

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA
NÍVEL MESTRADO

RAFAEL ARTICO

MÓDULOS VOLUMÉTRICOS PRÉ-FABRICADOS:
Avaliação da funcionalidade de leiautes residenciais

São Leopoldo
2020

RAFAEL ARTICO

**MÓDULOS VOLUMÉTRICOS PRÉ-FABRICADOS:
Avaliação da funcionalidade de leiautes residenciais**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura, pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientadora: Profa. Dra. Alessandra Teribele

São Leopoldo

2020

A791m Artico, Rafael

Módulos volumétricos pré-fabricados: avaliação da funcionalidade de leiautes residenciais / Rafael Artico. – 2020. 159 f. : il. ; color. ; 30cm.

Dissertação (mestrado em Arquitetura) -- Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, São Leopoldo, RS, 2020.

Orientadora: Profa. Dra. Alessandra Teribele.

1. Arquitetura. 2. Arquitetura modular volumétrica. 3. Projeto arquitetônico. 4. Norma de desempenho. 5. Coordenação modular. I. Título. II. Teribele, Alessandra.

CDU 72

RAFAEL ARTICO

**MÓDULOS VOLUMÉTRICOS PRÉ-FABRICADOS:
Avaliação da funcionalidade de leiautes residenciais**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura, pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Aprovado em 28 de outubro de 2020

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Alessandra Teribele – Presidente da Banca e Orientadora - UNISINOS

Prof. Dr. André de Souza Silva – Avaliador - UNISINOS

Prof. Dr. Fabricio Farias Tarouco – Avaliador - UNISINOS

Profa. Dra. Lizandra Garcia Lupi Vergara – Avaliadora - UFSC

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a minha orientadora Dra. Alessandra Teribele, que sempre contribuiu com seu conhecimento e paciência para que este trabalho encontrasse um foco, aos professores Dr. André de Souza Silva e Dr. Fabrício Tarouco pelas críticas da banca de qualificação, fundamentais no avanço da pesquisa e aos demais professores pelas suas preciosas contribuições. Agradeço a Majô, minha esposa e mestra favorita, e a Alice por entenderem minha ausência e sempre me apoiarem, garantindo uma volta para casa com amor no final de cada dia de trabalho. Agradeço minha família, pai, mãe e irmã, por estarem sempre próximos me apoiando. Meus afilhados Caio, Theo e Gabriel, sempre uma inspiração para pensar num futuro melhor. Aos alunos e colegas professores, por me fazerem ter a certeza de que a qualificação vale a pena e Dayani e Ederson pela ajuda nos desenhos. Por fim, meus sócios, que souberam compreender os motivos de várias ausências e distrações. Obrigado a todos.

RESUMO

Esta pesquisa apresenta a Arquitetura Modular Volumétrica, que consiste na produção de módulos volumétricos padronizados na indústria, em ambiente controlado, sendo posteriormente transportados e instalados no canteiro de obras. A edificação é formada por meio da associação entre esses blocos volumétricos, sobre uma fundação preparada simultaneamente à produção dos módulos na indústria, reduzindo o tempo de construção. O elemento produzido na indústria, nesta pesquisa denominado de Módulo Volumétrico Pré-fabricado (MVP), deve possuir medidas adequadas a diversas possibilidades de uso e associação, aos materiais de construção disponíveis, além de permitir o transporte rodoviário. O objetivo desta pesquisa é analisar o comportamento funcional desses módulos no caso de utilização para edificações residenciais. Foram analisados três módulos de medidas diferentes, projetados de acordo com a Normas de Coordenação Modular e os limites para o transporte rodoviário, e avaliados de acordo com as exigências de funcionalidade na Norma de Desempenho. A metodologia utilizada foi a do *Design Science Research*, que orienta o desenvolvimento de artefatos e conclusões prescritivas. Os artefatos desenvolvidos pela pesquisa foram os MVPs de três dimensões diferentes bem como os leiautes, que consistem em associações desses módulos, formando unidades residenciais, apartamentos mobiliados de acordo com a Norma de Desempenho. Os leiautes testados foram de 1, 2 e 3 dormitórios, com 3 posições relativas em relação ao pavimento tipo, resultando em leiautes com 1, 2 ou 3 fachadas expostas para exterior. Os resultados desta pesquisa mostraram que as três possibilidades dimensionais de módulos são válidas para o desenvolvimento deste produto, com vantagem para o MVP300, de 3m x 3m x 3m, capaz de cumprir as regras funcionais, além de permitir mais flexibilidade aos espaços, com o ônus do desperdício de áreas. O menor dos módulos (MVP260) é mais adequado a leiautes enxutos, mas apresenta limitações ao cumprimento da norma em alguns casos, enquanto que o módulo MVP280 possui características intermediárias, com alguma flexibilidade, mas um pouco de área ociosa.

Palavras-chave: Arquitetura Modular Volumétrica. Projeto Arquitetônico. Norma de Desempenho. Coordenação Modular.

ABSTRACT

This research presents the Volumetric Modular Architecture, which consists of the production of volumetric modules standardized in the industry, in a controlled environment, and are later transported and installed on the construction site. The building is formed through the association between these volumetric blocks, on a foundation prepared simultaneously to the production of modules in the industry, reducing the construction time. The element produced in the industry, in this research called Prefabricated Volumetric Module (MVP), must have measures appropriate to various possibilities of use, and association to the available construction materials, besides allowing road transport. The objective of this research is to analyze the functional behavior of these modules in the case of using them in residential buildings. Three modules of different measures were tested, designed according to the Modular Coordination Standards and limits for road transport, and evaluated according to the functionality requirements in the Performance Standard. The methodology used was the Design Science Research, which guides the development of artifacts and prescriptive conclusions. The artifacts developed by the research were the MVPs of three different dimensions as well as the layouts, which consist of associations of these modules, forming residential units, furnished apartments according to the Performance Standard. The layouts tested were 1, 2 and 3 bedrooms, with 3 relative positions in relation to the reference floor plan, resulting in layouts with 1, 2 or 3 facades exposed to the outside. The results of this research showed that the three dimensional possibilities of modules are valid for the development of this product, with advantage for the MVP300, with 3m x 3m x 3m x 3m, capable of complying with functional rules, besides the fact of allowing more flexibility to spaces, with the onus of wasting areas. The smallest modules (MVP260) is best suited to lean layouts, but it has limitations to compliance with the standard in some cases, while MVP280 module has intermediate characteristics, with some flexibility, but a little idle area.

Key-words: Volumetric Modular Architecture. Architectural Design. Performance Standard. Modular Coordination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Palácio de Cristal	20
Figura 2 – Modalidades de pré-fabricação	21
Figura 3 – Módulo Volumétrico sendo produzido na indústria.....	22
Figura 4 – Módulo Volumétrico sendo transportado.....	23
Figura 5 – Módulo Volumétrico sendo posicionado no lote	23
Figura 6 – Tabela de Móveis e equipamentos padrão por cômodo.....	26
Figura 7 – Móveis e espaços de utilização das Salas de Estar e Jantar.....	27
Figura 8 – Móveis e espaços de utilização da Cozinha.....	27
Figura 9 – Móveis e espaços de utilização dos Dormitórios.....	28
Figura 10 – Móveis e espaços de utilização dos Banheiros e Área de Serviço	29
Figura 11 – Sistema de referência	35
Figura 12 – Reticulado espacial modular de referência	36
Figura 13 – Quadriculado modular de referência	37
Figura 14 – Medida modular, medida de projeto, junta de projeto e ajuste modular	38
Figura 15 – Ajuste modular positivo, negativo e nulo	39
Figura 16 – Posição do componente em relação ao quadriculado.....	41
Figura 17 – Delineamento da metodologia.....	45
Figura 18 – Esquema gráfico de desenvolvimento da pesquisa	46
Figura 19 – Composição do chassi do módulo.....	48
Figura 20 – Exemplo de painel de fechamento (PC).....	50
Figura 21 –Matriz de lançamento de leiautes com duas testadas livres (T2).....	51
Figura 22 – Matriz da Figura 18 preenchida.....	52
Figura 23 – Exemplo de leiaute de 1 dormitórios (D1), com 1 testada livre (T1), utilizando 6 módulos inteiros e dois meios MVP260.	54
Figura 24 – Tabela de definição de medidas padrão	57
Figura 25 – Módulo Volumétrico Pré-fabricado (MVP260)	57
Figura 26 – Módulo Volumétrico Pré-fabricado (MVP280)	58
Figura 27 – Módulo Volumétrico Pré-fabricado (MVP300)	58
Figura 28 – Exemplo de painel de fechamento (P.C.01).....	60
Figura 29 – Paineis PP1, pP1, PP2 e PP3.....	61
Figura 30 – Portas Internas.....	62
Figura 31 – Painéis PE1, PE2 e PE3	63

Figura 32 – Módulo M260(PP1.PA.PP2.PC)PC	65
Figura 33 – Exemplos de Tipologias a serem estudadas.....	66
Figura 34 – Matriz 1.T1 (1 testada livre).....	69
Figura 35 – Matriz 1.T2 (2 testadas livres)	69
Figura 36 – Matriz 1.T3 (3 testadas livres)	70
Figura 37 – Matriz 2.T1 (1 testada livre).....	70
Figura 38 – Matriz 2.T2 (2 testadas livres)	71
Figura 39 – Matriz 2.T3 (3 testadas livres)	71
Figura 40 – Matriz 3.T1 (1 testada livre).....	72
Figura 41 – Matriz 3.T2 (2 testadas livres)	72
Figura 42 – Matriz 3.T3 (3 testadas livres)	73
Figura 43 – Matriz 4.T1 (1 testada livre).....	73
Figura 44 – Matriz 4.T2 (2 testadas livres)	74
Figura 45 – Matriz 4.T3 (3 testadas livres)	74
Figura 46 – Matriz 5.T1 (1 testada livre).....	75
Figura 47 – Matriz 5.T2 (2 testadas livres)	75
Figura 48 – Matriz 5.T3 (3 testadas livres)	76
Figura 49 – Matriz 6.T2 (2 testadas livres)	76
Figura 50 – Matriz 6.T3 (3 testadas livres)	77
Figura 51 – Matriz 7.T2 (2 testadas livres)	77
Figura 52 – Matriz 7.T3 (3 testadas livres)	78
Figura 53 – Matriz 8.T3 (3 testadas livres)	78
Figura 54 – Tabela de Mobiliário e Utilização.....	80
Figura 55 – Biblioteca de Mobiliário Utilizado.....	81
Figura 56 – Matriz 1.T1	82
Figura 57 – Especificação MVP's – 260.1.T1.D1	83
Figura 58 – Especificação MVP's – 260.1.T1.D2.....	84
Figura 59 – Especificação MVP's – 260.1.T1.D3.....	85
Figura 60 – MVP260 – 1 dormitório – 1 testada livre	86
Figura 61 – MVP260 – 2 dormitórios – 1 testada livre.....	87
Figura 62 – MVP260 – 3 dormitórios – 1 testada livre.....	88
Figura 63 – MVP280 – 1 dormitório – 1 testada livre	89
Figura 64 – MVP280 – 2 dormitórios – 1 testada livre.....	90
Figura 65 – MVP280 – 3 dormitórios – 1 testada livre.....	91

Figura 66 – MVP300 – 1 dormitório – 1 testada livre	92
Figura 67 – MVP300 – 2 dormitórios – 1 testada livre.....	93
Figura 68 – MVP300 – 3 dormitórios – 1 testada livre.....	94
Figura 69 – Matriz 7.T2	95
Figura 70 – Especificação MVP's – 260.7.T2.D1	96
Figura 71 – Especificação MVP's – 260.7.T2.D2.....	97
Figura 72 – Especificação MVP's – 260.7.T2.D3.....	98
Figura 73 – MVP260 – 1 dormitório – 2 testadas livres.....	99
Figura 74 – MVP260 – 2 dormitórios – 2 testadas livres	100
Figura 75 – MVP260 – 3 dormitórios – 2 testadas livres	101
Figura 76 – MVP280 – 1 dormitório – 2 testadas livres.....	102
Figura 77 – MVP280 – 2 dormitórios – 2 testadas livres	103
Figura 78 – MVP280 – 3 dormitórios – 2 testadas livres	104
Figura 79 – MVP300 – 1 dormitório – 2 testadas livres.....	105
Figura 80 – MVP300 – 2 dormitórios – 2 testadas livres	106
Figura 81 – MVP300 – 3 dormitórios – 2 testadas livres	107
Figura 82 – Matriz 8.T3	108
.Figura 83 – Especificação MVP's – 260.8.T3.D1	109
Figura 84 – Especificação MVP's – 260.8.T3.D2.....	110
Figura 85 – Especificação MVP's – 260.8.T3.D3.....	111
Figura 86 – MVP260 – 1 dormitório – 3 testadas livres.....	112
Figura 87 – MVP260 – 2 dormitórios – 3 testadas livres	113
Figura 88 – MVP260 – 3 dormitórios – 3 testadas livres	114
Figura 89 – MVP280 – 1 dormitório – 3 testadas livres.....	115
Figura 90 – MVP280 – 2 dormitórios – 3 testadas livres	116
Figura 91 – MVP280 – 3 dormitórios – 3 testadas livres	117
Figura 92 – MVP300 – 1 dormitório – 3 testadas livres.....	118
Figura 93 – MVP300 – 2 dormitórios – 3 testadas livres	119
Figura 94 – MVP300 – 3 dormitórios – 3 testadas livres	120
Figura 95 – Matriz 2.T1	121
Figura 96 Especificação MVP's – 260.2.T1.D1	122
Figura 97 – Especificação MVP's – 260.1.T1.D2.....	123
Figura 98 – Especificação MVP's – 260.1.T1.D3.....	124
Figura 99 – MVP260 – 1 dormitório – 1 testada livre	125

Figura 100 – MVP260 – 2 dormitórios – 1 testada livre.....	126
Figura 101 – MVP260 – 3 dormitórios – 1 testada livre.....	127
Figura 102 – MVP280 – 1 dormitório – 1 testada livre	128
Figura 103 – MVP280 – 2 dormitórios – 1 testada livre.....	129
Figura 104 – MVP280 – 3 dormitórios – 1 testada livre.....	130
Figura 105 – MVP300 – 1 dormitório – 1 testada livre	131
Figura 106 – MVP300 – 2 dormitórios – 1 testada livre.....	132
Figura 107 – MVP300 – 3 dormitórios – 1 testada livre.....	133
Figura 108 – Dados dos Módulos Volumétricos Pré-fabricados.....	134
Figura 109 – Tabela Comparativa	136
Figura 110 – Tabela Comparativa	138
Figura 111 – Sanitários – leiaute padronizado no estudo	140
Figura 112 – Sanitários – opção 02.....	141
Figura 113 – Sanitários – opção 03.....	141
Figura 114 – Sanitários – opção 04.....	142
Figura 115 – Sanitários – meio módulos	142
Figura 116 – Dormitório de Solteiro – leiaute padronizado no estudo utilizando 1 módulo.	143
Figura 117 – Dormitório de Solteiro – opção de um módulo com 2 camas apenas com M300 e retirando um painel de fechamento.	144
Figura 118 – Dormitório de Solteiro – opções com um módulo e meio.	145
Figura 119 – Dormitório de Solteiro – opções com um módulo e meio.	146
Figura 120 – Dormitório de Casal – leiaute sem guarda-roupa utilizando 1 módulo.	147
Figura 121 – Dormitório de Casal – M300 e retirando um painel de fechamento....	147
Figura 122 – Dormitório de Casal – opção com um módulo e meio.....	148
Figura 123 – Área de Serviço – leiaute utilizando meio módulo.....	149
Figura 124 – Cozinha – leiaute utilizando meio módulo.	149
Figura 125 – Cozinha e área de serviço – opção com dois meio módulos.	150
Figura 126 – Cozinha e área de serviço – opção com um módulo.....	151
Figura 127 – Sala de Jantar – leiaute utilizando um módulo.....	152
Figura 128 – Sala de Estar – leiaute utilizando um módulo.	152
Figura 129 – Estar / jantar – opção com dois módulos.	153

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMV	Arquitetura Modular Volumétrica
MVP	Modulo Volumétrico Pré-Fabricado
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
AET	Autorização Especial de Trânsito
AFNOR	Associação Francesa para Normalização
ASA	<i>American Standard Association</i>
COPANT	Comitê Pan-americano de Normas Técnicas
OEA	Organização dos Estados Americanos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA	16
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	17
1.3 PROBLEMA	17
1.4 OBJETIVOS	17
1.4.1 Objetivo Geral	17
1.4.2 Objetivos Específicos	17
1.5 JUSTIFICATIVA	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	19
2.1.1 Arquitetura Modular Volumétrica.....	21
2.2 CONDICIONANTES DE DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO.....	24
2.2.1 Transporte Rodoviário	25
2.2.2 Norma de Desempenho (NBR 15.575-1)	25
2.3 COORDENAÇÃO MODULAR.....	29
2.3.1 Histórico da Coordenação Modular	29
2.3.2 Teoria da Coordenação Modular	33
3 METODOLOGIA	19
3.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	47
3.2 CONSCIENTIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	47
3.3 REVISÃO DA LITERATURA	47
3.4 IDENTIFICAÇÃO DOS ARTEFATOS E CONFIGURAÇÃO DAS CLASSES DE PROBLEMAS (MVP - CHASSI BÁSICO. DEFINIÇÃO DO CHASSI BÁSICO DOS MÓDULOS E 3 MEDIDAS DE ESTUDO).....	47
3.5 PROPOSIÇÃO DE ARTEFATOS PARA RESOLVER O PROBLEMA ESPECÍFICO (MVP – COMPLETO. PAINÉIS DE FECHAMENTO E DETALHAMENTO DOS MÓDULOS).....	49
3.6 PROJETO DO ARTEFATO SELECIONADO (LEIAUTE – ESQUEMÁTICO. MATRIZES DE COMPOSIÇÃO DE LEIAUTES ESQUEMÁTICOS E GENÉRICOS).	50
3.7 DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO (LEIAUTE – DETALHADO. DETALHAMENTO DE LEIAUTES UTILIZANDO MVP’S ESTUDADOS).....	53

3.8 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO.....	54
3.9 EXPLICAÇÃO DAS APRENDIZAGENS	55
3.10 CONCLUSÕES	55
3.11 COMUNICAÇÃO DOS RESULTADOS	55
4 APLICAÇÃO DO MÉTODO	56
4.1 MVP - CHASSI BÁSICO. DEFINIÇÃO DO CHASSI BÁSICO DOS MÓDULOS E 3 MEDIDAS DE ESTUDO.	56
4.2 MVP – COMPLETO. PAINÉIS DE FECHAMENTO E DETALHAMENTO DOS MÓDULOS.	59
4.2.1 Painéis de Fechamento.....	59
4.2.1.1 Painel Cego (PC/pC)	60
4.2.1.2 Painel Ausente (PA/pA).....	61
4.2.1.3 Painel com Porta ou vão de passagem (PP/pP)	61
4.2.1.4 Painel com Esquadria (PE/pE)	63
4.2.2 Regras de Nomenclatura	64
4.2.2.1 MVP - chassi básico	64
4.2.2.2 MVP – completo	64
4.2.2.3 Leiautes.....	65
4.3 LEIAUTE – ESQUEMÁTICO. MATRIZES DE COMPOSIÇÃO DE LEIAUTES ESQUEMÁTICOS E GENÉRICOS.....	66
4.4 LEIAUTE – DETALHADO. DETALHAMENTO DE LEIAUTES UTILIZANDO MVP’S ESTUDADOS.....	79
4.4.1 Opção 1 – Matriz 1.T1.....	82
4.4.2 Opção 2 – Matriz 7.T2.....	95
4.4.3 Opção 3 – Matriz 8.T3.....	108
4.4.4 Opção 4 – Matriz 2.T1.....	121
4.5 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO.....	134
4.6 EXPLICAÇÃO DAS APRENDIZAGENS	139
4.6.1 Sanitários	140
4.6.2 Dormitórios de solteiro	143
4.6.3 Dormitório de casal	146
4.6.4 Cozinha e Área de Serviço	149
4.6.5 Sala de Estar e Jantar	151
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	154

REFERÊNCIAS.....156
REFERÊNCIAS CONSULTADAS158

1 INTRODUÇÃO

A construção civil ainda utiliza processos construtivos convencionais, baseados na associação de componentes não modulados no canteiro, gerando desperdícios de material e mão de obra. A mudança de postura dos *stakeholders* da cadeia produtiva da construção civil, visando o desenvolvimento de uma linguagem comum a projetistas, fabricantes de componentes e executores de obras, facilitaria a simplificação dos processos, a redução da variabilidade e das incertezas. A industrialização da construção civil, através da construção pré-fabricada pode ser uma alternativa importante no atendimento desta demanda, pois permitiria um controle da produção mais rigoroso em algumas fases do processo de execução, resultando em mais produtividade.

A industrialização pode ocorrer em diversos níveis, desde componentes individuais que serão utilizados em uma execução em obra, passando por sistemas mais complexos, como componentes e painéis e chegando à Arquitetura Modular Volumétrica (AMV) (TERIBELE, 2016). Nesse sistema, os módulos arquitetônicos tridimensionais são produzidos na indústria, em ambiente controlado e, depois, transportados até a obra para que possam compor o edifício através de sua associação horizontal e/ou vertical.

A coordenação modular é um conjunto de procedimentos que deve ser observado na manufatura dos componentes, projeto e execução de obras, a partir do controle e padronização dimensional baseada no decímetro. Constitui um sistema geral, cuja aplicação poderá servir de base a todos os processos construtivos, desde os da construção tradicional até os da pré-fabricação parcial ou total (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO, 1976).

Além dos princípios e normas da Coordenação Modular, o projeto dos Módulos Volumétricos Pré-fabricados (MVP), objeto de estudo desta pesquisa, deve obedecer aos limites estipulados para o transporte rodoviário de cargas, visto que os módulos são produzidos na indústria e transportados até o terreno, previamente preparado para recebê-los, além de cumprir as exigências da NBR15575-1 (Norma de Desempenho) nos critérios relativos à funcionalidade.

A produção industrial deve trabalhar com o mínimo possível de variabilidade, condição que acaba contrastando com a cultura do projeto arquitetônico, onde cada edifício é único, e a padronização e a modulação dos espaços não costumam ser

uma prioridade. Desta maneira, incentivar uma cultura de projeto que trabalhe com módulos padronizados como se fossem blocos ou grandes elementos de construção, compondo edifícios volumetricamente diversos, esteticamente atraentes, funcionais e economicamente viáveis é um grande desafio. Gropius (1924 *apud* GUINSBURG; KOUDELA, 2013) afirma que componentes pré-fabricados podem criar espaços e composições interessantes, pois a monotonia e rigidez neste tipo de arquitetura são resultantes do projeto e não da técnica construtiva utilizada.

Entretanto, devido à padronização inerente à produção industrializada, os MVPs deveriam ser produzidos com o mesmo tamanho, definindo padrões para seus componentes industrializados: pilar, viga e painéis de fechamento. E como esses módulos possuem dimensões limitadas as restrições de transporte, a combinação entre eles para criar leiautes residenciais com um, dois ou três dormitórios é que viabiliza a ideia da pré-fabricação.

A determinação das características dimensionais desses módulos é fundamental para garantir projetos que potencializem a relação custo/benefício, já que ele será repetido várias vezes para configurar tipologias pretendidas. As dimensões devem ser suficientes para garantir a funcionalidade dos ambientes, sem desperdícios de área, otimizando a linha de produção e o transporte, visto que serão produzidos a partir de uma estrutura comum, que consiste em dois planos horizontais que configuram piso e teto, e quatro pilares nos vértices.

