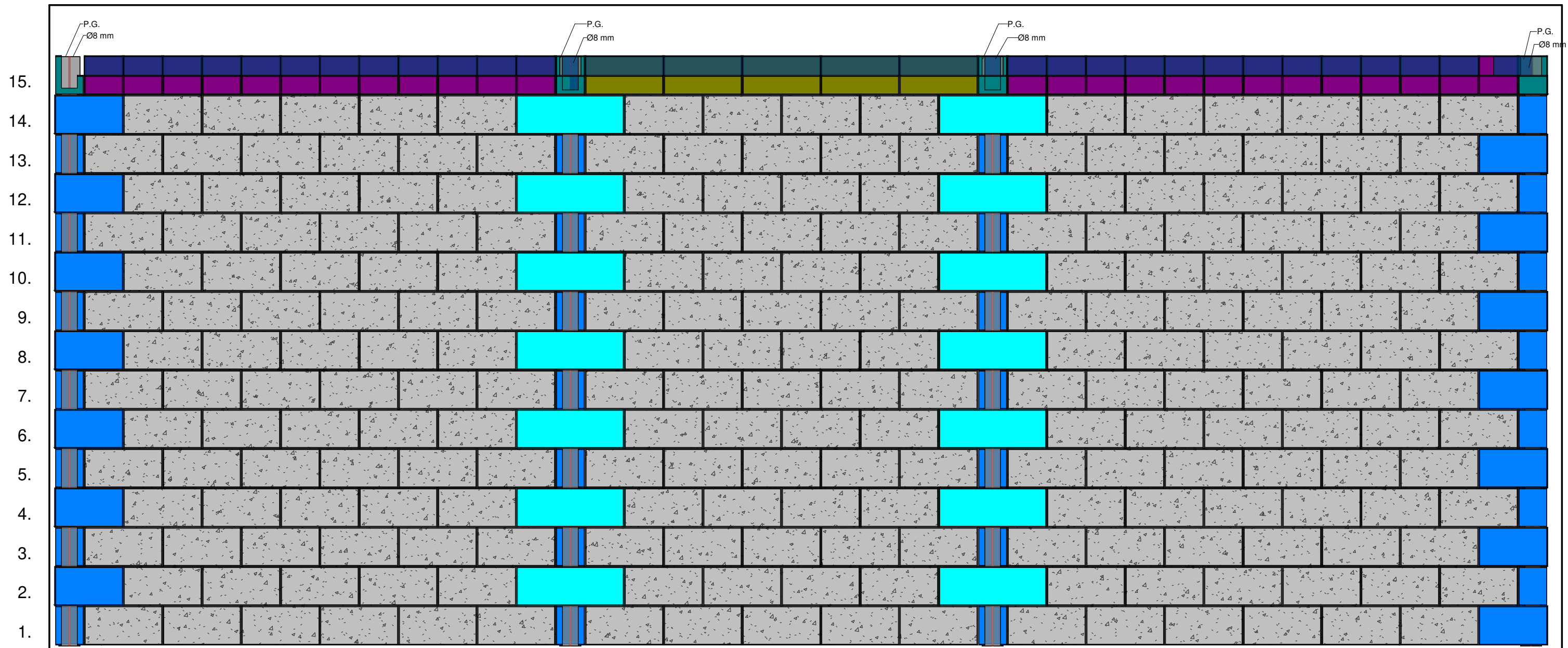


PAR-10

1 : 20

LEGENDA.	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)

LEGENDA.	
Imagem	Família
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)



PAR-11

1 : 20

LEGENDA.	
Imagem	Família
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)

LEGENDA.	
Imagem	Família
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

LEGENDA	
Imagem	Familia
	Bloco Estrutural de 14cm (L14)
	Bloco Estrutural de 19cm (L14)
	Bloco Estrutural de 34cm (L14)
	Bloco Estrutural de 39cm (L14)
	Bloco Estrutural de 54cm (L14)
	Canaleta Compensadora 19cm (L14)
	Canaleta Compensadora 39cm (L14)
	Canaleta J 14cm (L14)
	Canaleta J 19cm (L14)
	Canaleta J 39cm (L14)
	Canaleta U 39cm (L14)