Cada uma dessas estruturas (chassi) recebe uma configuração de painéis de fechamentos a partir de um conjunto limitado e pré-definido. Esses painéis são compostos por paredes cegas, esquadrias, instalações e/ou acabamentos específicos ainda na etapa de produção industrial.

Considerando unidades residenciais multifamiliares, essas associações ocasionam diferentes tipologias de leiautes, apartamentos de 1, 2 e 3 dormitórios. Mesmo com as dimensões padronizadas e áreas similares para apartamentos similares, eles poderão ocupar posições relativas entre si, circulação horizontal (acesso) e possibilidades de fenestrações específicas. Adotaremos posições padrão dentro de um pavimento tipo, onde as unidades poderão ter uma, duas ou três fachadas com possibilidade de abertura para o exterior.

A associação desses módulos no canteiro de obras, com respectivas ligações e acabamentos, finaliza o processo da edificação. A lógica de padronização é atendida iniciando com poucas peças na execução do chassi básico e inserindo

outros componentes de fechamento e acabamento conforme a cadeia produtiva vai se aproximando do final. A lógica do sistema permite que a quase totalidade do módulo seja produzido na indústria, restando apenas a montagem, a interligação de sistemas elétricos, os hidrossanitários e as vedações para a execução no canteiro, além da preparação inicial das fundações (SMITH, 2011). O estudo do comportamento funcional destes módulos torna-se importante já que possuem características de modularidade e padronização diferente do planejamento tradicional de projeto, onde essas características dimensionais e modulares rígidas não são condicionantes de projeto.

Os MVPs, suas possibilidades de leiaute e suas associações serão estudados considerando que a união da arquitetura, da indústria e das normas de coordenação modular podem produzir resultados que indiquem a viabilidade desse sistema como alternativa à construção convencional ou mesmo a outras modalidades de construção industrializada.

Definir dimensões padrão para os módulos e analisar o comportamento funcional para leiautes residenciais a partir das possibilidades de associação entre eles poderá contribuir com soluções de padronização e modulação nesse tipo de sistema, considerando os limites do transporte rodoviário de cargas, a Norma de Coordenação Modular e a Norma de Desempenho. *Design Science Research* foi a metodologia escolhida para o desenvolvimento deste trabalho, por trazer rigor científico a um trabalho de desenvolvimento de artefatos com a participação efetiva do pesquisador e resultados de caráter prescritivo, não se limitando a analisar e descrever.

1.1 TEMA

Este trabalho abordará a concepção de Leiautes Residenciais, analisando os MVPs de dimensões diferentes, desenvolvidos para serem produzidos em ambiente industrial controlado e transportados até a obra. O projeto e a análise dos MVPs e sua associação formando leiautes residenciais será feito observando as normas de Coordenação Modular, os critérios de funcionalidade da Norma de Desempenho (NBR15575-1) e os limites dimensionais para o transporte rodoviário terrestre.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho considera possibilidades de leiautes de um, dois e três dormitórios por serem os mais utilizados nos projetos residenciais, obtidos através da associação de MVPs, com dimensões iguais de largura, comprimento e altura, e sua variação de meio Módulo. As medidas e alternativas dimensionais desse Módulo obedecerão as características de limite para o transporte rodoviário, os critérios de funcionalidade da Norma de Desempenho (NBR15575-1) e as normas de Coordenação Modular, sempre trabalhando com múltiplos do decímetro. O Módulo será composto de estrutura independente com 4 pilares nos vértices e laje de piso, e a única possibilidade de junção dos módulos será através da coincidência de pilares, que passarão a ser contíguos, somando-se. E limita-se às posições específicas dentro de um pavimento tipo, definindo unidades de uma, duas ou três fachadas com possibilidade de abertura para o exterior. O trabalho se limita a análise funcional, não sendo detalhadas questões de materialidade, estruturação ou processo de produção industrial.

1.3 PROBLEMA

Considerando as normas de coordenação modular, norma de desempenho e limites para o transporte rodoviário, quais as medidas possíveis para os MVP's e como se comportam funcionalmente em leiautes residenciais de um, dois e três dormitórios?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Analisar a funcionalidade de Módulos Volumétricos Pré-fabricados (MVP), para a configuração de leiautes residenciais de um, dois e três dormitórios.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- a) determinar as medidas possíveis dos módulos para a análise considerando os critérios de delimitação (coordenação modular, norma de desempenho e transporte rodoviário);
- b) produzir um catálogo de Módulos Volumétricos e fechamentos, com regras de nomenclatura (código) específicos, que serão utilizados para compor os leiautes das unidades residenciais;
- c) desenvolver uma matriz de composição de leiautes esquemáticos, demonstrando a condição de variabilidade e de flexibilidade que o sistema permite;
- d) compilar os dados em uma tabela com informações sobre cada leiaute gerado, descrevendo quais os Módulos utilizados, quantidades de cada tipo de painel de fechamento e esquadrias.

1.5 JUSTIFICATIVA

Para que um MVP possa se viabilizar física e economicamente, seu projeto de leiaute e associações deve funcionar e respeitar as normas existentes, além de permitir composições arquitetônicas funcionais e variadas a partir da padronização do módulo. Essa avaliação do módulo em relação ao leiaute e associações é importante para justificar a adoção das dimensões propostas ou mesmo identificar fragilidades que possam conduzir a aperfeiçoamentos. Tal etapa é fundamental para evitar o desenvolvimento de estudos estruturais e prototipagem de um objeto que, mais tarde, pode se revelar ineficaz sob o aspecto da funcionalidade e dimensão.

Esta pesquisa pretende estudar as possibilidades dimensionais de módulos sob o aspecto funcional, para que estudos futuros desenvolvam esse produto abordando aspectos estruturais, construtivos, comerciais e legais. A transferência de parte importante da produção da construção civil para um ambiente controlado, com a redução da variabilidade, eliminando desperdícios e imprevistos, traz vantagens econômicas e técnicas, contribuindo com a evolução tecnológica de um setor muito caracterizado pela produção artesanal. Este trabalho considera que o distanciamento dos profissionais da arquitetura em relação a questões tecnológicas, especialmente a industrialização da construção, impede um desenvolvimento mais adequado dessas soluções em relação a questões de funcionalidade e design, tão caras a estes profissionais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

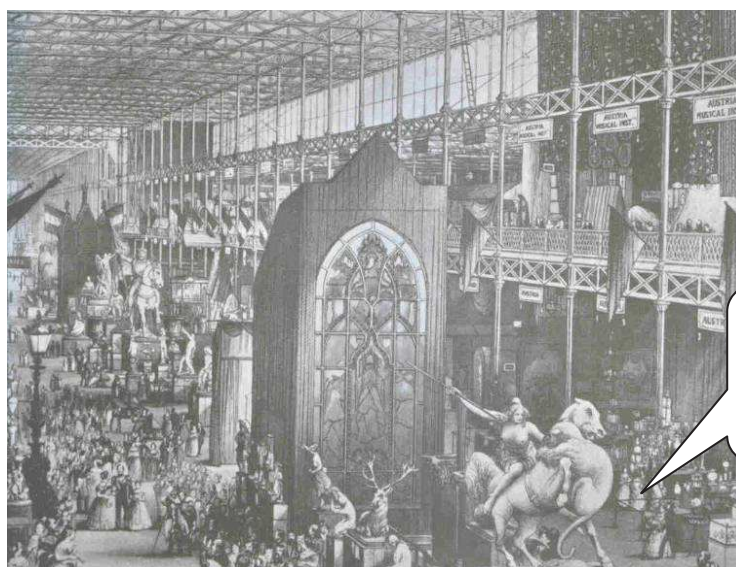
A fundamentação teórica busca embasar o problema de pesquisa e fundamentar as delimitações deste trabalho. A Industrialização na Construção Civil e a Arquitetura Modular Volumétrica são apresentados de forma breve, com o objetivo de tornar o assunto conhecido e justificar o tema. Regras para o Transporte e Norma de desempenho são detalhados nos aspectos que influenciam o desenvolvimento do trabalho, pois, além de condicionantes, são critérios de avaliação. Por fim, será abordada a Coordenação Modular, com seu histórico e teoria, que descreve de forma objetiva as regras que serão utilizadas nos artefatos dessa pesquisa.

Este trabalho não tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica completa de nenhum dos temas abordados, mas apresentar subsídios mínimos para embasar o desenvolvimento do trabalho, enquadrado na metodologia do *Design Science Research* que, de acordo com Simon (1996, p. 198) trata da “concepção de artefatos que realizem objetivos.” Trata-se de uma pesquisa aplicada, com a participação ativa do pesquisador no desenvolvimento do artefato, onde a revisão da literatura tem a função de dar apoio às etapas de desenvolvimento.

2.1 INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A industrialização na construção teve início na Inglaterra e surgiu da necessidade de novas edificações em colônias britânicas, onde não se conheciam os materiais disponíveis no local. Destaca-se o Palácio de Cristal, produzido através de uma composição modular, com a repetição de elementos em ferro fundido, que foi projetado para sediar a Exposição Universal de Londres, em 1851. O edifício, construído em nove meses foi projetado de maneira que pudesse ser desmontado e montado em outro lugar. Para isto, foram estudados e detalhados todos os elementos construtivos, método de produção, sistema de montagem, tempo de construção e rigoroso controle de custos pelos engenheiros Chareles Fox e seu sócio Henderson (BALDAUF, 2004, p. 32). Após a exposição, a estrutura foi desmontada e montada em outro endereço, onde permaneceu até ser destruída por um incêndio, em 1937. A Figura 1 apresenta o Palácio de Cristal:

Figura 1 – Palácio de Cristal



Vá até a galeria de estilos e selecione a opção Fonte das Ilustrações.

Fonte: Benevolo (1999, p. 587)

No período entre guerras, os arquitetos modernos, com destaque para Gropius e Le Corbusier, trabalharam com a ideia da pré-fabricação para a arquitetura residencial unifamiliar. No final da segunda grande guerra mundial, a necessidade de reconstrução das cidades exigiu que a arquitetura fosse padronizada e produzida industrialmente, porém em um modelo *fordista* de produção em massa e padronizado. De acordo com Gropius (1966 *apud* ROITMAN, 2017),

E justamente quando os materiais pré-fabricados evoluíram até se tornarem superiores aos naturais em precisão e uniformidade, a prática moderna da construção de moradias foi aproximando-se cada vez mais das etapas seguintes do processo de fabricação. Estamos nos aproximando de um estado de profissionalismo técnico onde será possível racionalizar os edifícios e produzi-los em massa nas fábricas, resolvendo sua estrutura pelo número de partes das quais estão compostos. Como caixas de peças tipo Lego, eles serão montados em várias composições formais a seco [...]. Casas prontas para morar, feitas de componentes sólidos à prova de fogo, que podem ser entregues completamente equipadas de fábrica, serão finalmente um dos principais produtos da indústria. [...] A repetição de partes padronizadas e o uso de materiais idênticos em diferentes edifícios terão o mesmo efeito de coordenação e sobriedade que a etiqueta moderna tem na sociedade. Mas, em nenhum sentido, isso limitará a liberdade de design do arquiteto. Ainda que cada casa e edifício tenham a inconfundível marca da nossa época, sempre haverá – como na roupa que usamos – a oportunidades para que o indivíduo encontre a expressão de sua própria personalidade. O resultado final será uma feliz combinação arquitetônica entre a padronização máxima e a máxima variação. (GROPIUS, 1966, p. 38 *apud* ROITMAN, 2017, p. 29)

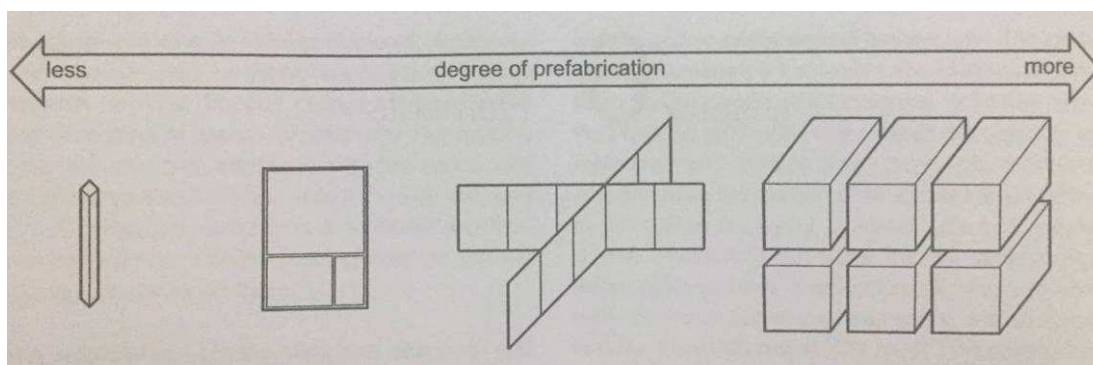
As demandas contemporâneas para a construção civil e o avanço da tecnologia abriram novos campos de atuação para os arquitetos. Houve uma

expectativa socioeconômica por produtos personalizados, feitos com maior qualidade, mais rapidamente e com o menor custo possível – um feito que pode ser observado no desenvolvimento da indústria naval, automobilística e aeronáutica pela integração de *expertises* em busca de uma racionalização produtiva.

As ferramentas digitais oferecem meios para responder às demandas atuais através de estruturas produtivas mais horizontais e dinâmicas por meio de redes colaborativas entre arquitetos, construtores, engenheiros de produção e de materiais (KIERAN; TIMBERLAKE, 2004).

As vantagens da arquitetura pré-fabricada em relação às construções convencionais são devidas aos benefícios da industrialização, grande precisão e previsibilidade, curtos períodos de construção (MBI, 2011), maior controle de qualidade e melhores condições de trabalho, garantindo mais segurança (SMITH, 2010). Entre os tipos de construções pré-fabricadas a que apresenta os maiores benefícios provenientes da industrialização é a Arquitetura Modular Volumétrica (SMITH, 2010), onde os módulos arquitetônicos são produzidos na indústria, em ambiente controlado, e apenas posicionados e associados entre eles no terreno, como veremos no próximo item. A Figura 2 apresenta as modalidades de pré-fabricação na construção civil, que utilizam materiais processados, componentes pré-fabricados, painéis bidimensionais até a Arquitetura Modular Volumétrica (AMV).

Figura 2 – Modalidades de pré-fabricação



Fonte: SMITH (2010, p.128)

2.1.1 Arquitetura Modular Volumétrica

A AMV caracteriza-se por operar simultaneamente no terreno e na fábrica (GARRISON; TWEEDIE, 2008). Em ambiente industrial controlado, são produzidos os MVPs, enquanto que, no sítio de implantação, monta-se o edifício, um ou mais

MVPs unidos para compor o elemento projetado. Nessa modalidade de pré-fabricação, o transporte e a movimentação dos elementos adquirem fundamental importância, bem como os elementos e processos de conexão entre os módulos. Projetos direcionados para a AMV precisam trabalhar com combinações dessas unidades, formando conjuntos arquitetônicos diversos com a mínima variação dos elementos que vem da indústria, os MVPs. A Figura 3 apresenta um Módulo Volumétrico sendo produzido na indústria:

Figura 3 – Módulo Volumétrico sendo produzido na indústria



Fonte: Roitman (2017, p. 61)

A Figura 4 nos mostra um Módulo Volumétrico sendo transportado:

Figura 4 – Módulo Volumétrico sendo transportado



Fonte: Roitman (2017, p.66)

A Figura 5 apresenta um Módulo Volumétrico sendo posicionado no lote:

Figura 5 – Módulo Volumétrico sendo posicionado no lote



Fonte: Roitman (2017, p.67)

A produção industrializada pressupõe produtos com alto nível de repetição e padronização para que possam ter custos menores e maior garantia de qualidade (MULLENS, 2011). Além das características de produção, a necessidade de transporte, especialmente rodoviário, da indústria até o terreno e de mecanismos de içamento e de junção dos módulos também conduzem à utilização de elementos de mínima variabilidade, especialmente na questão dimensional.

Essa rigidez dimensional dos módulos encontra resistências na cultura de arquitetos e clientes, que se acostumaram com uma liberdade dimensional na concepção de projetos, que não se adaptam à AMV sem uma mudança de paradigmas (ROITMAN, 2017). Os profissionais que utilizam o sistema modular volumétrico precisam pensar em maneiras de ampliar sua capacidade de gerar alternativas compositivas, para proporcionar diferentes formas e espaços, utilizando a menor quantidade de módulos diversos, gerando edifícios formal e funcionalmente adequados com a utilização de módulos repetitivos.

Podemos classificar os processos de industrialização na construção em ciclo fechado e de ciclo aberto. No ciclo fechado a maior parte da produção se concentra no ambiente controlado da indústria e os componentes se destinam a uma finalidade ou cliente específico, com maior aplicação de princípios de organização e controle da produção (ABDI, 2015).

Já na industrialização de ciclo aberto os componentes se destinam ao mercado, sendo sua produção caracterizada por uma maior flexibilidade do ponto de vista de sua combinação, com elementos padronizados que apresentam compatibilidade com elementos de diversos fabricantes, podendo ser utilizados em vários projetos e tipologias de construções. Para garantir as bases dessa compatibilidade e interoperacionalidade são fundamentais os conceitos de modulação e padronização (ABDI, 2015).

Uma terceira classificação tem surgido, denominada “sistema de ciclo flexibilizado”, vêm sendo utilizados nos últimos vinte anos na Europa. As possibilidades de acabamentos de alta qualidade e totalmente personalizáveis é o diferencial deste sistema. Nesse caso, além dos componentes, o sistema e o projeto são flexibilizados para se adequar a qualquer tipologia arquitetônica (ABDI, 2015).

2.2 CONDICIONANTES DE DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO

Aqui será feita uma breve revisão das normas, conceitos e legislações que, de alguma forma, condicionam, delimitam ou influenciam a avaliação dos artefatos da pesquisa.

2.2.1 Transporte Rodoviário

O Conselho Nacional de Trânsito (Contran), pela Resolução nº 210, de 13 de novembro de 2006, determina os limites de dimensões para os veículos transitarem por vias terrestres. As dimensões autorizadas para veículos, com ou sem carga, limitam a largura máxima de 2,60m e a altura máxima de 4,40m, considerando a altura total, desde o solo. O comprimento total se modifica conforme o tipo de veículo, como veículos não-articulados com máximo de 14,00 metros. Entretanto, é possível ser concedida uma Autorização Especial de Trânsito (AET) para veículos de carga indivisível, que não se enquadre nos limites de peso e dimensões estabelecidos pelo Contran (Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997), sendo possível, nesse caso, transportar cargas com largura máxima de 3,20 metros.

Em outros casos, onde as dimensões são maiores, é necessário o uso de batedores para realizar o transporte. Essa autorização especial de trânsito tem validade por determinado período de tempo, para um veículo específico, permitindo que não tenha praticamente impacto financeiro sobre o custo do transporte.

Desta maneira, considera-se como limite viável de transporte os módulos com até 3,20m de largura e 3m de altura, transportados sobre uma plataforma de aproximadamente 1,40m do solo. Por transportar ar, ou seja, um grande volume com pouco peso, o custo do transporte se torna elevado, sendo necessário o melhor aproveitamento possível.

2.2.2 Norma de Desempenho (NBR 15.575-1)

A NBR 15575, conhecida como Norma de Desempenho, se divide em várias partes, dentre as quais a Parte 1 (NBR 15.575-1) que trata dos Requisitos Gerais de desempenho de edificações residenciais.

Normas de desempenho são estabelecidas buscando atender aos requisitos dos usuários, que, no caso desta Norma, referem-se aos sistemas que compõem edificações habitacionais, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado. (NBR 15575-1, 2013)

Para efeitos deste trabalho, nos concentraremos no Capítulo 16 dessa Norma, que trata de funcionalidade e da acessibilidade. A informação mais relevante é referente ao pé-direito mínimo de 2,50m, com exceção de alguns cômodos onde o pé-direito pode ser de 2,30m. A base principal de informações para a definição e a avaliação dos MVPs, que são as medidas e exigência de mobiliários e espaços de utilização nos cômodos encontra-se no ANEXO F da referida Norma. Na Figura 6, observa-se uma Tabela com os móveis e equipamentos indicados por cômodo.

Figura 6 – Tabela de Móveis e equipamentos padrão por cômodo

Tabela F.1 – Móveis e equipamentos-padrão	
Atividades essenciais/Cômodo	Móveis e equipamentos-padrão
Dormir/Dormitório de casal	Cama de casal + guarda-roupa + criado-mudo (mínimo 1)
Dormir/Dormitório para duas pessoas (2º Dormitório)	Duas camas de solteiro + guarda-roupa + criado-mudo ou mesa de estudo
Dormir/Dormitório para uma pessoa (3º Dormitório)	Cama de solteiro + guarda-roupa + criado-mudo
Estar	Sofá de dois ou três lugares + armário/estante + poltrona
Cozinhar	Fogão + geladeira + pia de cozinha + armário sobre a pia + gabinete + apoio para refeição (duas pessoas)
Alimentar/tomar refeições	Mesa + quatro cadeiras
Fazer higiene pessoal	Lavatório + chuveiro (box) + vaso sanitário NOTA No caso de lavabos, não é necessário o chuveiro.
Lavar, secar e passar roupas	Tanque (externo para unidades habitacionais térreas) + máquina de lavar roupa
Estudar, ler, escrever, costurar, reparar e guardar objetos diversos	Escritinha ou mesa + cadeira

Fonte: NBR 15.575-1 (2013, p.67)

Na Figura 7, observa-se as dimensões e características mínimas de utilização de mobiliário e circulação nos ambientes de sala de Estar e Jantar, prosseguindo, com as mesmas informações sobre a Cozinha (Fig. 8), Dormitórios (Fig. 9) e Sanitários e Área de Serviço (Fig. 10).

Figura 7 – Móveis e espaços de utilização das Salas de Estar e Jantar

Tabela F.2 – Dimensões mínimas de mobiliário e circulação

Ambiente	Mobiliário			Circulação m	Observações
	Móvel ou equipamento	Dimensões m			
		l	p		
Sala de estar	Sofá de três lugares com braço	1,70	0,70	Prever espaço de 0,50 m na frente do assento, para sentar, levantar e circular	A largura mínima da sala de estar deve ser de 2,40 m Número mínimo de assentos determinado pela quantidade de habitantes da unidade, considerando o número de leitos
	Sofá de dois lugares com braço	1,20	0,70		
	Poltrona com braço	0,80	0,70		
	Sofá de três lugares sem braço	1,50	0,70		
	Sofá de dois lugares sem braço	1,00	0,70		
	Poltrona sem braço	0,50	0,70		
	Estante/armário para TV	0,80	0,50	0,50 m	Espaço para o móvel obrigatório
	Mesinha de centro ou cadeira	—	—	—	Espaço para o móvel opcional
Sala de estar/ jantar Sala de jantar/ copa Copa/cozinha	Mesa redonda para quatro lugares	D = 0,95	—	Circulação mínima de 0,75 m a partir da borda da mesa (espaço para afastar a cadeira e levantar)	A largura mínima da sala de estar/jantar e da sala de jantar (isolada) deve ser de 2,40 m Mínimo: uma mesa para quatro pessoas É permitido leiaute com o lado menor da mesa encostado na parede, desde que haja espaço para seu afastamento, quando da utilização
	Mesa redonda para seis lugares	D = 1,20	—		
	Mesa quadrada para quatro lugares	1,00	1,00		
	Mesa quadrada para seis lugares	1,20	1,20		
	Mesa retangular para quatro lugares	1,2	0,80		
	Mesa retangular para seis lugares	1,50	0,80		

Fonte: NBR 15.575-1 (2013, p.67)

Figura 8 – Móveis e espaços de utilização da Cozinha

Cozinha	Pia	1,20	0,50	Circulação mínima de 0,85 m frontal à pia, fogão e geladeira	Largura mínima da cozinha: 1,50 m Mínimo: pia, fogão e geladeira e armário
	Fogão	0,55	0,60		
	Geladeira	0,70	0,70		
	Armário sob a pia e gabinete	–	–	–	Espaço obrigatório para móvel
	Apoio para refeição (duas pessoas)	–	–	–	Espaço opcional para móvel

Fonte: NBR 15.575-1 (2013, p.67)

Figura 9 – Móveis e espaços de utilização dos Dormitórios

Tabela F.2 (continuação)

Ambiente	Mobiliário			Circulação m	Observações
	Móvel ou equipamento	Dimensões m			
		l	p		
Dormitório casal (dormitório principal)	Cama de casal	1,40	1,90	Circulação mínima entre o mobiliário e/ou paredes de 0,50 m	Mínimo: uma cama, dois criados-mudos e um guarda-roupa É permitido somente um criado-mudo, quando o 2º interferir na abertura de portas do guarda-roupa
	Criado-mudo	0,50	0,50		
	Guarda-roupa	1,60	0,50		
Dormitório para duas pessoas (2º dormitório)	Camas de solteiro	0,80	1,90	Circulação mínima entre as camas de 0,60 m Demais circulações, mínimo de 0,50 m	Mínimo: duas camas, um criado-mudo e um guarda-roupa
Dormitório para uma pessoa (3º dormitório)	Criado-mudo	0,50	0,50	—	Espaço para o móvel opcional
	Guarda-roupa	1,50	0,50		
	Mesa de estudo	0,80	0,60	Circulação mínima entre o mobiliário e/ou paredes de 0,50 m	Mínimo: uma cama, um guarda-roupa e um criado-mudo
	Cama de solteiro	0,80	1,90		
	Criado-mudo	0,50	0,50		
	Armário	1,20	0,50		
	Mesa de estudo	0,80	0,60	—	Espaço para o móvel opcional

Fonte: NBR 15.575-1 (2013, p.67)

Figura 10 – Móveis e espaços de utilização dos Banheiros e Área de Serviço

Tabela F.2 (continuação)

Ambiente	Mobiliário			Circulação m	Observações
	Móvel ou equipamento	Dimensões m			
		l	p		
Banheiro	Lavatório	0,39	0,29	Circulação mínima de 0,4 m frontal ao lavatório, vaso e bidê	Largura mínima do banheiro: 1,10 m, exceto no box Mínimo: um lavatório, um vaso e um box
	Lavatório com bancada	0,80	0,55		
	Vaso sanitário (caixa acoplada)	0,60	0,70		
	Vaso sanitário	0,60	0,60		
	Box quadrado	0,80	0,80		
	Box retangular	0,70	0,90		
	Bidê	0,60	0,60	–	Peça opcional
Área de serviço	Tanque	0,52	0,53	Circulação mínima de 0,50 m frontal ao tanque e máquina de lavar	Mínimo: um tanque e uma máquina (tanque de no mínimo 20 L)
	Máquina de lavar roupa	0,60	0,65		

NOTA 1 Esta Norma não estabelece dimensões mínimas de cômodos, deixando aos projetistas a competência de formatar os ambientes da habitação segundo o mobiliário previsto, evitando conflitos com legislações estaduais ou municipais que versem sobre dimensões mínimas dos ambientes.

NOTA 2 Em caso de adoção em projeto de móveis opcionais, as dimensões mínimas devem ser obedecidas.

Fonte: NBR 15.575-1 (2013, p.67)

2.3 COORDENAÇÃO MODULAR

2.3.1 Histórico da Coordenação Modular

Mesmo antes do surgimento da coordenação modular como conhecemos na atualidade, os módulos já eram amplamente utilizados nas composições arquitetônicas desde a antiguidade clássica. Segundo o Banco Nacional da Habitação e Instituto de Desenvolvimento Econômico e Gerencial (1976, p. 16), a palavra *módulo* deriva do latim *modulus*, diminutivo de *modus*, que significa medida.

A utilização do módulo teve interpretações diversas, dependendo da cultura que dele se utilizava. Para os gregos, era um método para se alcançar uma estética adequada. Para os romanos, além da utilidade estética, viam na modulação uma

metodologia funcional. Para os japoneses, a utilização era essencialmente com objetivos funcionais (ROSSO, 1976 *apud* BALDAUF, 2004, p. 23).

O Palácio de Cristal, anteriormente citado, foi um grande representante da coordenação modular em sua época. Em poucos anos, diversas estruturas semelhantes foram erguidas em todo o mundo. A empresa *Fox & Henderson* construiu, em 1852, com os mesmos elementos do Palácio de Cristal, a estação Midland, em Oxford. Outras empresas produziram casas pré-fabricadas e até mesmo hospitais. Desta forma, a industrialização passou a ser vista também como sinônimo de flexibilidade e mobilidade (BALDAUF, 2004, p. 35).

No princípio do século XX, diversos profissionais, considerando que a padronização dos componentes da construção se tornava necessária, iniciaram estudos a respeito da pré-fabricação, e conseqüentemente, da coordenação modular. O pioneiro foi o arquiteto alemão Walter Gropius, que projetou e construiu duas casas isoladas: em 1927, a do bairro-operário de Weissenhof e em 1932 a Casa Ampliável, ambas montadas com componentes pré-fabricados (estrutura metálica e vedação com painéis de cortiça revestidos externamente com cimento amianto).

Na casa de Weissenhof, a planta era modular e, na Casa Ampliável, era possível obter crescimento da edificação através de adição de alguns corpos volumétricos. Nesses exemplos, a escolha do módulo aconteceu por exigências tecno-produtivas, além de terem sido realizados os estudos das esquadrias, a indicação de juntas e a localização de equipamentos fixos dimensionalmente coordenadas com a malha de referência, o que torna as duas casas os exemplos mais aprofundados sobre os estudos da coordenação até então (BALDAUF, 2004, p. 36).

No entanto, os primeiros estudos sobre coordenação modular, como é concebida atualmente, foram realizados a partir de 1930 pelo industrial norte-americano Alfred Farwell Bemis. Seu estudo foi denominado “método modular cúbico” e foi apresentado no 3º volume (*Rational Design*) de sua obra “The Evolving House”, publicada pela *Technical Press* em 1936.

Neste trabalho, Bemis tratou a coordenação como um meio de se obter a produção em massa e a standardização dos componentes da construção. Ele analisou o “desenho modular cúbico”, sem definir o tamanho do módulo básico

(BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 75)

Em 1938, dois anos após sua morte, a *American Standard Association* (ASA), iniciou um estudo para coordenar o dimensionamento dos componentes da construção. Na França, iniciaram estudos semelhantes, que foram apresentados em 1942 à Associação Francesa para Normalização (AFNOR), tornando-se um projeto e, em seguida, norma fundamental. A França foi o primeiro país a ter uma norma de coordenação modular de caráter nacional (BALDAUF, 2004, p. 37).

Durante a segunda guerra mundial, o alemão Ernst Neufert desenvolveu um estudo baseado no módulo de 12,5cm, que representa 1/8 do metro, sendo, por isso, denominado de sistema “octamétrico”, que não modificava de forma substancial as dimensões tradicionais dos tijolos alemães (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO/ INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 75).

Os estudos de Neufert foram a base para a formulação da primeira norma alemã sobre coordenação modular, a DIN 4172, publicada em 1951. Desde essa data, até 1965, 4.400.000 habitações foram construídas na Alemanha obedecendo ao sistema octamétrico, o que foi equivalente a 50% de todas as construções realizadas no país neste período (BALDAUF, 2004, p. 38).

Le Corbusier, diante da norma recém-publicada na França e movido pela preocupação com os rumos da composição harmônica na arquitetura, a partir de 1942, iniciou estudo de um sistema de proporcionalidade baseado nas proporções antropomórficas, que chamou de Le Modulor, publicado em 1948. Esse sistema foi fundamentado na matemática, utilizando as dimensões estéticas da seção áurea, da série Fibonacci e das proporções humanas.

Desta forma, o módulo era um fator de multiplicação de 1,618... (número de ouro), sendo que a trama básica era composta por três medidas: 113 cm, 70 cm e 40 cm, que se relacionam com a proporção áurea: $43+70=113$; $113+70=183$; $113+70+43=226$. As medidas 113,183 e 226 definem o espaço que a figura humana ocupa, respectivamente à altura do plexo solar, estatura padrão e altura do homem com braços levantados (BALDAUF, 2004, p. 38).

Apesar da disciplina dimensional do Modulor, suas aplicações eram restritas devido ao fato de ter sido pensado como instrumento de controle de arquitetura e

não de elemento de coordenação entre concepção de projeto e produção industrializada da construção (BALDAUF, 2004, p. 39).

Na Suécia, em 1946, Bergvall e Dahlberg fizeram estudos acerca da coordenação modular, publicando-os com o título de “Raport on Modular Coordination”, adotando o módulo de 10cm como base, além de fazer uma aplicação às instalações e demais serviços da coordenação modular (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO/ INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 76). A Agência Europeia de Produtividade (AEP) realizou, em 1955, uma convenção em Munique, onde foram estabelecidos requisitos na adoção da medida correspondente ao módulo-base, que até então se entendeu como conveniente a medida de 10cm para países com sistema métrico e 4” em países onde o sistema era baseado no pé-polegada (BALDAUF, 2004, p. 42).

A publicação do primeiro relatório sobre o projeto AEP 174 aconteceu em 1956 e, neste momento, cinco dos 11 países participantes (Bélgica, França, Itália, Suécia e Noruega) já haviam adotado o módulo base de 10cm. Na Alemanha, a norma DIN 4172 previu, juntamente com o módulo de 10cm, a introdução do módulo de 12,5cm, considerando que essa constitui uma medida mais prática quando há a necessidade de combinar alvenaria e ladrilhos modulares (BALDAUF, 2004, p. 42-43).

No ano de 1971, na Alemanha, a DIN 18000 *Modulordnung im bauwesen* (coordenação modular na construção) propôs a adoção de uma norma baseada no sistema decimétrico, em detrimento do sistema octamétrico, originalmente adotado (BALDAUF, 2004, p. 45). O mesmo aconteceu na Inglaterra, em 1972, com a adoção do sistema métrico, em detrimento do sistema pé-polegada. O plano de implantação do sistema métrico na construção civil revelava, como consequência, o fato de que, em 1970, 30% de todas as unidades residenciais a serem construídas no Reino Unido já terem as dimensões no sistema métrico (BALDAUF, 2004, p. 45).

No Brasil, os estudos acerca da coordenação modular iniciaram a partir da década de 1940. Em 4 de setembro de 1946, foram instalados os trabalhos da Comissão de Estudos dos Elementos na Construção, a Associação Brasileira de Normas Técnicas, no Rio de Janeiro, ocasião onde foi colocado o fato de que, na França e Estados Unidos, já havia iniciado os estudos sobre a coordenação modular (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 77).

Em agosto de 1963, no Rio de Janeiro, houve o I Seminário de Materiais de Construção, organizado pelo Comitê Pan-americano de Normas Técnicas (Copant), com o apoio da Organização dos Estados Americanos (OEA). Nesse seminário, uma das subcomissões tratou especificamente da coordenação modular, sendo que o Brasil foi o único país a apresentar uma norma técnica sobre o assunto, uma vez que, dos demais países, apenas alguns haviam iniciado estudos sobre a coordenação modular (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 78).

Em junho de 1965, aconteceu, em Caracas, o II Seminário de Materiais de Construção, igualmente ao anterior, organizado pelo Copant, com o apoio da OEA. Na ocasião, novamente tratou-se sobre a coordenação modular, e o Brasil defendeu os princípios básicos adotados pela Norma Técnica Brasileira de Coordenação Modular, que foram aprovados por unanimidade.

Dessa reunião resultou a aprovação do *Proyecto 1º de Recomendación COPANT/SC 3:11-001 - coordinación modular de la construcción – bases definiciones y condiciones generales*, que se tornou norma básica para o desenvolvimento de estudos posteriores. Com base na Copant 3:11-001, revisada pela Comissão de Coordenação Modular da ABNT, a norma inicial foi modificada, dando origem à NB-25, intitulada Coordenação Modular da Construção: bases definições e condições básicas, publicada em 1969 (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 78).

2.3.2 Teoria da Coordenação Modular

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na NBR 15873 (2010), coordenação modular é uma técnica que permite relacionar as medidas de projetos com as medidas modulares por meio de reticulado espacial modular de referência.

Já em uma publicação intitulada “Síntese da coordenação modular”, a ABNT (*apud* BALDAUF, 2004, p. 47) define a coordenação modular como sendo uma aplicação do método industrial, onde há uma relação de dependência entre os produtos básicos (componentes), intermediários de série e finais (edifícios), mediante o uso de uma unidade de medida comum, que é o módulo. Na Teoria da

Coordenação Modular, módulo é uma unidade de medida, diferentemente da teoria de AMV ou do escopo deste trabalho, onde módulo faz referência a um objeto arquitetônico tridimensional.

Para Mascaró (1976 *apud* BALDAUF, 2004, p. 47), coordenação modular é um mecanismo de simplificação e interrelação de grandezas e de objetos diferentes de procedência distinta que devem ser unidos entre si na etapa da construção (ou montagem), com mínimas modificações e ajustes. Segundo Lucini (2001, p. 22), coordenação modular é entendida como o sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo de 10cm, compatibiliza e organiza a aplicação racional de técnicas construtivas e também do uso de componentes em projeto e em obra, sem sofrer modificações.

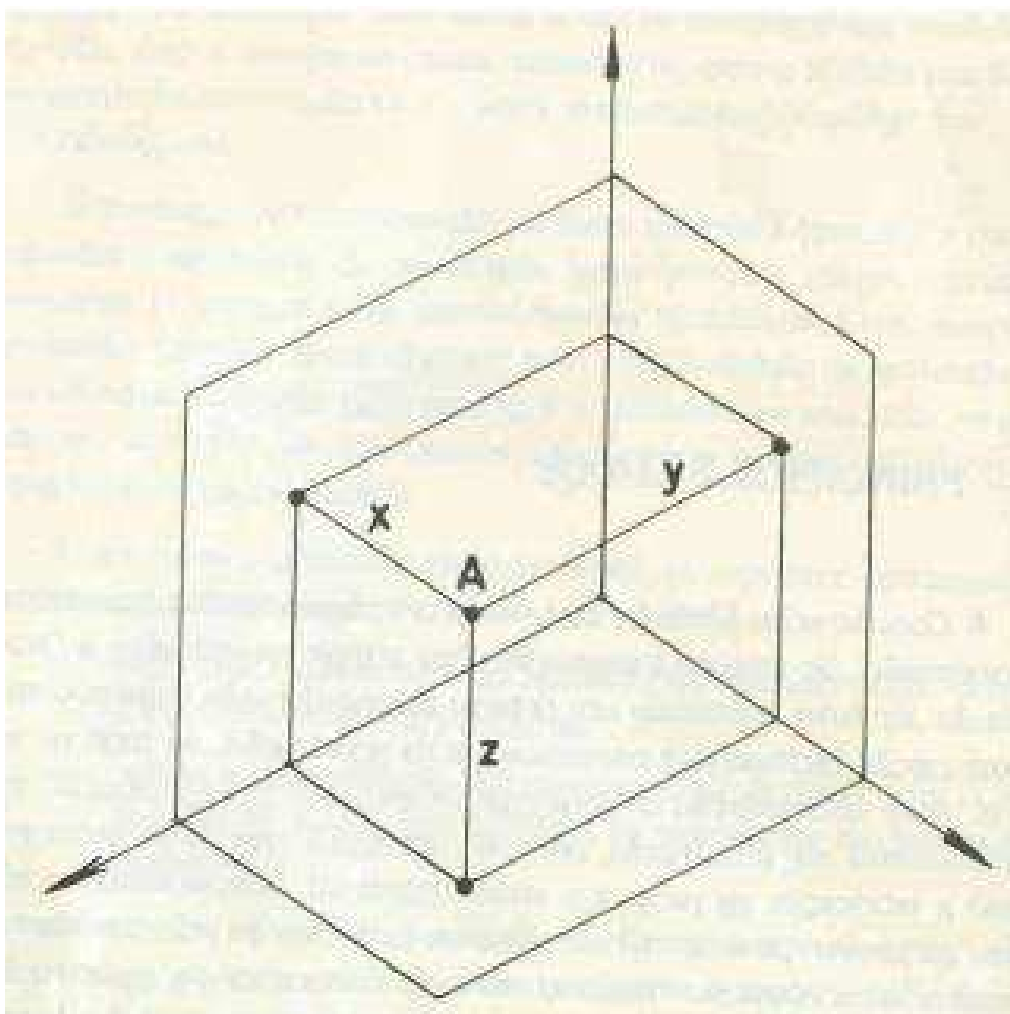
De acordo com o Banco Nacional da Habitação e Instituto de Desenvolvimento Econômico e Gerencial (1976, p. 11), o objetivo principal da coordenação modular é racionalizar a construção, do projeto à execução. A racionalização construtiva, através da coordenação modular, possibilita uma resposta a um conjunto de necessidades na produção das edificações, segundo Lucini (2001, p. 21):

- 1) repetição de técnicas e processos;
- 2) redução de variedade de tipos e dimensões de componentes;
- 3) compatibilidade dimensional e tecnológica entre componentes;
- 4) intercambialidade de componentes;
- 5) produção seriada de componentes e de montagem tipificada;
- 6) autonomia de etapas de execução e montagem de componentes;
- 7) detalhamento e especificação técnica sistematizada;
- 8) controle eficiente dos custos da produção;
- 9) aumento da produtividade na fabricação e montagem.

A padronização dos componentes ainda apresenta a vantagem de facilitar as exportações, sendo essa estratégia utilizada em diversos países europeus para auxiliar no desenvolvimento do comércio exterior (ROSSO *apud* BALDAUF, 2004, p. 49). A coordenação modular baseia-se em três princípios fundamentais: o sistema de referência, o módulo e o ajuste modular (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 13).

O Sistema de Referência é “formado por pontos, linhas e planos aos quais devem relacionar-se as medidas e posições dos componentes da construção.” (ABNT, 1977). Trata-se de um sistema de três planos ortogonais dispostos dois a dois que constituem o triedro axonométrico em relação ao qual a posição de um ponto no espaço fica determinada por suas projeções (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 13), conforme podemos ver na Figura 11:

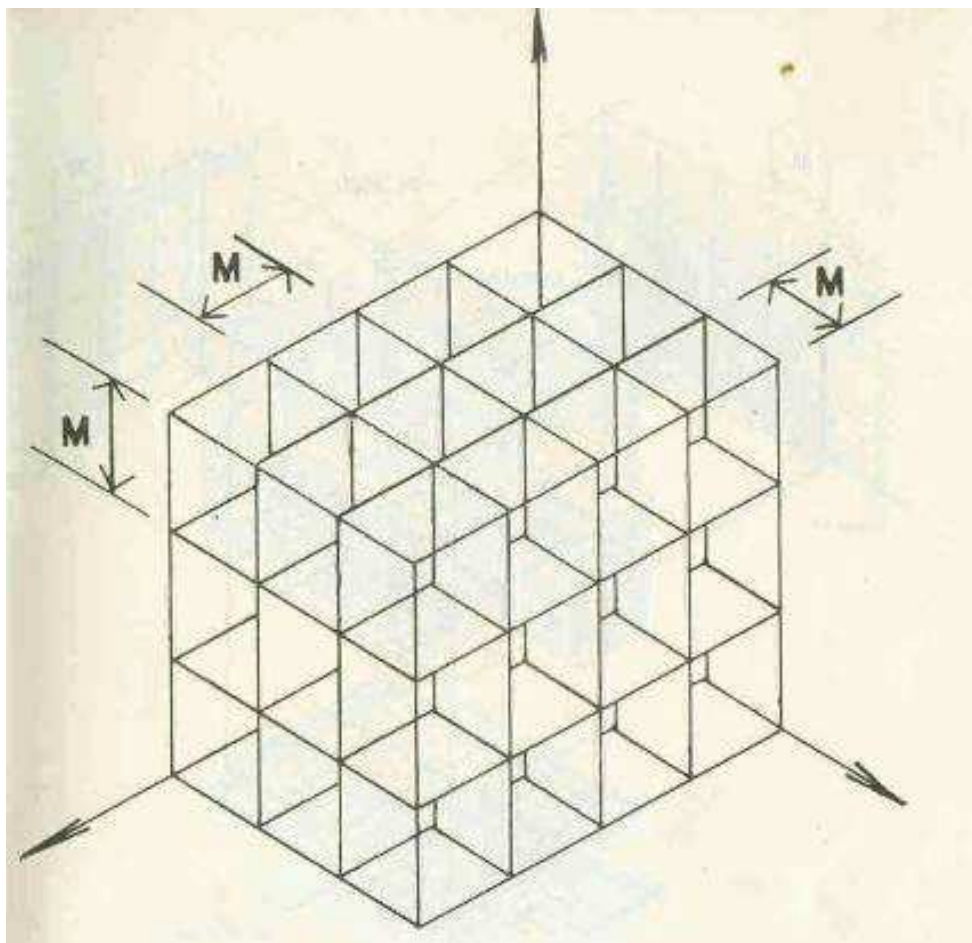
Figura 11 – Sistema de referência



Fonte: BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO (1976, p. 14)

Reticulado espacial modular de referência é aquele formado pelas linhas de intersecção de um sistema de planos separados entre si por uma distância de valor igual ao módulo, sendo esses planos paralelos aos três planos ortogonais (ABNT, 2010), conforme Figura 12.

Figura 12 – Reticulado espacial modular de referência

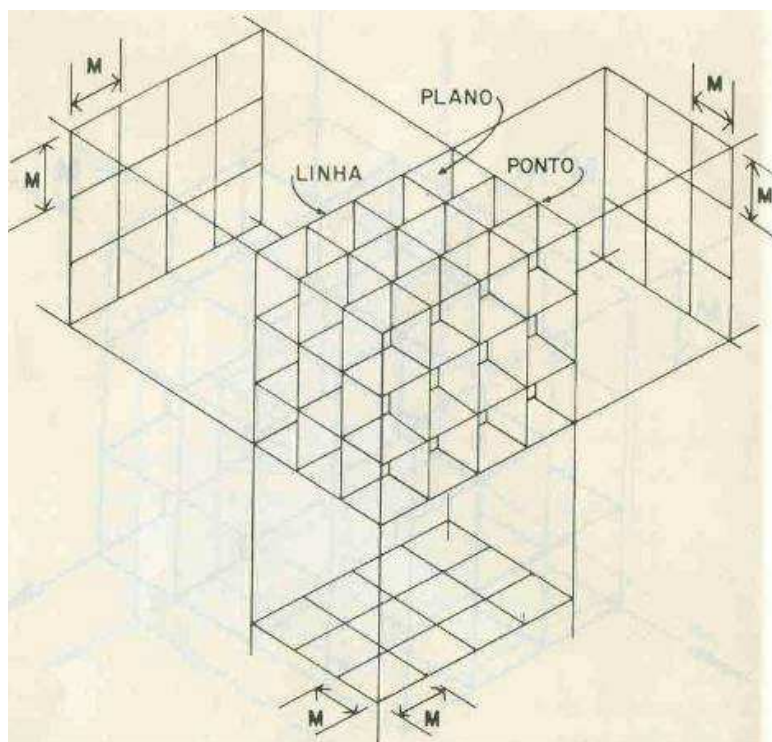


Fonte: BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO (1976, p. 14)

Quadriculado Modular de Referência é a projeção ortogonal do reticulado espacial de referência sobre um plano paralelo a um dos três planos ortogonais (ABNT, 2010). Através desse quadriculado, torna-se fácil a determinação no desenho da posição dos componentes da construção e de suas medidas (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 15).

Muitas vezes, pode haver uma certa dificuldade na execução do quadriculado modular de referência, uma vez que o módulo de 10cm pode ser muito pequeno, dependendo da escala do projeto. Para solucionar essa questão, recomenda-se a utilização de múltiplos inteiros do módulo, ou seja, um multimódulo, e a sua utilização pode ser igual ou diferente para cada direção (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 15) (Fig. 13).

Figura 13 – Quadriculado modular de referência



Fonte: BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO (1976, p. 15)

O Módulo é a distância entre dois planos consecutivos do sistema que origina o reticulado espacial modular de referência. No Brasil, essa distância é um decímetro, ou seja, 10cm (ABNT, 2010). Na coordenação modular, os componentes deverão ocupar espaços determinados por esses planos, e suas medidas deverão ser referentes a eles (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 19).

Medida Modular é a medida igual ao módulo ou a um múltiplo inteiro do módulo, que pode ser expressa da seguinte maneira:

$$mM = n.M$$

Sendo que:

mM é medida modular

N é um número positivo qualquer

M é o módulo

Desta forma, teremos módulos e multimódulos (múltiplos do módulo). No entanto, há materiais que, por sua natureza, possuem medidas inferiores ao do

módulo base. Para solucionar essa questão, é permitida a utilização de submódulos (M/n). Rosso (1976 *apud* BALDAUF, 2004, p. 56) sugere a adoção dos submódulos M/4 (2,5cm) e M/8 (1,25cm) para espessuras de acabamentos e para peças especiais de fechamento.

Medida de Projeto é a medida determinada no projeto para qualquer componente da construção, e essa medida deverá considerar as juntas necessárias à perfeita adaptação do componente no espaço que lhe é destinado (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 19-20).

Junta de Projeto é a distância prevista no projeto entre os extremos adjacentes de dois componentes da construção. Já a Junta Real é a distância real entre os extremos adjacentes de dois componentes da construção (ABNT, 2010).

Ajuste Modular é o terceiro princípio fundamental em que a coordenação modular se baseia. Com ele, é possível realizar uma conjugação racional dos componentes da construção, estabelecendo a relação de cada um dos componentes com o sistema de referência. O ajuste modular relaciona a medida de projeto à modular, como podemos ver, a seguir (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 22).

$$aM = nM - Mp$$

onde:

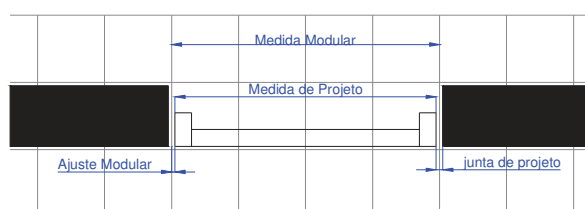
aM = ajuste modular

nM = medida modular

Mp = medida de projeto

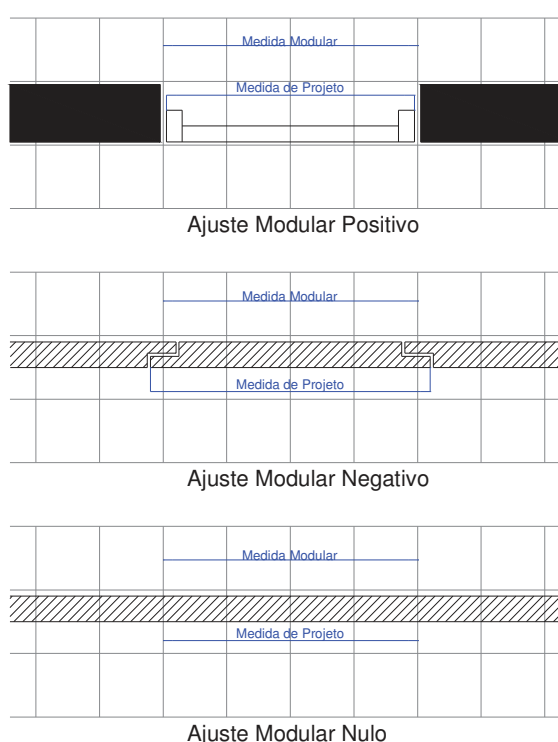
A Figura 14 apresenta a medida modular, medida de projeto, junta de projeto e ajuste modular.

Figura 14 – Medida modular, medida de projeto, junta de projeto e ajuste modular



Podem ocorrer três situações de ajuste modular: ajuste modular positivo, quando a medida de projeto é menor que a medida modular; ajuste modular negativo, quando o espaço modular é excedido, como acontece em painéis com encaixe por superposição; e ajuste modular nulo, quando há coincidência entre medida de projeto e medida modular (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 22-23). A Figura 15 nos mostra ajustes modulares positivo, negativo e nulo.

Figura 15 – Ajuste modular positivo, negativo e nulo



Fonte: BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO (1976, p. 21)

Com o emprego da coordenação modular, o sistema de referência projetual é dado pelo quadriculado modular de referência, de onde parte o desenvolvimento de plantas, fachadas e cortes. O quadriculado também possui a finalidade de coordenar a posição e dimensões dos componentes da construção, o que simplifica sua representação e também a sua montagem na execução da obra, reduzindo a ocorrência de cortes e retoques (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO/INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976, p. 26). Na realização de um projeto coordenado modularmente, devemos considerar diversos fatores que irão auxiliar nesta etapa. Estes fatores serão relatados a seguir.

Multimódulo, segundo o Banco Nacional de Habitação/Instituto de Desenvolvimento Econômico e Gerencial (1976, p. 26), é uma medida escolhida entre os múltiplos inteiros do módulo. Essa medida é também chamada de módulo de projeto e é utilizado porque, em alguns casos, as dimensões das partes da construção se repetem, tornando desnecessária a utilização do quadriculado decimétrico. Os multimódulos horizontais e verticais recomendados pela ABNT na NBR 15873 são de 2M e 3M, utilizados separadamente ou em conjunto. Também recomenda-se que, quando o dimensionamento do projeto é definido pelas dimensões de algum componente construtivo, suas medidas modulares devem ser utilizadas como multimódulos.

Para a locação de componentes da construção de pequenas dimensões, como tubulações, podem ser utilizadas medidas menores que o módulo. Nesses casos, é recomendável que se utilize uma medida fracionária do módulo, seguindo a seguinte regra: $n \times M/4$. Segundo a ABNT, na NBR 15873 (2010), em um projeto coordenado modularmente, são três as posições possíveis que um componente da construção pode assumir em relação ao quadriculado modular de referência:

a) simétrica: quando a projeção ortogonal do componente está situada sobre uma linha da quadrícula modular de referência, com suas duas faces equidistantes dessa mesma linha;

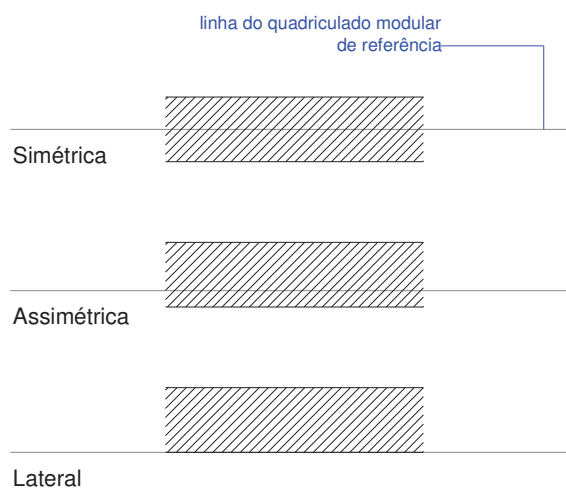
b) assimétrica: quando a projeção ortogonal do componente está situada sobre uma linha da quadrícula modular de referência, estando suas faces afastadas com distâncias diferentes dessa linha. Nesse caso, os afastamentos das faces em relação à quadrícula modular de referência devem ser preferencialmente iguais a $n \times M/4$;

c) lateral: quando a projeção ortogonal do componente está situada com uma de suas faces colocadas lateralmente em relação a uma linha da quadrícula modular de referência.

A escolha sobre qual tipo de posicionamento será utilizado deverá ser feita levando-se em consideração as necessidades técnicas e econômicas e de execução da obra. Em alguns casos específicos, pode haver a necessidade de utilização de zonas neutras, que consistem na separação de reticulados espaciais de referência por zonas não modulares, o que acaba por resultar em um sistema de quadriculados modulares de referência, separados por medidas não modulares. Um exemplo desse caso seria a necessidade de separação de um edifício em partes

independentes, com emprego de juntas de dilatação. Isso torna necessário evitar o desencontro em relação ao reticulado espacial de referência, havendo, por isso, uma separação entre eles, de acordo com as juntas de dilatação (Fig. 16).

Figura 16 – Posição do componente em relação ao quadriculado



Fonte: BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO (1976, p. 21)

3 METODOLOGIA

A metodologia é um conjunto de regras e procedimentos, aceitos pela comunidade acadêmica, para a construção do conhecimento científico (ANDERY *et al.*, 2004). O enquadramento metodológico consiste em determinar e justificar uma metodologia que permita responder ao problema de pesquisa, ser avaliado pela comunidade científica e demonstrar procedimentos que enfoquem os resultados da pesquisa.

A tensão na relação teoria-prática e a relevância do conhecimento produzido exigem um novo foco de pesquisa voltada ao projeto de artefatos que apresentem soluções mais adequadas para os problemas existentes. Nesse sentido, Romme (2003) afirma que os estudos relacionados às organizações devem incluir a *Design Science* e a *Design Science Research*, como um dos principais modos de conceber o conhecimento e de realizar pesquisas científicas. O produto da pesquisa no âmbito da *Design Science* também difere em relação às pesquisas descritivas. No paradigma da *Design Science*, o principal interesse está na criação destes artefatos, com a preocupação voltada para o aprimoramento de situações práticas reais.

Hambrick (2007) argumenta que o excesso de foco em teorias descritivas dificultam o surgimento de trabalhos que abram novas perspectivas de pesquisas futuras, principalmente as direcionadas ao projeto de artefatos que sustentem soluções efetivas para os problemas existentes. Segundo Romme (2003), a *Design Science Research* deve ser incluída nesse tipo de pesquisa, pela característica de realizar pesquisas científicas desenvolvendo um conhecimento prescritivo, apontando soluções e alternativas, não apenas descritivas ou explicativas. Conforme Schon (2000),

No terreno da prática profissional, a ciência aplicada e a técnica baseada em pesquisa ocupam um território criticamente importante, ainda que limitado, que faz fronteira em muitos lados com o talento artístico. Há uma arte da sistematização de problemas, uma arte da implementação e uma arte da improvisação – todas necessárias para mediar o uso, na prática, da ciência aplicada e da técnica. (SCHON, 2000, p. 22)

Conforme Schon (2000), o conhecimento baseado na racionalidade técnica, tão caro aos princípios fundadores da universidade moderna, não tem conseguido dar respostas adequadas a uma série de problemas importantes da realidade de várias profissões e áreas de pesquisa. Esses problemas, mais caóticos e confusos,

desafiam as teorias e soluções técnicas, baseadas na pesquisa. “Por trás de tais críticas está uma versão do dilema entre o rigor e a relevância.” (SHON, 2000, p. 19).

Simon (1996) mostra a importância de criar uma ciência (i.e., um corpo de conhecimento rigoroso e validado) que proponha como projetar artefatos, ou construí-los de maneira que possuam certas propriedades desejadas. É a chamada “Ciência do Projeto”, uma *Design Science*. “Ao projeto interessa o quê e como as coisas devem ser, a concepção de artefatos que realizem objetivos.” (SIMON, 1996, p. 198). A missão principal da *Design Science* é, portanto, desenvolver conhecimento para a concepção e desenvolvimento de artefatos (VAN AKEN, 2004). “O mundo em que vivemos hoje é muito mais artificial, fabricado pelo homem, do que natural [...]” (SIMON, 1996, p. 23).

Conforme Bayalt (2004), *Design Science Research* estuda, pesquisa e investiga o artificial e seu comportamento, tanto do ponto de vista acadêmico quanto da organização, constituindo um processo de projeto de artefatos para resolver problemas, avaliar o que foi projetado e comunicar os resultados obtidos (ÇAĞDAŞ; STUBKJÆR, 2011).

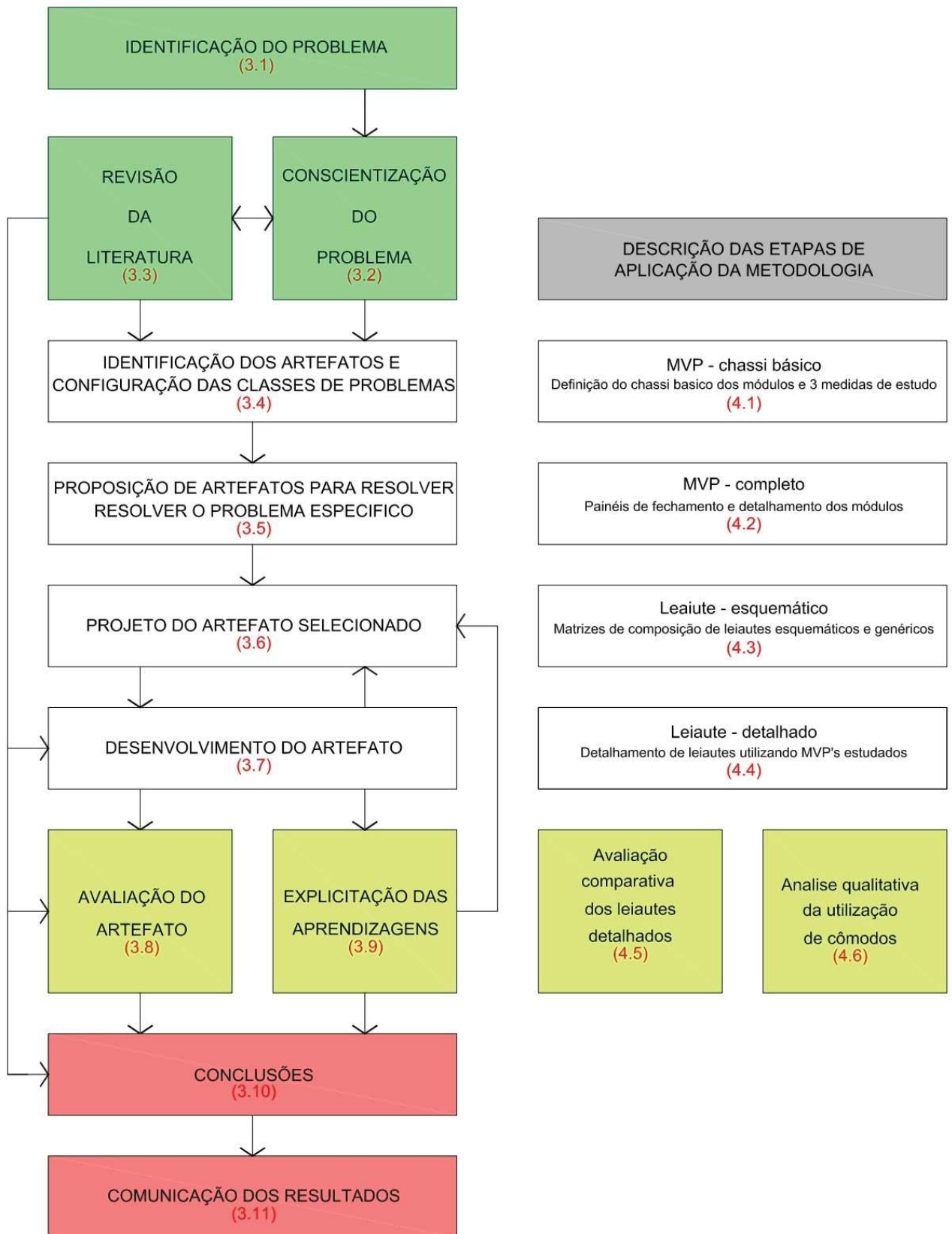
Ao contrário das ciências explanatórias ou descritivas, nas ciências exploratórias ou prescritivas, onde o *Design Science* está inserido, o fenômeno deve inicialmente ser criado artificialmente, e seu processo avaliado, para que se possa produzir o conhecimento (SIMON, 1996). A *Design Science* é composta pela construção, processo de confecção de artefatos para um propósito específico, e pela avaliação, verificação do desempenho dos artefatos como solução desejada (MARCH; SMITH, 1995). “A *Design Science* não se preocupa com a ação em si mesma, mas com o conhecimento que pode ser utilizado para projetar as soluções.” (VAN AKEN, 2004, p. 228).

Este trabalho segue a metodologia da *Design Science Research*, devido as suas características de conferir rigor acadêmico a uma pesquisa de cunho prático, onde o pesquisador interfere no desenvolvimento, e o resultado é basicamente prescritivo. Segundo Venable (2006), essa metodologia tem o objetivo de gerar conhecimento que seja aplicável na a solução de problemas, qualificação de sistemas existentes e criação de novos artefatos. *Design Science Research* é a metodologia adequada pois os objetivos da pesquisa são prescritivos ou de desenvolvimento de tecnologias (artefatos).

Essa metodologia é dividida em 12 passos, de acordo com Lacerda (*et al.*, 2013), que são: identificação do problema; conscientização do problema; revisão sistemática da literatura; identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas; proposição de artefatos para resolver o problema específico; projeto do artefato selecionado; desenvolvimento do artefato; avaliação do artefato; explicitação das aprendizagens; conclusões; generalização para uma classe de problemas; e comunicação dos resultados.

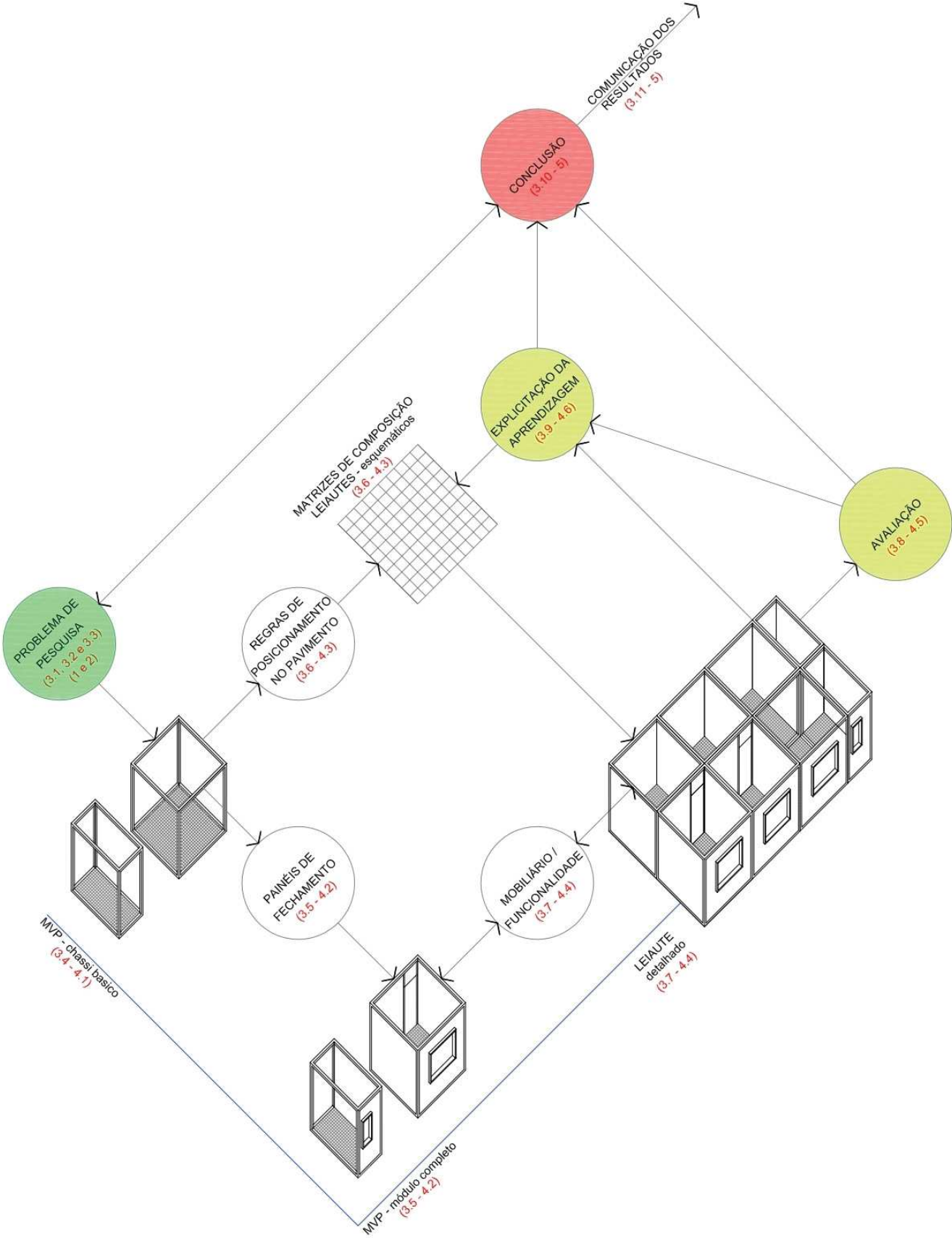
Esses passos são seguidos no trabalho, mas optou-se por aglutinar o item “generalização para uma classe de problemas” ao item “conclusões”, que serão desenvolvidos conforme descrição a seguir. Na Figura 17, podemos ver a representação gráfica da metodologia utilizada, complementada no desenho da Figura 18, onde os números entre parênteses indicam as etapas do método, e a linha azul indica os artefatos da pesquisa.

Figura 17 – Delineamento da metodologia



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 18 – Esquema gráfico de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Desenvolvido pelo autor

3.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

O problema deste trabalho consiste na definição e na análise das opções de MVPs, produzidos na indústria e associados entre si no canteiro de obras, compondo leiautes residenciais e atendendo a questões de funcionalidade. Analisar o comportamento dos MVP'S em relação a funcionalidade, na execução de leiautes residenciais de um, dois ou três dormitórios é o objetivo principal deste trabalho. Para isso, inicia-se definindo as possibilidades dimensionais desses módulos, de maneira que cumpram as delimitações impostas pelas Normas de Coordenação Modular, Norma de Desempenho e Limites para o transporte rodoviário.

3.2 CONSCIENTIZAÇÃO DO PROBLEMA

Este item deixa claro as delimitações do estudo, os critérios de projeto e a análise dos resultados e objetivos que serão atingidos, fazendo uma leitura histórica e técnica dos elementos que justificam e embasam esta pesquisa. Os critérios de definição e avaliação dos módulos testados estão condicionados às regras de coordenação modular, aos limites para o transporte terrestre e à norma de desempenho.

3.3 REVISÃO DA LITERATURA

A Fundamentação Teórica deste trabalho apresenta os principais assuntos que justificam e delimitam o trabalho. O primeiro tema abordado consiste na Industrialização da Construção e Arquitetura Modular Volumétrica, passando pelos condicionantes objetivos do trabalho, que são as regras para o transporte rodoviário e a NBR 15.575-1 (Norma de Desempenho). Também será apresentada a questão da Coordenação Modular, por servir de princípio compositivo dos Módulos.

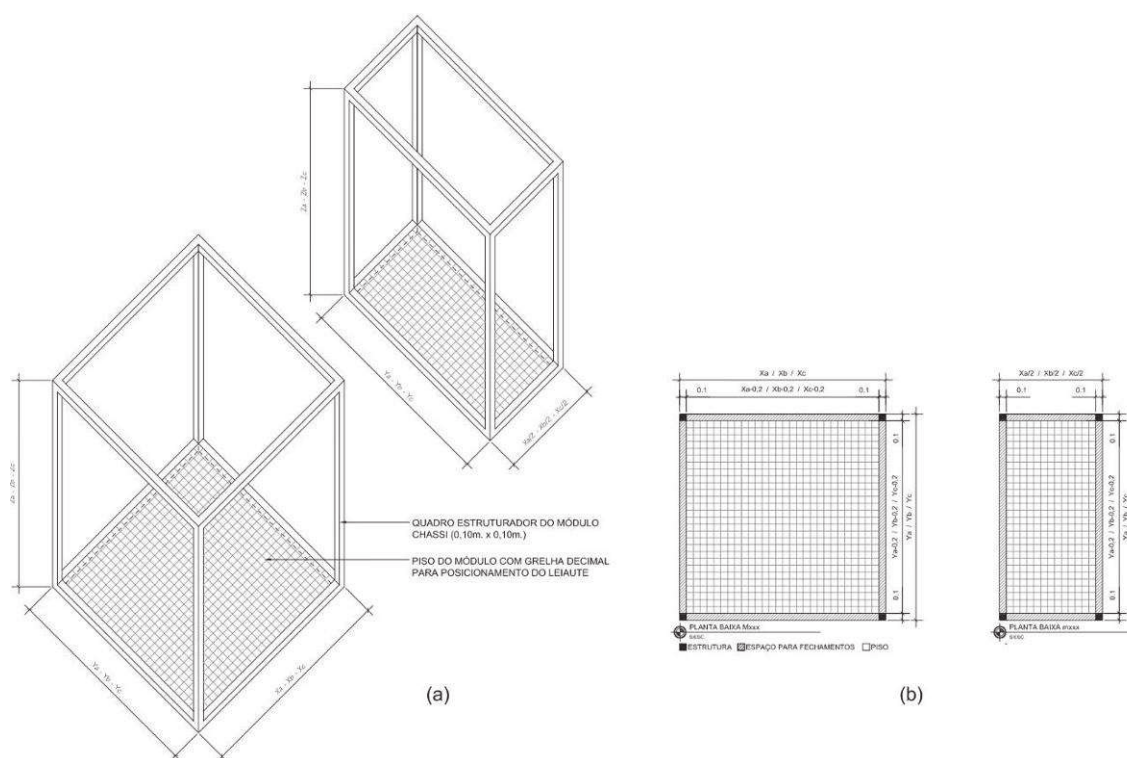
3.4 IDENTIFICAÇÃO DOS ARTEFATOS E CONFIGURAÇÃO DAS CLASSES DE PROBLEMAS (MVP - CHASSI BÁSICO. DEFINIÇÃO DO CHASSI BÁSICO DOS MÓDULOS E 3 MEDIDAS DE ESTUDO).

Neste item, inicia-se a aplicação da metodologia, através da definição do primeiro artefato da pesquisa, que são os MVP's de medidas diferentes com os

respectivos meio módulos. Essas dimensões serão analisadas em leiautes residenciais utilizando a funcionalidade e a transportabilidade como critério de avaliação, apesar de critérios de produção industrial, composição arquitetônica e economicidade estarem presentes nas definições do módulo. Inicialmente, define-se apenas a estruturação deste módulo, aqui chamado de “chassi básico” que corresponde à primeira etapa de produção industrial, onde a variabilidade é mínima, ou seja, esse chassi é igual para todos os módulos de mesma dimensão.

Estes Módulos são estruturados por pilares nos vértices, que foram definidos como as únicas possibilidades de junção entre eles. Conforme se vê na Figura 19, os pilares e os espaços destinados ao fechamento perimetral do Módulo ocupam uma faixa de 0,10m. Para cada Módulo, foi definido o meio módulo correspondente que, além de cumprir papel importante na funcionalidade dos leiautes, permite variações volumétricas na composição, devido à possibilidade de ser executado em balanço. Como esta pesquisa objetiva apenas investigações funcionais, questões relativas a materiais de estruturação e a acabamentos não serão detalhadas. Foram utilizadas as letras minúsculas “a”, “b” e “c” para representar as três medidas de módulos que são apresentadas na etapa de Aplicação da Metodologia.

Figura 19 – Composição do chassi do módulo



Fonte: Desenvolvido pelo autor

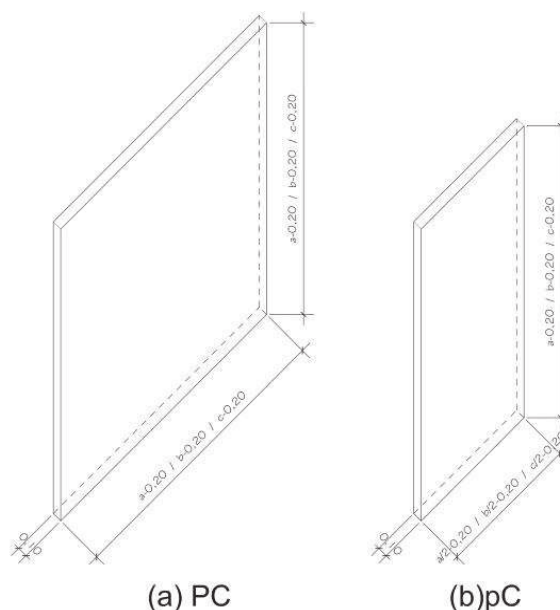
3.5 PROPOSIÇÃO DE ARTEFATOS PARA RESOLVER O PROBLEMA ESPECÍFICO (MVP – COMPLETO. PAINÉIS DE FECHAMENTO E DETALHAMENTO DOS MÓDULOS).

Definido o chassi básico do MVP, esta etapa objetiva criar regras para os painéis de fechamentos e nomenclaturas para os artefatos. Faz-se necessário definir uma regra de nomenclatura que identifique as características físicas de cada módulo, facilitando os processos de análise, produção, montagem e controle. São apresentadas as soluções geométricas de composição de fechamentos verticais (paredes) internos e externos, as portas e os vãos internos e as esquadrias externas, sem, no entanto, detalhar questões construtivas ou de materialidade. Os Módulos possuirão apenas diferenciação nos fechamentos e quadriculado decimal no piso para referência dimensional.

Assim, um Módulo pode ser um dormitório de casal, um dormitório de solteiro, uma combinação de circulação e sanitário, e assim por diante, compondo um conjunto de MVPs padronizado, com soluções de fechamento igualmente padronizados, e com capacidade de associações diversas.

Para as definições deste trabalho, os painéis de fechamento verticais serão divididos apenas em quatro grandes grupos: Painel ausente (P.A./p.A.); Painel cego (P.C./p.C.); Painel com porta (P.P./p.P.); e Painel com esquadrias (P.E./p.E.). Para a nomenclatura dos painéis, utilizou-se um código com o tamanho do painel (“P” maiúsculo para painéis em faces de módulos inteiros, e em “p” minúsculo para painéis nas faces menores de meio módulos), uma letra maiúscula para o tipo de painel. Nos casos de Painel com Porta (PP/pP) ou Painel com Esquadria (PE/pE), um número sequencial logo após as letras indica seus detalhes. Um painel chamado PC (Fig. 20a), significa que é um painel inteiro (P), cego (C). Já um painel chamado pC (Fig. 20b) se refere a um painel cego para uma face menor de um meio módulo. Os tipos de detalhamentos e catálogo de painéis serão apresentados na sequência.

Figura 20 – Exemplo de painel de fechamento (PC)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Este item também define regras para a nomenclatura dos MVPs, que contêm informações sobre as dimensões do módulo e cada um dos painéis que o compõem.

3.6 PROJETO DO ARTEFATO SELECIONADO (LEIAUTE – ESQUEMÁTICO. MATRIZES DE COMPOSIÇÃO DE LEIAUTES ESQUEMÁTICOS E GENÉRICOS).

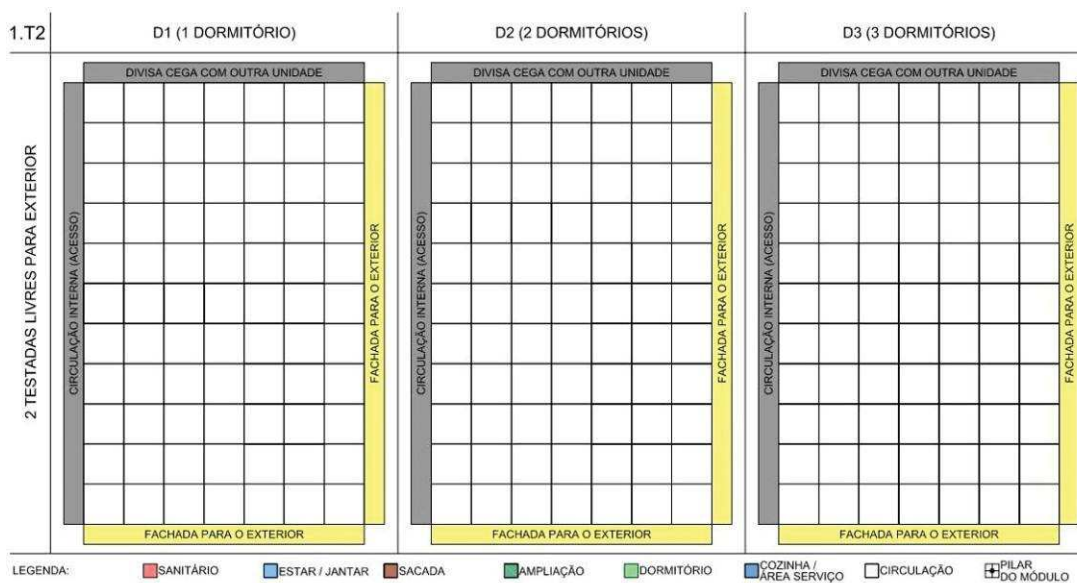
Após a definição do MVP, com chassi básico, painéis de fechamento e nomenclaturas, inicia-se o processo de desenvolvimento do segundo artefato, que são os leiautes, a associação dos MVPs formando unidades residenciais ou apartamentos. Neste primeiro item, trabalha-se com as regras para o posicionamento dos leiautes em relação ao pavimento e à possibilidade de aberturas externas e cria-se a Matriz de lançamento de leiautes esquemáticos e genéricos.

Além da regra já citada de possibilidade de junção dos módulos exclusivamente através da coincidência de vértices, é necessário delimitar características físicas destes leiautes, como: posição relativa no pavimento, posição em relação aos acessos e possibilidade de aberturas externas e número de dormitórios. Desta forma, cada leiaute ou associações de módulos que

configuram um apartamento pode apresentar uma, duas ou três fachadas expostas para o lado externo da edificação, chamada de “testada livre”. As demais ficam internas à edificação e podem ter suas fachadas unindo-se a outros apartamentos e/ou ligadas ao corredor interno de acesso.

A Matriz de composição de leiautes consiste em um conjunto de três grelhas com quadriculado equivalente a um quarto de módulo e com indicação nos quatro quadrantes em relação à condição de confrontação, que faz divisa com o resto do pavimento ou com o exterior. Essa matriz (Fig. 21) servirá de base para a composição de leiautes residenciais esquemáticos e genéricos de um, dois e três dormitórios. Esses leiautes esquemáticos não têm compromisso com fechamentos, disposição de móveis ou circulações internas, apenas com a correta relação entre os compartimentos, formados pela associação dos MVPs anteriormente definidos.

Figura 21 –Matriz de lançamento de leiautes com duas testadas livres (T2)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Esta etapa objetiva demonstrar graficamente a variedade de leiautes possíveis através de módulos padronizados e eleger alguns para serem analisados posteriormente. Esta etapa carrega um conteúdo importante de conhecimento técnico do pesquisador sobre o tema e de retorno das avaliações qualitativas. A Teoria de Schon (2000) da Reflexão na Ação se adapta a este momento da pesquisa, já que os aprendizados provenientes do desenvolvimento (conhecer-na-

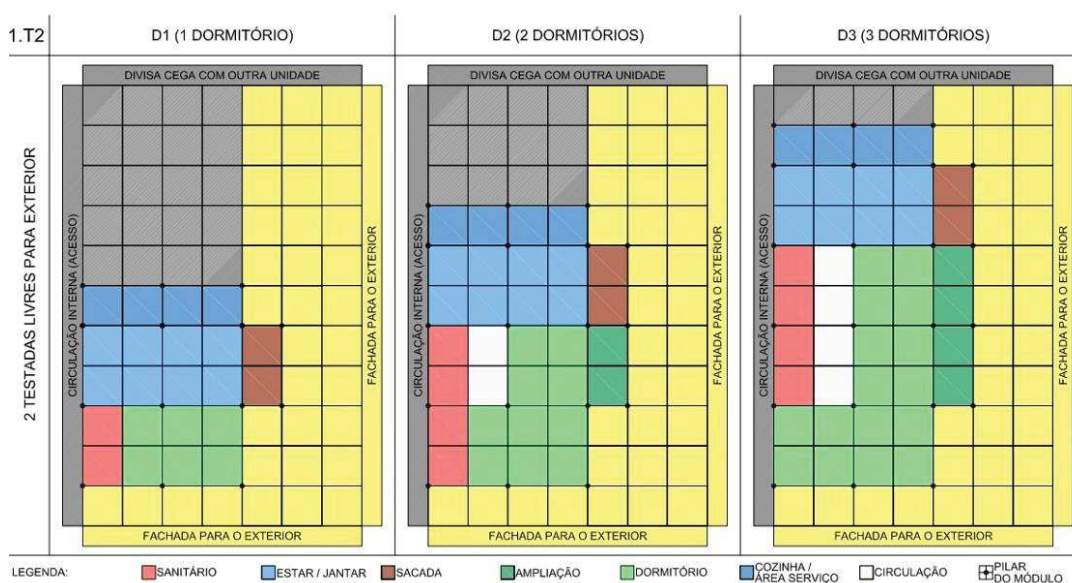
ação) acabam virando reflexões que interferem diretamente na sequência do desenvolvimento.

A quantidade de quadriculas foi baseada em tentativas preliminares e na retroalimentação das etapas de desenvolvimento durante a execução da pesquisa. Na Figura 21, acima, podemos ver o exemplo de uma matriz de composição com duas testadas livres (T2), para o lançamento de leiautes de 1, 2 e 3 dormitórios.

Para a representação gráfica, optou-se pelo preenchimento colorido dos espaços da matriz representando os cômodos, e um ponto sólido na posição do pilar que compõe o módulo, identificando como módulo inteiro ou meio módulo. Esses lançamentos partem de pressupostos básicos de dimensionamentos baseados na Norma de Desempenho, como, por exemplo, um dormitório que ocupa, no mínimo, um módulo (4 quadriculados da matriz) e um sanitário que ocupa meio módulo (2 quadriculados da matriz). A cozinha, por exemplo, poderá ser separada ou apenas um espaço específico integrado aos espaços de estar e jantar, assim como a área de serviço. Essas combinações são possíveis de acordo com a norma de desempenho.

Na Figura 22, podemos ver um exemplo dessa matriz com leiautes lançados e que ainda não consideram a especificidade da dimensão do Módulo, funcionando para MVP260, MVP280 e MVP300.

Figura 22 – Matriz da Figura 18 preenchida



Fonte: Desenvolvido pelo autor

3.7 DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO (LEIAUTE – DETALHADO. DETALHAMENTO DE LEIAUTES UTILIZANDO MVP'S ESTUDADOS).

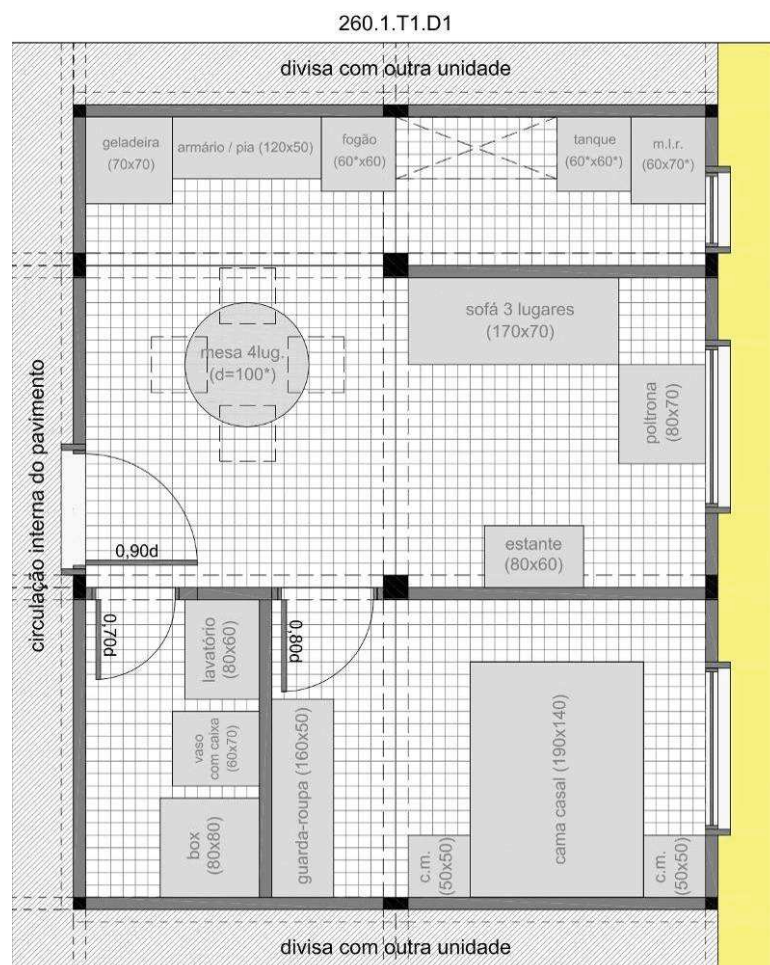
Como o artefato do trabalho foi determinado como uma instanciación, neste momento, utilizam-se as definições dos MVPs estudados nos itens 4 e 5, e detalha-se alguns dos leiautes esquemáticos desenvolvidos no item 6. Para que o trabalho comparativo tenha um mínimo de abrangência, optou-se por detalhar pelo menos uma matriz com cada tipo de relação com o exterior possível, ou seja, uma matriz T1, uma T2 e uma T3. Como cada matriz possui três leiautes esquemáticos, concluímos que serão detalhados, no mínimo, nove leiautes. Por fim, considerando que cada um desses nove leiautes deve ser detalhado com as três opções dimensionais dos MVPs, chegaremos a um total de 27 leiautes a serem detalhados.

As escolhas das Matrizes de leiaute a serem detalhadas é uma opção do pesquisador. A sugestão, segundo Manson (2006), está vinculada às atividades de desenvolver alternativas de artefato para a solução dos problemas, tendo como resultado o conjunto de possíveis artefatos e/ou a escolha de um (ou mais) para serem desenvolvidos. Além da definição dimensional desses módulos, esta pesquisa trabalha com a associação entre eles, formando leiautes residenciais (apartamentos) e, por isso, caracteriza-se o artefato como uma instanciación. Eis o que diz Lacerda *et al.* (2013):

As instanciaciones informam como implementar ou utilizar determinado artefato e seus possíveis resultados. Nesse sentido, as instanciaciones podem se referir a um determinado artefato ou à articulação de diversos artefatos para a produção de um resultado em um contexto. (LACERDA et al, 2013, p. 748)

Toma-se como exemplo o leiaute (apartamento) 260.1.T1.D1, correspondente ao primeiro leiaute da Matrix 1.T1, com uma fachada abrindo para o exterior, utilizando quatro módulos inteiros (M260) e dois meio-módulos (m260), em uma unidade de um dormitório. Conforme demonstrado na Figura 23, a associação sempre ocorre com a coincidência de pilares, que acabam se somando e formando a estrutura independente de um edifício.

Figura 23 – Exemplo de leiaute de 1 dormitórios (D1), com 1 testada livre (T1), utilizando 6 módulos inteiros e dois meios MVP260.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

3.8 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

Através de três tabelas, que serão apresentadas na Aplicação do Método, foi realizada uma avaliação de todos os leiautes propostos, indicando se estão adequados aos critérios e objetivos de análise, referentes às Normas de Desempenho e Coordenação Modular. A primeira tabela faz uma comparação entre as três opções de MVP individualmente. A segunda e mais importante, atribui valores ao cumprimento de itens da Norma de Desempenho e de características dos leiautes. A última tabela detalha a quantidade de cada painel e esquadria utilizados.

3.9 EXPLICITAÇÃO DAS APRENDIZAGENS

Nesta etapa, utilizam-se dois cômodos dos leiautes (sanitário e dormitório de solteiro), para explicitar o que foi aprendido no desenvolvimento dos artefatos buscando criar um repertório de soluções que aumentaria significativamente as possibilidades dos leiautes. Esta etapa tem origem na *Reflexão na Ação* sobre o processo de construção do artefato e objetiva dar subsídios para futuras pesquisas que venham a desenvolver produtos similares com enfoque de materialidade, na viabilidade financeira ou na composição arquitetônica.

3.10 CONCLUSÕES

A Conclusão será apresentada no Capítulo 5 e fará um encerramento do trabalho, relacionando as avaliações ao problema e objetivos.

3.11 COMUNICAÇÃO DOS RESULTADOS

Além dos resultados publicados, o trabalho vai gerar uma coleção de peças impressas em madeira, tanto dos módulos, quanto dos mobiliários, para que sejam utilizados como elementos para a prática de exercício de composição de leiautes, especialmente nas disciplinas iniciais dos cursos de Arquitetura e Urbanismo.

4 APLICAÇÃO DO MÉTODO

Este capítulo é destinado à aplicação do método, concentrando todo o desenvolvimento e análise dos artefatos da pesquisa. Conhecido o problema, objetivos, delimitações e justificativas, sabemos que o trabalho se refere a Módulos Volumétricos Pré-fabricados, que são cubos com as 3 medidas idênticas e seus meio módulos, associados entre si formando leiautes residenciais. Estes leiautes fornecem parâmetros para avaliação funcional das medidas de MVP estudadas. Os dois primeiros subitens (4.1 e 4.2) tratam da definição dos Módulos Volumétricos Pré-fabricados (MVP), os dois capítulos seguintes (4.3 e 4.4) tratam dos Leiautes, que são os artefatos compostos pela associação de MVP's. Os dois últimos subitens (4.5 e 4.6) avaliam os resultados.

4.1 MVP - CHASSI BÁSICO. DEFINIÇÃO DO CHASSI BÁSICO DOS MÓDULOS E 3 MEDIDAS DE ESTUDO.

A definição dimensional dos MVPs testados segue os critérios de delimitação da pesquisa, baseados na Norma de Coordenação Modular, na Norma de Desempenho e Limites dimensionais para o transporte rodoviário sem a necessidade de batedores, devendo possuir medidas idênticas nos 3 eixos do plano cartesiano (x, y e z) por pressuposto de projeto. Além do Módulo principal, trabalha-se com um meio módulo para cada um dos modelos testados, que são destinados prioritariamente a circulações entre unidades multifamiliares, sacadas, ampliações de cômodos, cozinhas e áreas de serviço.

As medidas de meio módulo devem estar contempladas nas mesmas delimitações dos Módulos inteiros. Conforme a Figura 24, dimensões abaixo de 2,40m não cumprem as condições de pé-direito mínimo de 2,50m e de largura mínima de cômodos, como sala de estar e dormitório, de 2,40m segundo a NBR 15.575-1. Por outro lado, medidas acima de 3,00m, acrescidos de uma folga de 0,20m, para molduras de esquadrias ou esperas de instalações, descumprem o limite de 3,20m de largura permitidos no transporte rodoviário. Nas possibilidades de dimensões entre os limites anteriormente citados, as medidas de 2,50m, de 2,70m e de 2,90m foram eliminadas por gerarem meio módulos com medidas não múltiplas do decímetro.

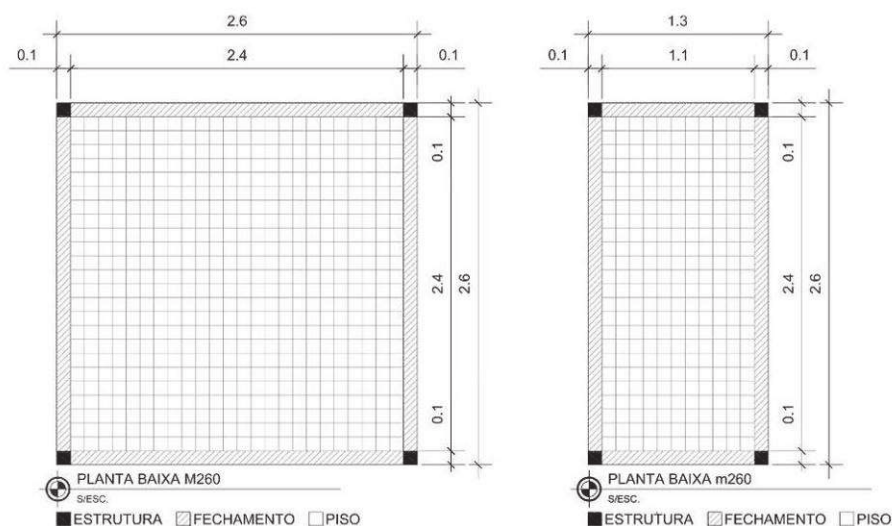
Figura 24 – Tabela de definição de medidas padrão

a - b - c	Módulo						Meio Módulo						OBSERVAÇÕES
	x		y		z		x		y		z		
	total	interna	total	interna	total	interna	total	interna	total	interna	total	interna	
<2,40													DESCUMPRE NORMA DE DESEMPENHO
2,40	2,40	2,20	2,40	2,20	2,40	2,30	1,20	1,00	2,40	2,20	2,40	2,30	DESCUMPRE NORMA DE DESEMPENHO
2,50	2,50	2,30	2,50	2,30	2,50	2,40	1,25	1,05	2,50	2,30	2,50	2,40	DESCUMPRE NORMA DE DESEMPENHO e COORDENAÇÃO MODULAR
2,60	2,60	2,40	2,60	2,40	2,60	2,50	1,30	1,10	2,60	2,40	2,60	2,50	OK - a
2,70	2,70	2,50	2,70	2,50	2,70	2,60	1,35	1,15	2,70	2,50	2,70	2,60	DESCUMPRE NORMA DE COORDENAÇÃO MODULAR
2,80	2,80	2,60	2,80	2,60	2,80	2,70	1,40	1,20	2,80	2,60	2,80	2,70	OK - b
2,90	2,90	2,70	2,90	2,70	2,90	2,80	1,45	1,25	2,90	2,70	2,90	2,80	DESCUMPRE NORMA DE COORDENAÇÃO MODULAR
3,00	3,00	2,80	3,00	2,80	3,00	2,90	1,50	1,30	3,00	2,80	3,00	2,90	OK - c
>3,00													EXTRAPOLA LIMITE PARA TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Fonte: Desenvolvido pelo autor

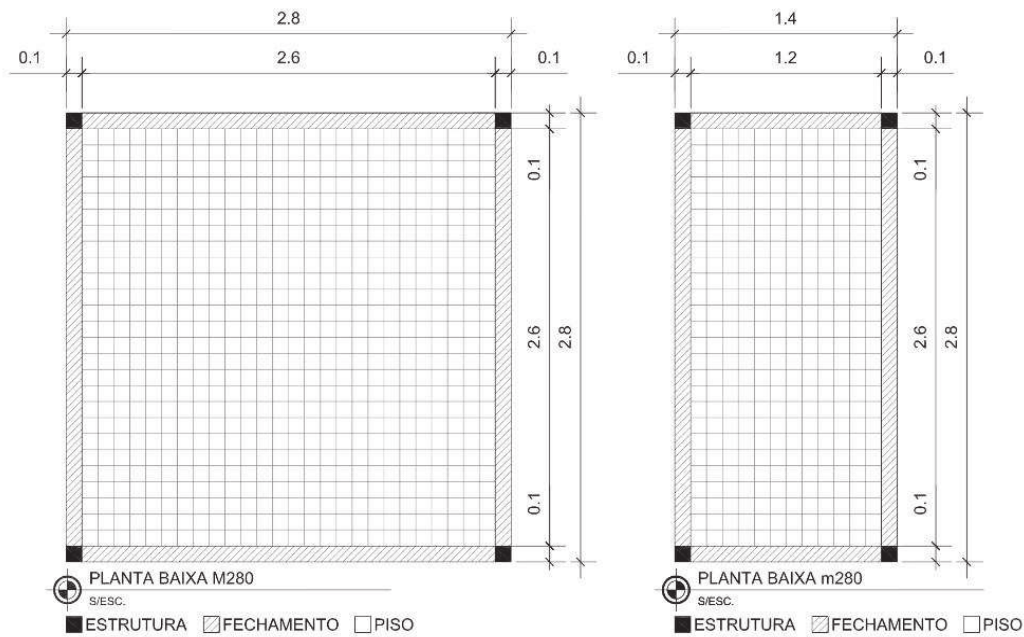
Desta maneira, as possibilidades de dimensões externas dos módulos mais adequados ao estudo são de 2,60m (Fig. 25), 2,80m (Fig. 26) e 3,00m (Fig. 27). Diferentemente do Módulo principal, o meio Módulo não precisa seguir com os 4 pilares até o solo, sendo possível a execução de estruturas em balanço, desde que haja a coincidência de pilares na associação entre eles, o que não elimina a necessidade dos pilares no módulo por necessidades de transporte e de produção do mesmo, mas que apenas permite que sejam fixadas lateralmente as estruturas contíguas.

Figura 25 – Módulo Volumétrico Pré-fabricado (MVP260)



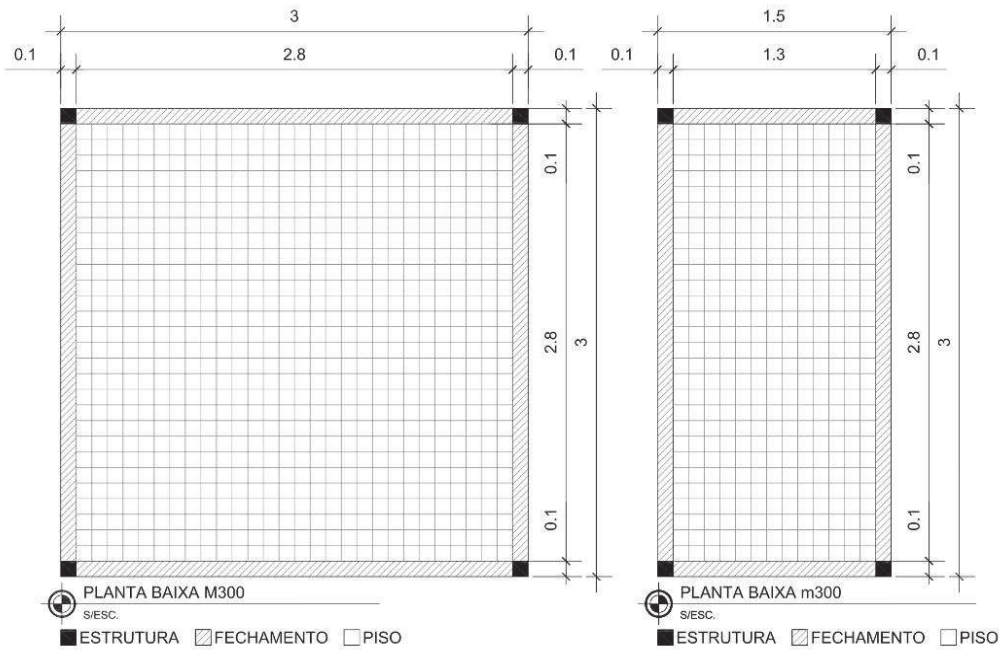
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 26 – Módulo Volumétrico Pré-fabricado (MVP280)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 27 – Módulo Volumétrico Pré-fabricado (MVP300)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.2 MVP – COMPLETO. PAINÉIS DE FECHAMENTO E DETALHAMENTO DOS MÓDULOS.

Este item descreve as opções de fechamentos verticais para os módulos e fixa as regras de nomenclatura dos artefatos do trabalho (MVP - chassi básico, MVP – módulos completos e leiautes). Chamaremos de *MVP - chassi básico* os elementos definidos no capítulo anterior, compostos de quadro estrutural e fechamento horizontal de piso com quadriculado decimal. *MVP - completo* é o chassi básico, acrescido dos painéis de fechamento verticais, e os *leiautes* são as associações de MVPs formando unidades residenciais (apartamentos).

MVPs e leiautes são os artefatos dessa pesquisa, os elementos que serão desenvolvidos e analisados. Painéis de fechamento são os elementos que compõem o MVP. Já as matrizes de composição de leiautes esquemáticos são apenas uma ferramenta de desenvolvimento das opções de associação esquemática e genérica dos MVPs.

4.2.1 Painéis de Fechamento

Cada MVP – chassi básico pode receber 4 ou 5 painéis de fechamento para se tornar um MVP – completo. Mesmo no caso de integração espacial total entre 2 MVPs, os painéis daquelas faces integradas serão nomeados de PA (Painel Ausente). Essa opção de nomear um painel que pode não existir se deve à clareza nas regras de nomenclatura e à adaptação a tecnologias e especificações diversas, já que mesmo um painel inexistente pode necessitar de uma viga na sua parte superior, de acordo com as definições de construção e acabamentos.

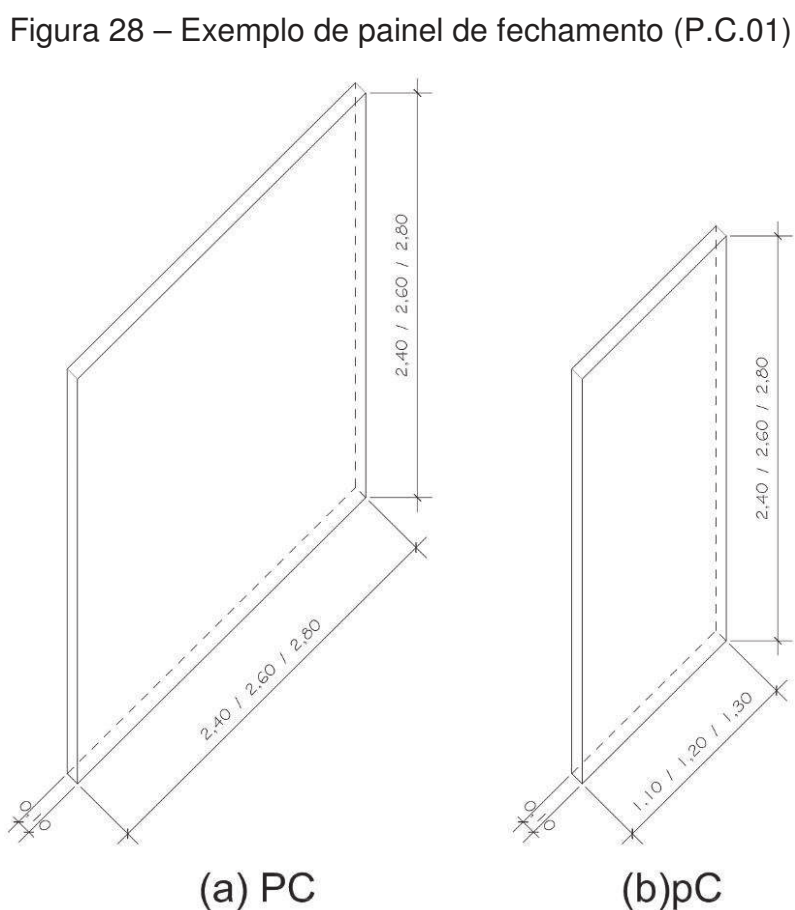
Todos os painéis podem ter variações em relação a opções de acabamentos e instalações embutidas, mas estas características de materialidade e de estruturação também não são objetos de desenvolvimento deste trabalho. Os painéis de fechamento vertical podem ser de 4 tipos, a seguir descritos:

1. PC/pC – painel cego;
2. PA/pA – painel ausente;
3. PP/pP – painel com porta ou passagem;
4. PE/pE – painel com esquadria externa ou porta de acesso.

4.2.1.1 Painel Cego (PC/pC)

O Painel Cego (PC/pC) pode variar apenas o tamanho, sendo chamado de PC quando tiver a dimensão do vão inteiro do MVP (2,40m, 2,60 ou 2,80), que corresponde aos MVPs menos o espaço destinado ao quadro estrutural, ou pode ser chamado de pC, quando tiver a medida de um espaço menor do meio módulo (1,10m, 1,20m ou 1,30). As únicas variações que os painéis cegos podem ter são em relação a acabamentos e a instalações.

Na Figura 28-a temos o PC inteiro, na Figura 28-b, temos o pC para meio módulo e, nos dois casos, contemplando as medidas para MVP260, MVP280 e MVP300.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

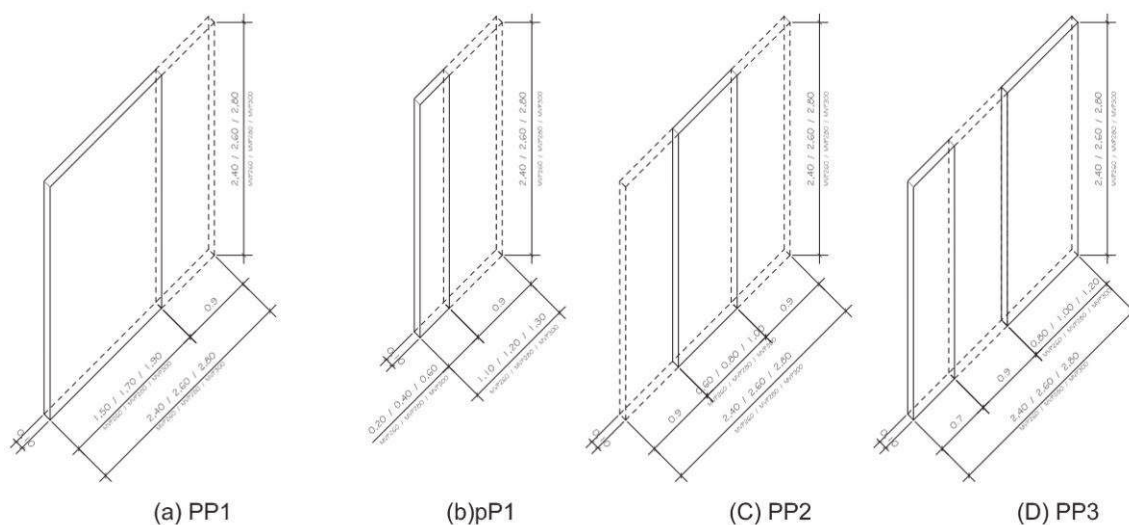
4.2.1.2 Painel Ausente (PA/pA)

O Painel Ausente (PA/pA) indica uma face do MVP sem painel. Essa situação pode ocorrer na junção entre dois MVPs que compõem um mesmo leiaute, tanto na hipótese de integração espacial dos módulos, quanto na hipótese de divisória, onde apenas o painel de um dos módulos é suficiente para promover a compartimentação. Faces com PA devem apresentar uma solução de fechamento provisório para o transporte. A nomenclatura apenas diferencia faces normais (PA) de faces menores dos meio módulos (pA).

4.2.1.3 Painel com Porta ou vão de passagem (PP/pP)

O Painel com Porta ou vão de passagem (PP/pP) são destinados a compartimentação interna entre MVPs sempre que houver a necessidade de portas ou passagens. Podem ser de dois tipos: com um espaço de passagem (PP1/pP1 e PP3) ou com dois espaços de passagem (PP2). Os espaços de passagem serão sempre de 0,90m na(s) extremidade(s) do painel em PP1 e pP1 e mais centralizado no painel em PP3. Quando o objetivo for de passagem, utiliza-se apenas o painel, no caso da existência de portas, e insere-se um dos 6 modelos de porta possível no vão de 0,90. As portas podem ser de 0,60m, 0,70m ou 0,80m abrindo para a direita ou esquerda.

Figura 29 – Paineis PP1, pP1, PP2 e PP3



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 29-a, temos o PP1, painel inteiro com apenas um vão de passagem ou porta, que pode mudar de lado apenas rotacionando o painel, assim como o pP1, demonstrado na Figura 29-b, com as características do anterior para faces de meio painel. Na Figura 29-c temos o PP2, com 2 vãos de portas ou passagem, que só existe para painéis de módulo inteiro, assim como o PP3, onde o único vão está sempre a 0,70m de uma das bordas do painel e também pode ser rotacionado. Esse último painel (PP3) indica portas ou passagens posicionadas mais próximas do centro do painel.

Quando existirem portas nos vãos, temos 6 alternativas com altura de 2,10m e bandeira fixa superior que se encaixam no vão dos painéis PP1, pP1, PP2 e PP3. A Figura 30 mostra as portas de 0,60m, 0,70m e 0,80m abrindo para a direita ou para a esquerda, conforme a necessidade do leiaute. Nesta pesquisa, não são utilizadas portas de 0,60m, mesmo que as normas autorizem sua utilização em sanitários. A materialidade dos elementos não faz parte do desenvolvimento deste trabalho.

Figura 30 – Portas Internas

0,80cm - abre p/direita	0,70cm - abre p/direita	0,60cm - abre p/direita	0,60cm - abre p/esquerda	0,70cm - abre p/esquerda	0,80cm - abre p/esquerda

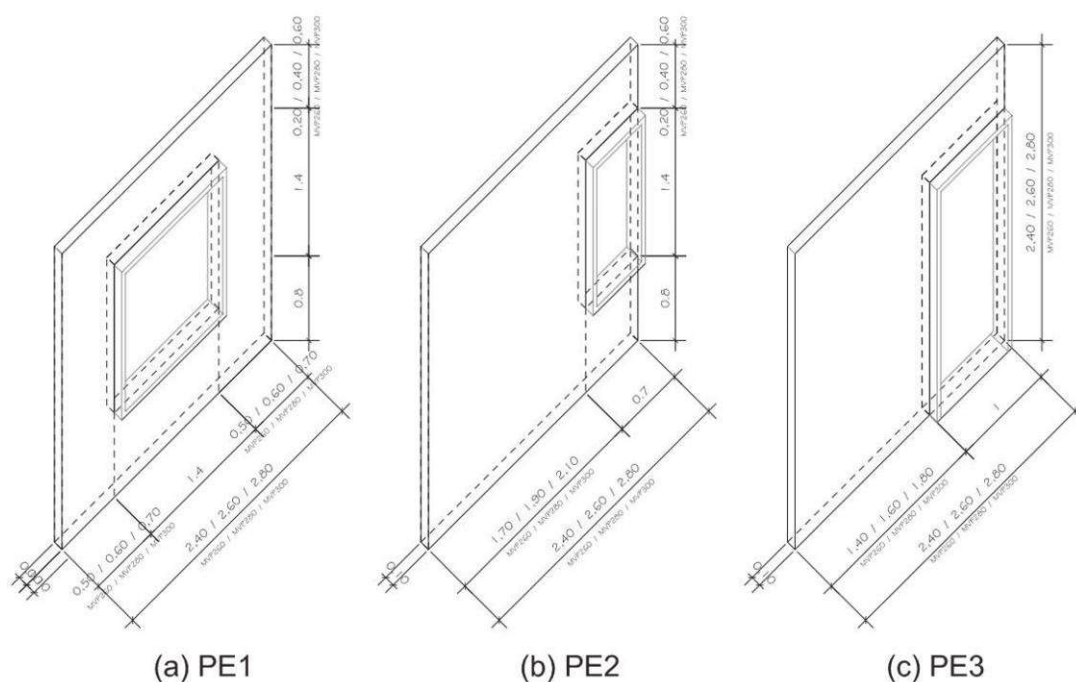
Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.2.1.4 Painel com Esquadria (PE/pE)

Os Painéis com Esquadria (PE/pE) estão sempre localizados no perímetro externo do leiaute, que podem ser janelas, quando voltados para o exterior ou porta de acesso à unidade quando voltado para o interior. As fenestrações presentes nesses painéis possuem moldura projetada de 0,10m para o exterior do leiaute com o objetivo de arrematar o acabamento de fachada quando for externo ou o painel do módulo de circulação horizontal interna, no caso da porta de acesso.

Assim como nos painéis com portas, possuem vazios modulados que recebem os painéis com as esquadrias adequadas a cada situação. São dois os tipos de abertura: central, de 1,40m para esquadrias principais, como sala, cozinha e dormitórios; e lateral, de 0,70m, para área de serviço, sanitários ou abertura secundária em compartimento principal. Na Figura 31-a, temos o PE1, que pode receber dois tipos de janelas: uma para dormitório e sala (j140); e outra para cozinha (j140c), mais alta. Na Figura 31-b, temos o PE2 que também pode ser adaptado para meio módulo (pE2), assim como o PE3 (Fig. 31-c), que pode ser adaptado para pE3.

Figura 31 – Painéis PE1, PE2 e PE3



Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.2.2 Regras de Nomenclatura

Além de permitir o entendimento da pesquisa, as regras de nomenclatura permitem a organização dos processos industriais. Os painéis de fechamento verticais e as matrizes de composição de leiautes também possuem regras de nomenclatura específicas, que são descritas nos capítulos específicos.

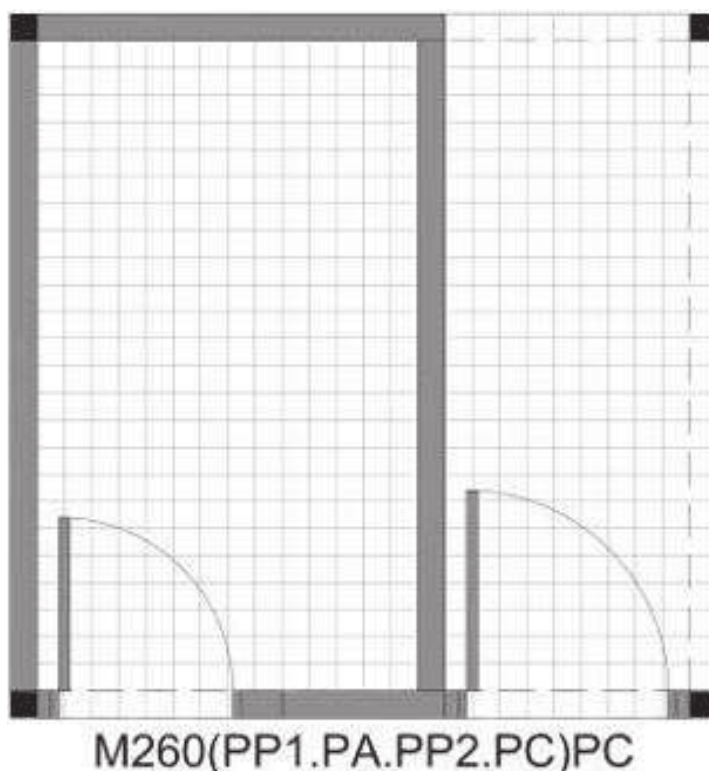
4.2.2.1 MVP - chassi básico

O chassi básico do MVP é composto apenas do quadro estrutural e do plano horizontal de fechamento de piso com grelha decimal. Para cada uma das medidas de estudo são dois os elementos possíveis: módulo e meio módulo. O nome é composto de uma letra “M” maiúscula, quando se tratar de um módulo inteiro, e “m” minúsculo, quando se tratar de meio módulo, seguido de um numeral de 3 algarismos que indica a medida do módulo em questão em centímetros. Dessa maneira, trabalha-se com apenas 6 opções de chassi básico: M260, M280, M300, m260, m280 e m300. Podemos observar essa nomenclatura nas Figuras 25, 26 e 27, acima.

4.2.2.2 MVP – completo

O MVP completo é o chassi básico com os painéis de fechamento descritos no item 4.2.1. O nome é composto do nome do chassi básico acompanhado do código dos quatro painéis de fechamento vertical entre parênteses, iniciando pelo painel superior e seguindo no sentido horário. Nos casos de módulos com algum painel de divisão interna, o código do painel aparece logo após os parênteses. Na Figura 32, temos um módulo de 2,60m x 2,60m x 2,60m com sua nomenclatura. Na face superior, um painel com porta ou passagem, chamado PP1 (neste caso, só passagem), na face direita um painel ausente (PA), na face inferior um painel com 2 portas, denominado PP2, e na face esquerda um painel cego (PC). Neste caso, mais um Painel Cego divide o módulo, sendo cotado pelo quadriculado decimal de referência.

Figura 32 – Módulo M260(PP1.PA.PP2.PC)PC



Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.2.2.3 Leiautes

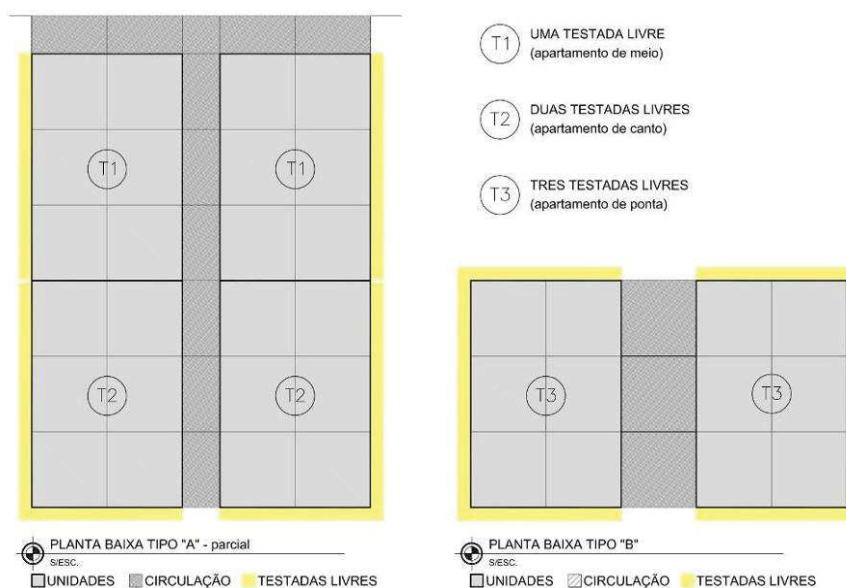
Leiaute é o nome dado à associação de MVPs formando uma unidade residencial ou apartamento, sendo que essa nomenclatura tem 4 informações principais, separadas por ponto. Começa por um numeral de 3 algarismos correspondente à medida do MVP em centímetros, seguido por um numeral sequencial que indica o modelo do leiaute, a quantidade de testadas livres da unidade (T1, T2 ou T3) e a quantidade de dormitórios do leiaute (D1, D2 ou D3). Assim, o leiaute da Figura 23, composto por módulos MVP260 (M260 e m260), lançado na matriz de composição de leiautes como opção 1, com uma testada livre para o exterior e 1 dormitório, chama-se 260.1.T1.D1. Os dois elementos do meio (1.T1) correspondem ao nome da matriz de composição de leiautes que o originou.

4.3 LEIAUTE – ESQUEMÁTICO. MATRIZES DE COMPOSIÇÃO DE LEIAUTES ESQUEMÁTICOS E GENÉRICOS.

Definidas as dimensões do chassi básico dos três MVPs, o trabalho busca estabelecer as regras de associação entre eles para que o objetivo possa ser atingido. A pesquisa trabalha com leiautes de unidades residenciais multifamiliares, como apartamentos de um pavimento tipo de um edifício. Para reger a composição e permitir a comparação e a investigação do maior número de hipóteses de implantação, optou-se por trabalhar com três opções de relação desses leiautes com o exterior. A unidade mais restritiva possui apenas uma testada para o exterior, restando para a porta de acesso (circulação do pavimento) a fachada oposta e as outras duas testadas que fazem divisa para outras unidades ou áreas condominiais. Essa posição é chamada de T1, e indica as unidades de meio de pavimento.

As unidades com duas testadas livres localizam-se nos cantos do pavimento e chamam-se T2, restando outras duas fachadas: uma que faz divisa com a circulação horizontal do pavimento e permite o acesso à unidade, e a outra, que faz divisa para outras unidades ou áreas condominiais. Por fim, temos as unidades T3, localizadas na ponta dos pavimentos, mas mais usual em pavimentos de apenas duas unidades por andar. Esse leiaute apresenta três testadas livres para o exterior e apenas uma que faz divisa com a circulação e dá acesso à unidade (Fig. 33).

Figura 33 – Exemplos de Tipologias a serem estudadas



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Esta pesquisa considera leiautes residências em pavimentos Tipo de Edifícios Multifamiliares. A composição de cada leiaute (apartamento) pode contar com uma quantidade variável de módulos. Na Figura 33, acima, utiliza-se 6 módulos para cada leiaute de forma hipotética para representar o posicionamento deste leiaute em relação ao conjunto do pavimento e exterior. Esse desenho apenas representa a posição de cada tipo de unidade em relação aos demais e ao meio externo em um pavimento tipo hipotético, não tendo qualquer compromisso de áreas, de associação de módulos ou de distribuição de mobiliário.

Conforme podemos ver na Figura 33, as unidades T1 são de meio de pavimento que dispõem de apenas uma fachada aberta para o exterior e tem, necessariamente, o acesso (circulação horizontal do pavimento tipo) do lado oposto. As unidades T2 têm duas fachadas livres para o exterior e estão localizadas nos cantos dos pavimentos tipo. Unidades T3 estão presentes em plantas tipo de apenas duas unidades por pavimento (exemplo B) ou na ponta de pavimentos maiores.

Esta pesquisa se delimita às três opções mais usuais de posição de unidades em relação às fachadas externas de modo a permitir um estudo comparativo entre leiautes aplicados em diferentes dimensões de módulos. Outras opções de configurações foram descartadas como: testadas que podem se abrir parcialmente para o ambiente externo através de recortes do pavimento ou apartamentos com quatro testadas livres. Desse modo, a delimitação dessa pesquisa compreende:

- a) três medidas diferentes de Módulo Volumétrico Pré-Fabricado (MVP);
- b) combinações possíveis destes Módulos em tipologias de 1, 2 ou 3 dormitórios;
- c) três posições relativas em planta baixa (quantidade de testadas livres).

Isso nos conduz a, no mínimo, 27 leiautes diferentes para analisar e comparar. A análise oferece elementos para a observação de cada conjunto de módulos que forma um leiaute específico e também permite análises específicas sobre o comportamento desses em relação aos ambientes previstos na norma de desempenho, quais sejam: estar, jantar, cozinha, área de serviço, sanitário e dormitórios.

A Matriz de composição de leiautes esquemáticos é uma ferramenta de lançamento ágil e organizada dessas composições, objetivando investigar as

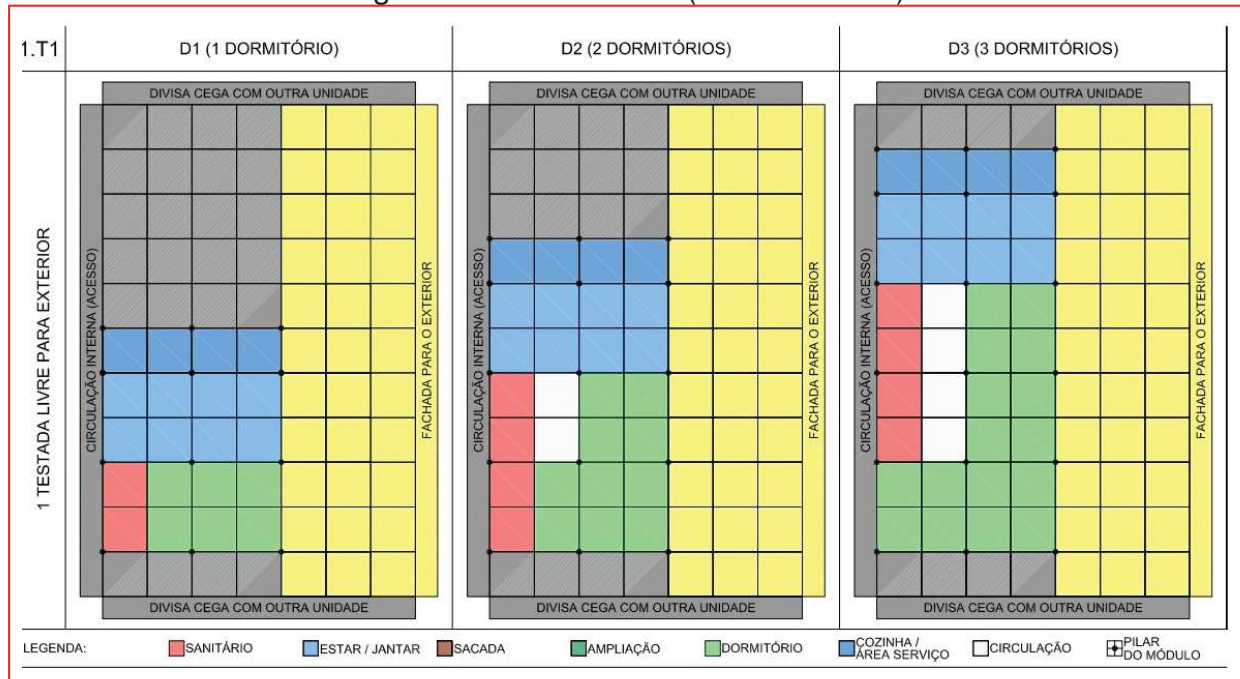
possibilidades e eleger exemplos a serem testados e comparados nos próximos capítulos, e que conta com um quadriculado de referência, equivalente a $\frac{1}{4}$ de módulo, e indicação das confrontações nos quatro quadrantes. A nomenclatura da Matriz possui apenas dois elementos, um numeral sequencial que indica as principais características compositivas daquele lançamento e a quantidade de testadas livres (T1, T2 ou T3) separados por um ponto. Assim, cada princípio compositivo de leiaute vai possuir três matrizes de desenvolvimento, com 1, 2 ou 3 testadas livres, resultando em nove leiautes (três em cada matriz). No item seguinte, alguns modelos lançados serão testados com os três MVPs, podendo chegar a 27 combinações de leiaute por tipo (numeral) de Matriz.

Nos leiautes lançados em T1, com uma testada livre, entende-se que o nível de restrição apresentado permite concluir que o mesmo leiaute poderia ser executado em T2 ou T3, já que teria apenas o aumento na possibilidade de fenestração dos compartimentos. Para não repetir leiautes idênticos, optou-se por utilizar as versões T2 e T3 das opções de Matrizes 1, 2, 3, 4 e 5 para testar pequenas variações, como a inclusão de sacadas ou ampliação dos cômodos. Essas tentativas indicam a grande possibilidade de variação funcional e volumétrica da composição.

Os lançamentos esquemáticos de leiaute indicaram critérios técnicos de dimensionamento já presentes no desenvolvimento da pesquisa, mas contaram com o lançamento propositivo do autor e um processo constante de retroalimentação das informações desenvolvidas no capítulo seguinte. Essa retroalimentação objetivou descartar possibilidades de leiautes inviáveis e enfatizar a diversidade compositiva que o sistema de AMV nos permite criar.

A partir da Figura 34 até a Figura 53, apresenta-se 20 Matrizes, com 60 opções de leiautes (três em cada Matriz).

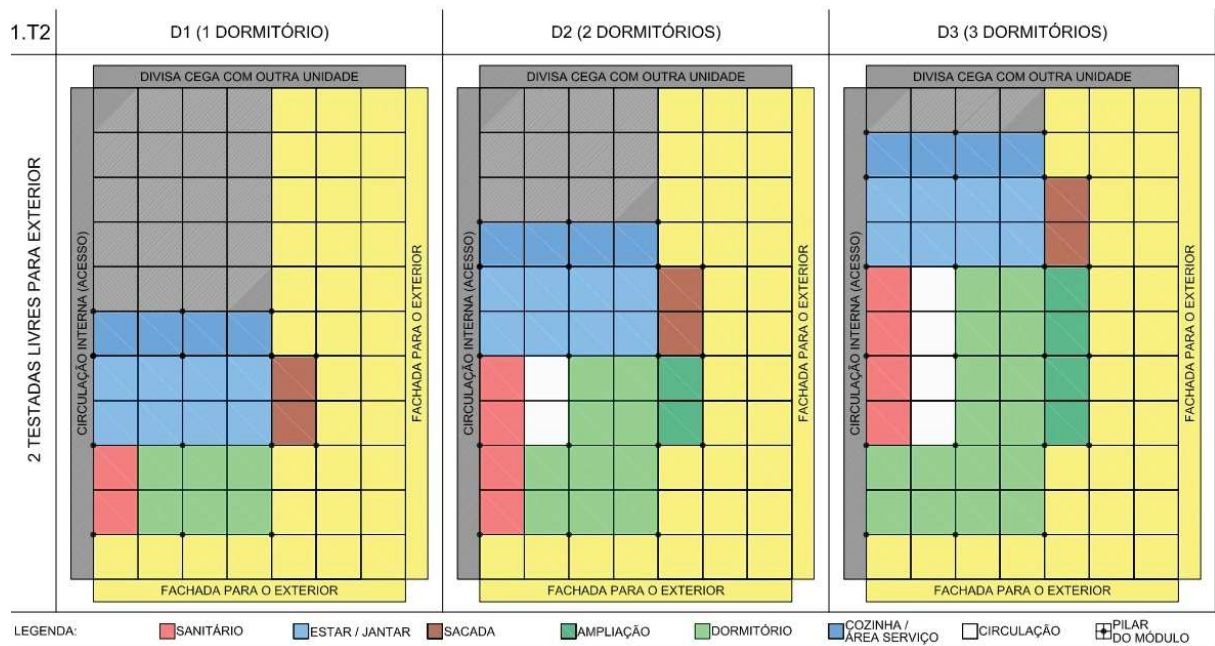
Figura 34 – Matriz 1.T1 (1 testada livre)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

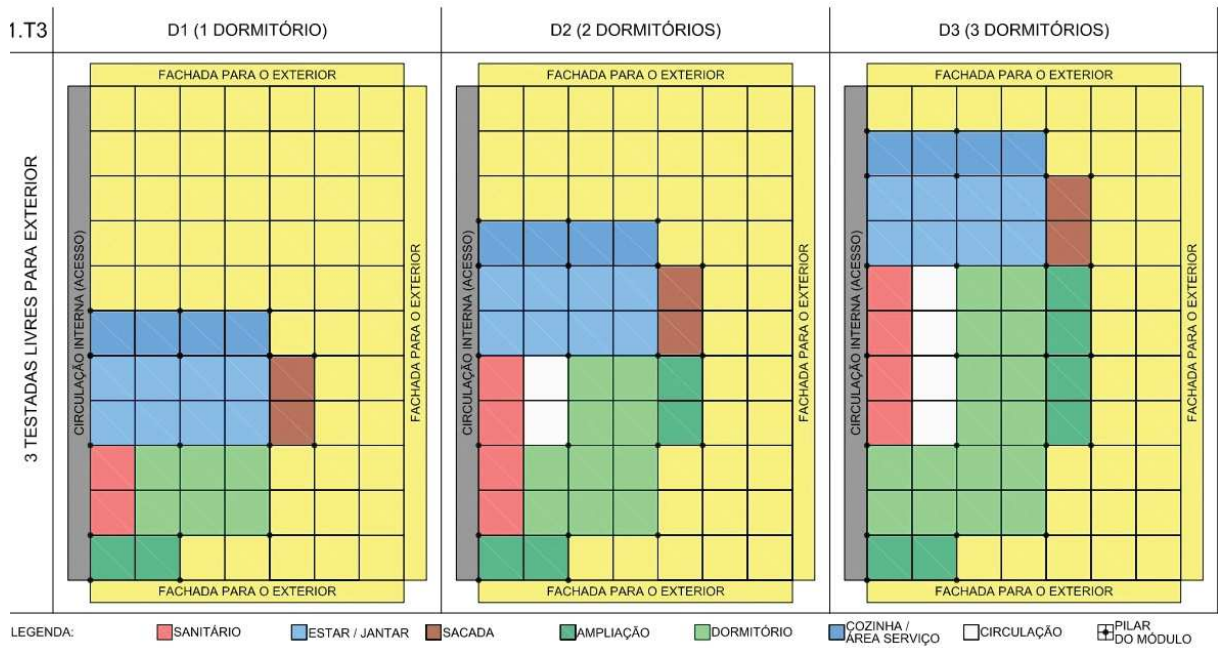
Opções Matriz 1: na opção 1.T2 (Fig. 35), optou-se por incluir uma sacada na sala de estar e uma ampliação nos dormitórios de solteiro, que passaram a contar com um módulo e meio cada.

Figura 35 – Matriz 1.T2 (2 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

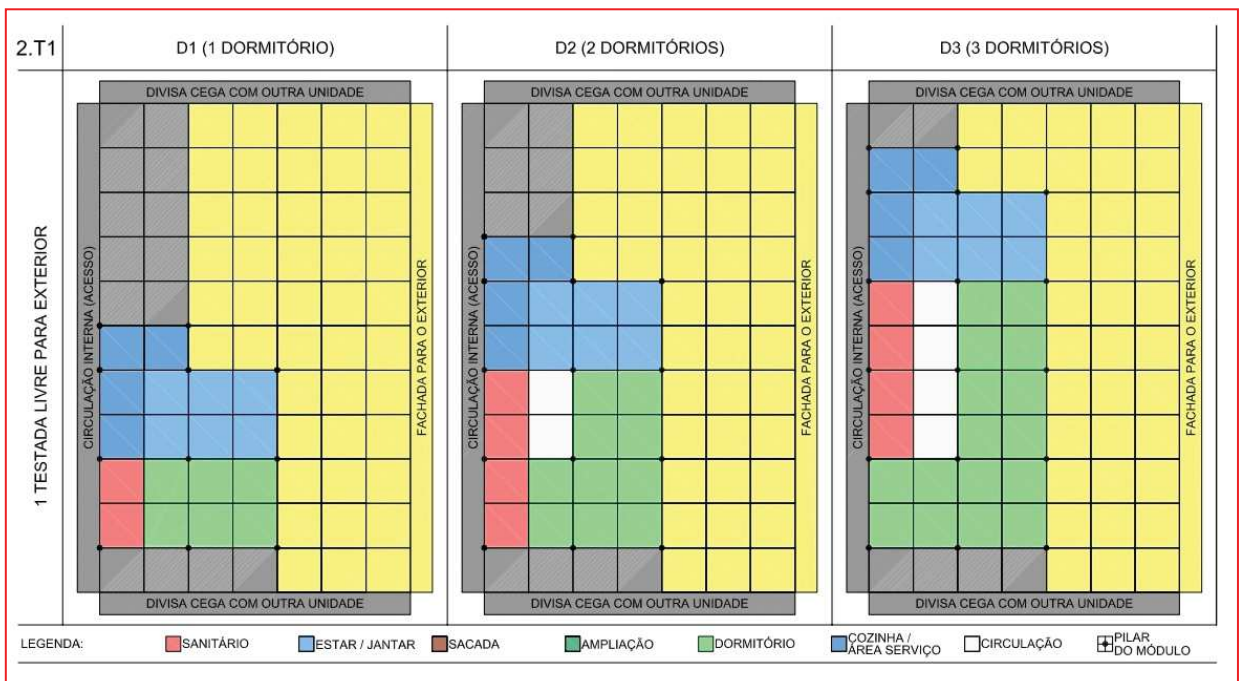
Figura 36 – Matriz 1.T3 (3 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

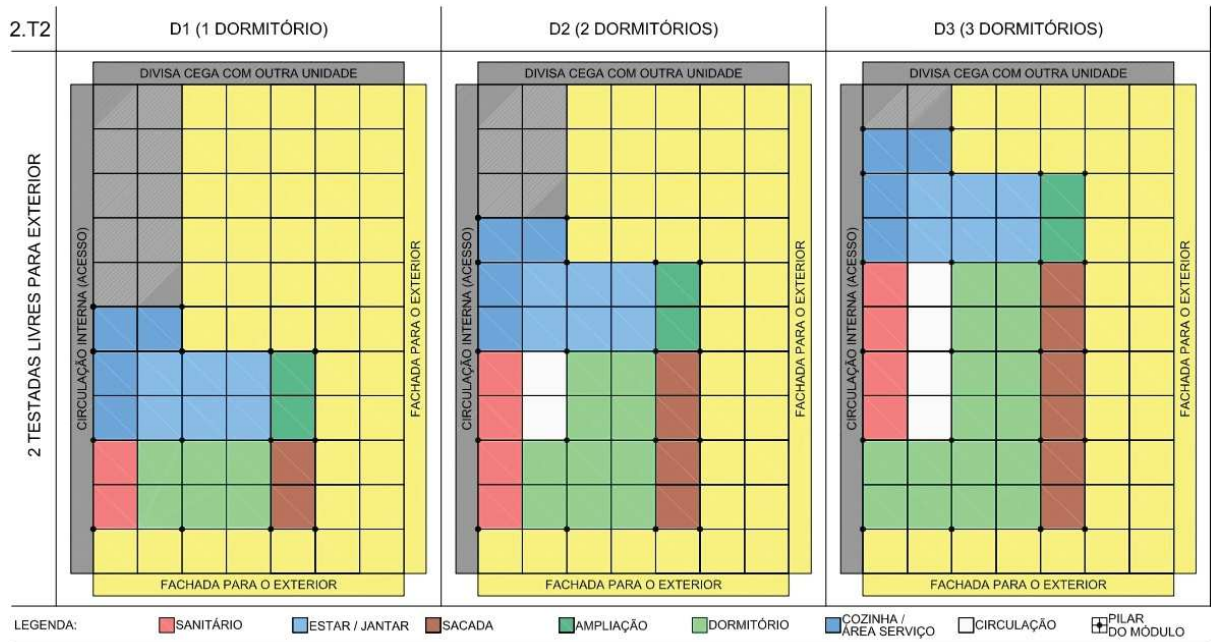
Opções Matriz 1: na opção 1.T3 (Fig. 36), além do executado em 1.T2, inserimos um módulo junto ao dormitório maior que pode ser um sanitário, permitindo ampliação ou substituição de outro ou um closet.

Figura 37 – Matriz 2.T1 (1 testada livre)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

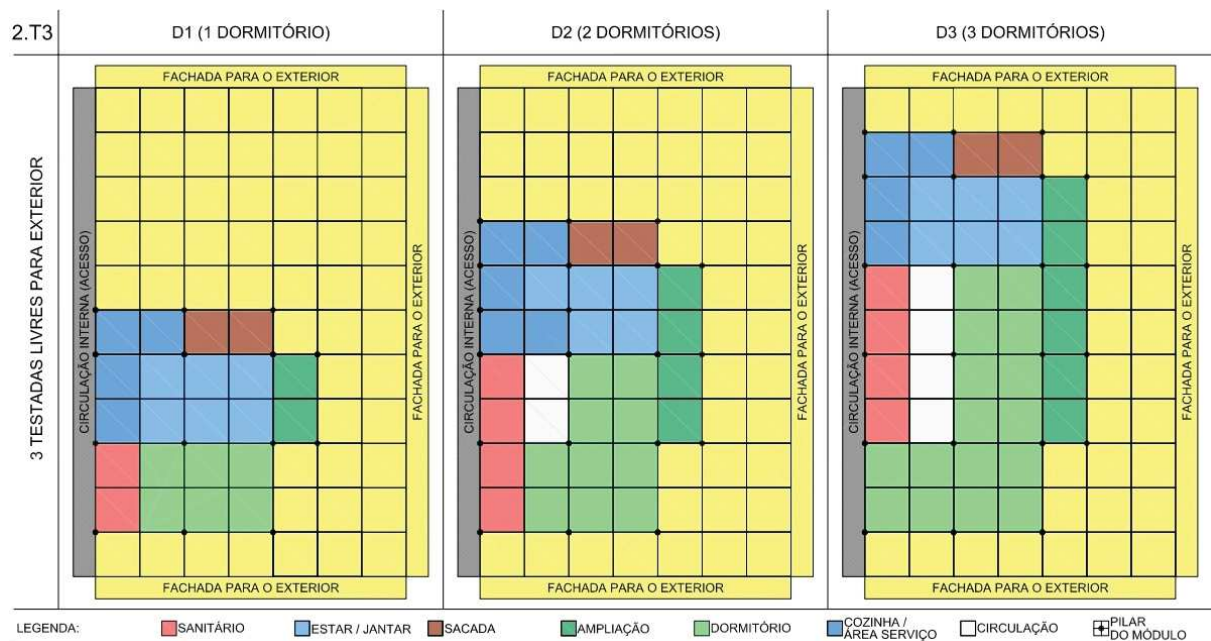
Figura 38 – Matriz 2.T2 (2 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

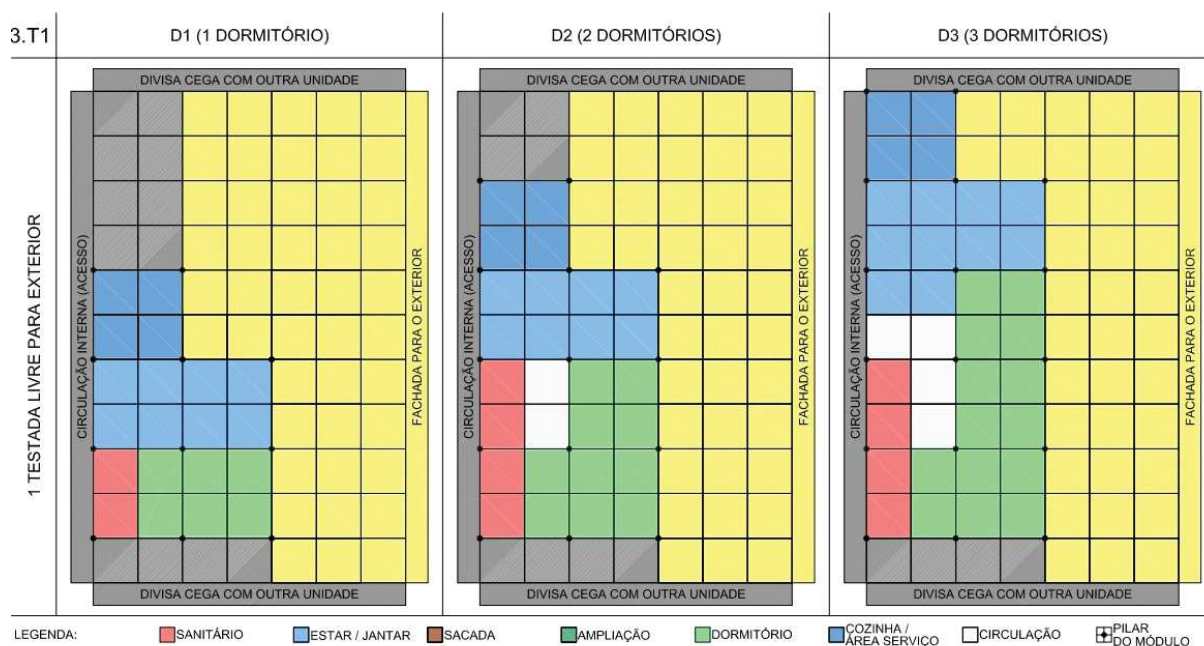
Opções Matriz 2: na opção 2.T2 (Fig. 38), a sala de estar foi ampliada e foi criada uma sacada na frente dos dormitórios. Em 2.T3 (Fig. 39) a sala estar e os dormitórios de solteiro foram ampliados, e foi criada uma sacada na sala de estar.

Figura 39 – Matriz 2.T3 (3 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

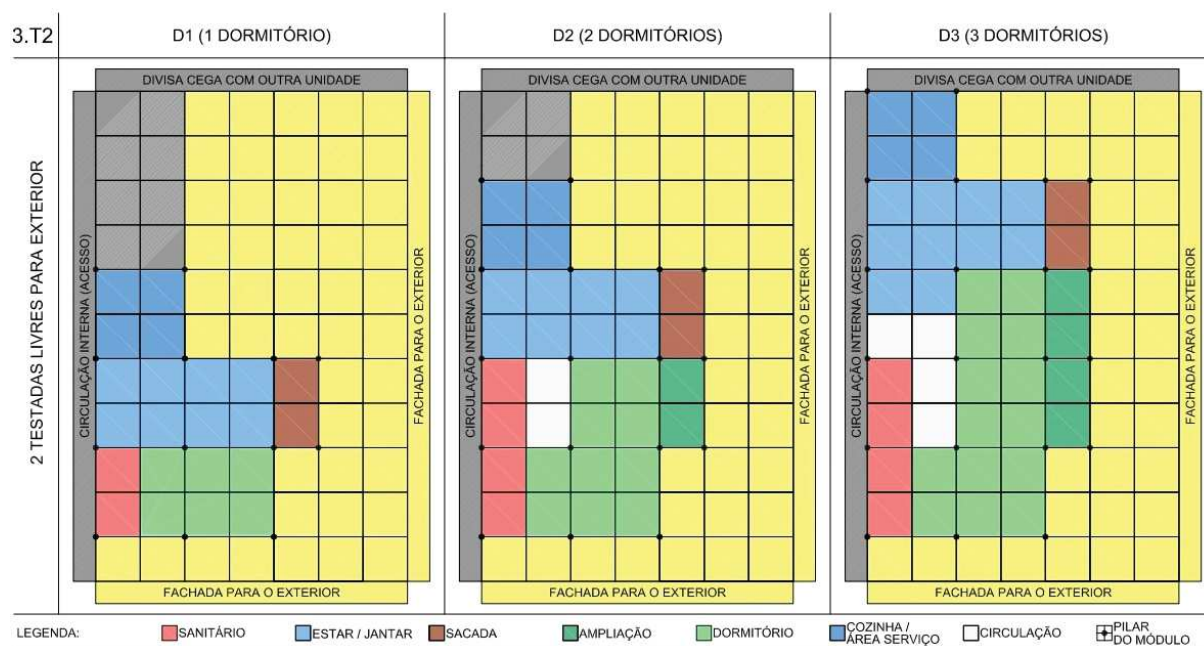
Figura 40 – Matriz 3.T1 (1 testada livre)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

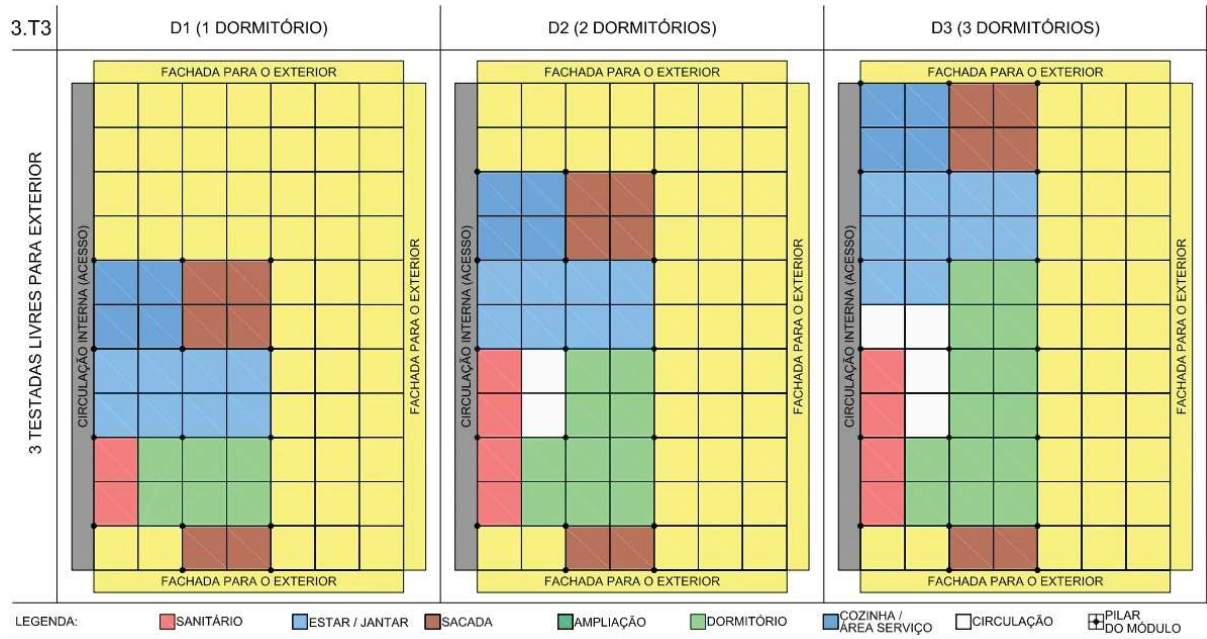
Opções Matriz 3: na opção 3.T2 (Fig. 41), os dormitórios de solteiro foram ampliados e foi criada uma sacada na frente da sala de estar. Em 2.T3 (Fig. 42), foi criada uma sacada na sala de estar e outra no dormitório maior.

Figura 41 – Matriz 3.T2 (2 testadas livres)



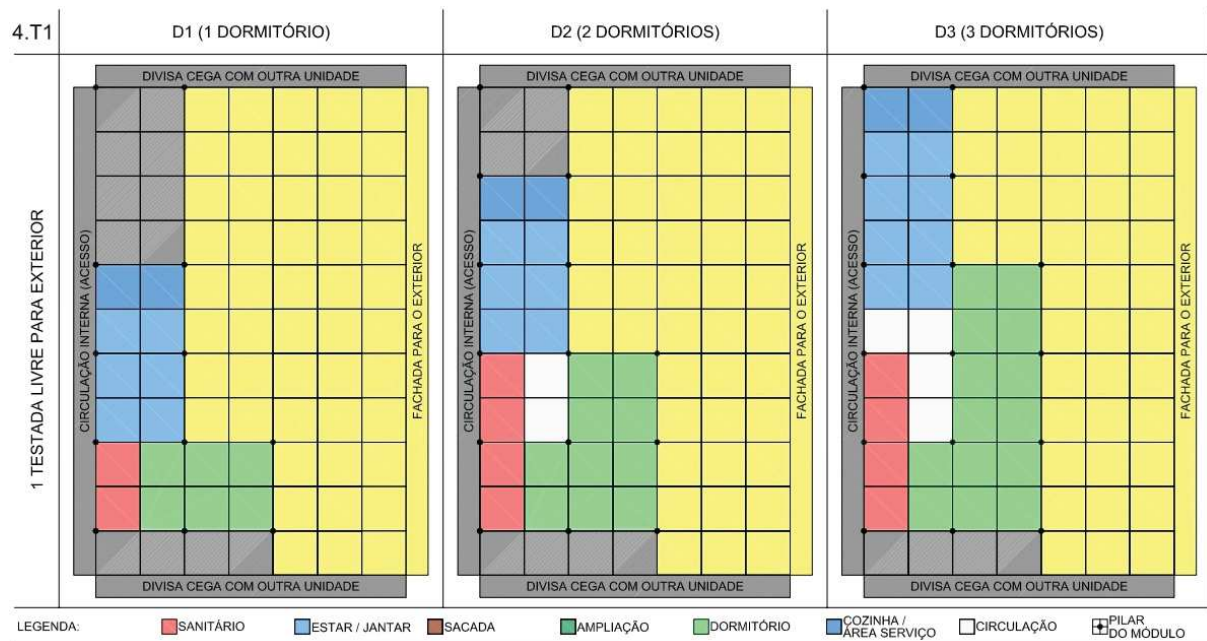
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 42 – Matriz 3.T3 (3 testadas livres)



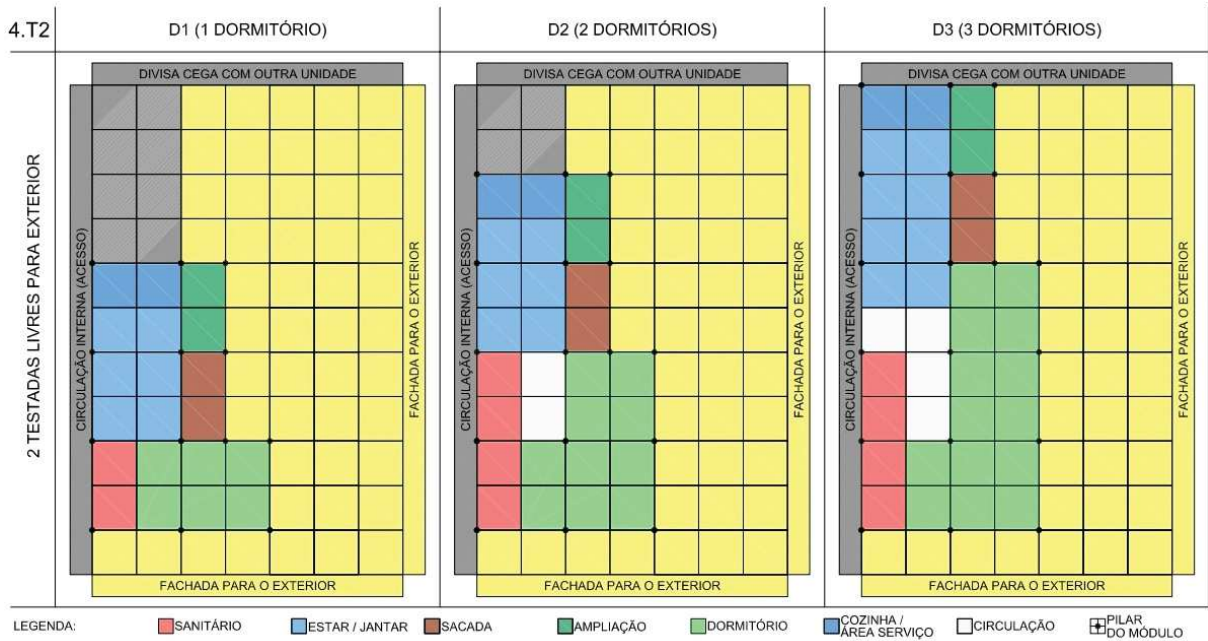
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 43 – Matriz 4.T1 (1 testada livre)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

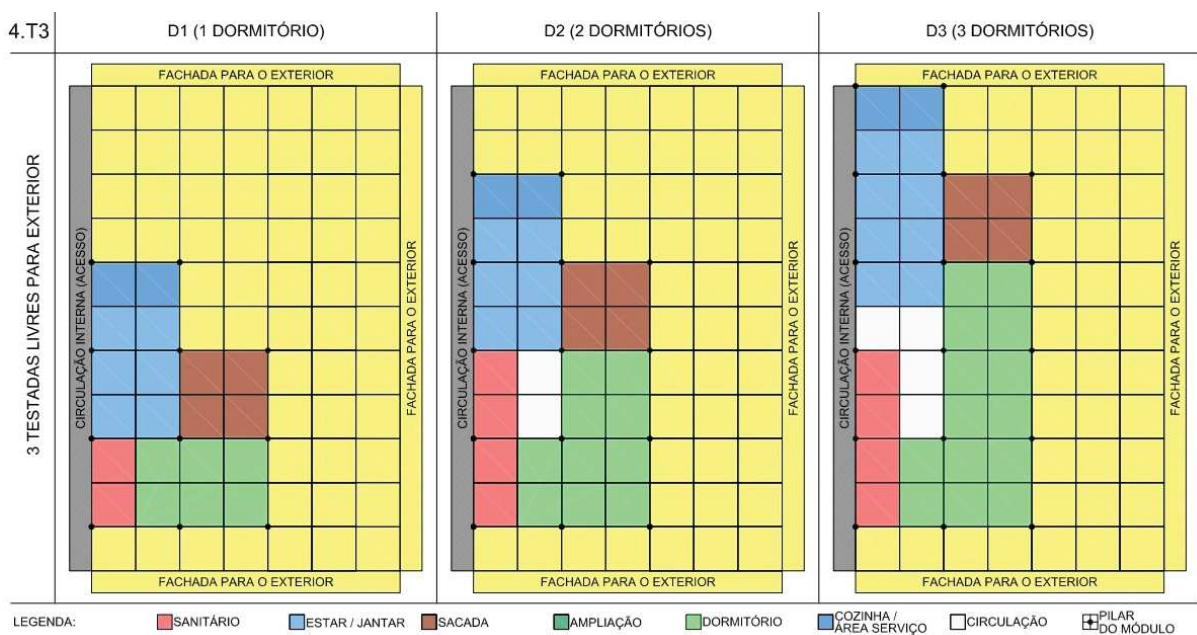
Figura 44 – Matriz 4.T2 (2 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

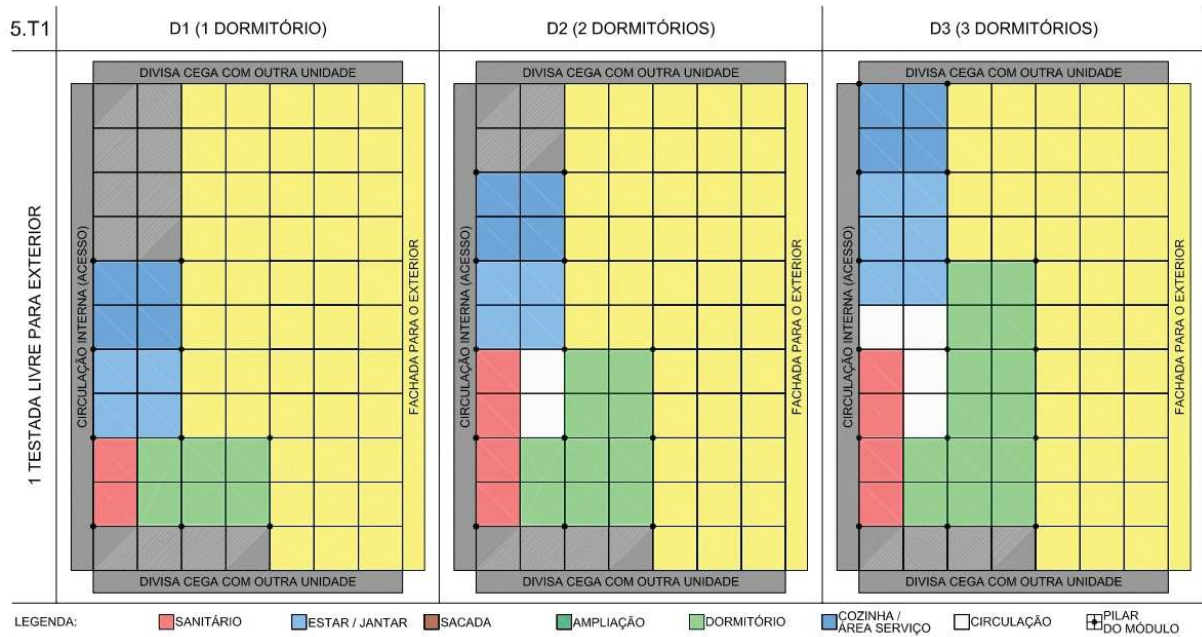
Opções Matriz 4: na opção 4.T2 (Fig. 44), foi criada uma ampliação para a cozinha e uma sacada na frente a sala de estar. Na opção 4.T3 (Fig. 45), foi criada uma sacada de um módulo na frente a sala de estar.

Figura 45 – Matriz 4.T3 (3 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

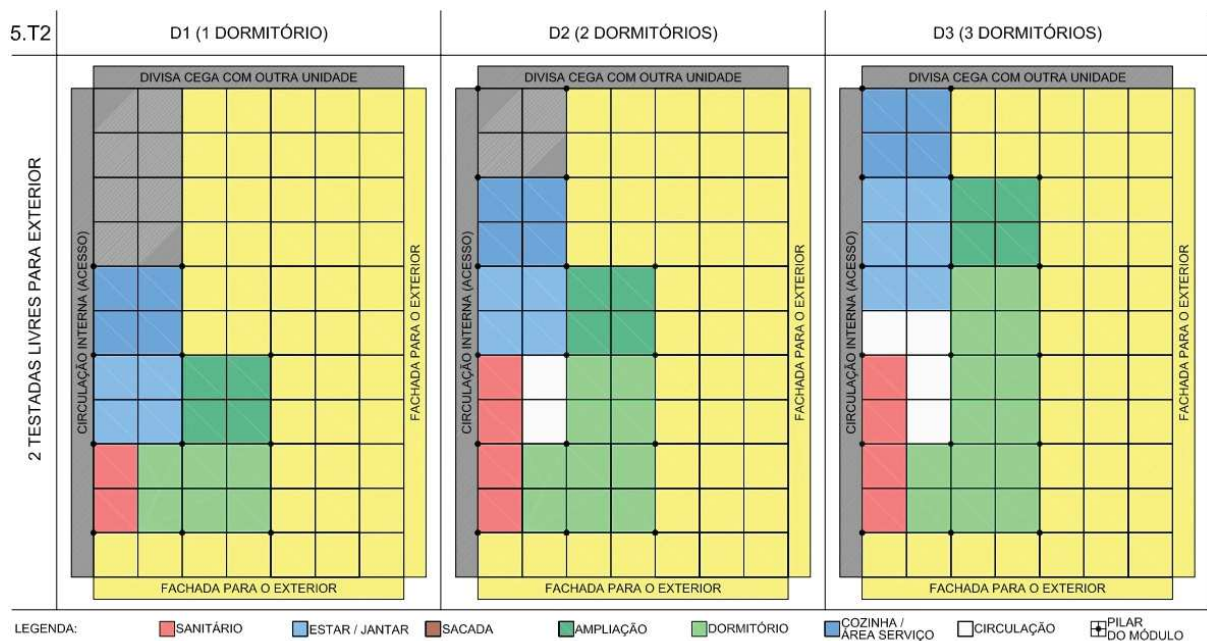
Figura 46 – Matriz 5.T1 (1 testada livre)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