QUANTITATIVO ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO		
Familia	Material	Volume total por familia
Bloco Estrutural de 14cm (L14)		
Bloco Estrutural de 14cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,00 m³
Bloco Estrutural de 19cm (L14)		
Bloco Estrutural de 19cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,02 m³
Bloco Estrutural de 34cm (L14)		
Bloco Estrutural de 34cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,06 m³
Bloco Estrutural de 39cm (L14)		
Bloco Estrutural de 39cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,37 m³
Bloco Estrutural de 54cm (L14)		
Bloco Estrutural de 54cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,02 m³
Canaleta Compensadora 19cm (L14)		
Canaleta Compensadora 19cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,00 m³
Canaleta Compensadora 39cm (L14)		
Canaleta Compensadora 39cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,01 m³
Canaleta J 14cm (L14)		
Canaleta J 14cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,00 m³
Canaleta J 19cm (L14)		
Canaleta J 19cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,02 m³
Canaleta J 39cm (L14)		
Canaleta J 39cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,00 m³
Canaleta U 39cm (L14)		
Canaleta U 39cm (L14)	Argamassa de assentamento	0,01 m³
Total geral		0,53 m³

QUANTITATIVO ARMADURA			
Familia e tipo	Diâmetro da barra	Comprimento total da barra	Quantidade de barra
Barra do vergalhão: 8 CA-60	8 mm	167,11 m	13,9

QUANTITATIVO BLOCOS ESTRUTURAIS				
Quantidade	Familia	Fabricante	Código de montagem	Custo
BE15				
1	Bloco Estrutural de 14cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - BE15	1,00
BE20				
85	Bloco Estrutural de 19cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - BE20	2,00
BE35				
198	Bloco Estrutural de 34cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - BE35	4,00
BE40				
1048	Bloco Estrutural de 39cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - BE40	5,00
BE54				
47	Bloco Estrutural de 54cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - BE54	7,00
C40				
54	Canaleta U 39cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - C40	10,00
J15				
13	Canaleta J 14cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - J15	12,00
J20				
117	Canaleta J 19cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - J20	13,00
J40				
5	Canaleta J 39cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - J40	15,00
U20				
25	Canaleta Compensadora 19cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - U20	17,00
U40				
25	Canaleta Compensadora 39cm (L14)	TCC - CARLOS E INAE	TCC - CARLOS E INAE - U40	19,00
1618				

QUANTITATIVO CHAPISCO E REBOCO	
Material	Volume
Chapisco	0,62 m³
Reboco	3,09 m³

QUANTITATIVO GRAUTE HORIZONTAL	
Familia	Volume
Alvenaria horizontal 6S28	0,00 m³
Graute Horizontal 5	0,32 m³
Graute Horizontal 6	0,38 m³
Graute Horizontal 8	0,01 m³
VOLUME TOTAL:	0,72 m³

QUANTITATIVO GRAUTE VERTICAL	
Familia	Volume
Graute	0,90 m³
VOLUME TOTAL:	0,90 m³

NOTAS:

DOCUMENTO DE REFERENCIA		
CODIFICAÇÃO	TIPO DE ESPECIFICAÇÃO/DOCUMENTO	FORMATO

PLANTA CHAVE

A	EMISSÃO INICIAL	21/11/22			
REV.	MODIFICAÇÃO	DATA	AUTOR	DESENHISTA	APROVAÇÃO
CLIENTE/CESSIONÁRIO	RESPONSÁVEL CLIENTE/CESSIONÁRIO	RESPONSÁVEL TÉCNICO			
TCC CARLOS E INAE	TCC CARLOS E INAE CREA-SC	TCC CARLOS E INAE CREA-SC			

TCC CARLOS E INAE		
TÍTULO / ESPECIFICAÇÃO DO DOCUMENTO		
TABELAS SEGUNDO PAVIMENTO		
CÓDIGO PROJETISTA	DATA: 21/11/22	ESCALA:
CODIFICAÇÃO		FOLHA: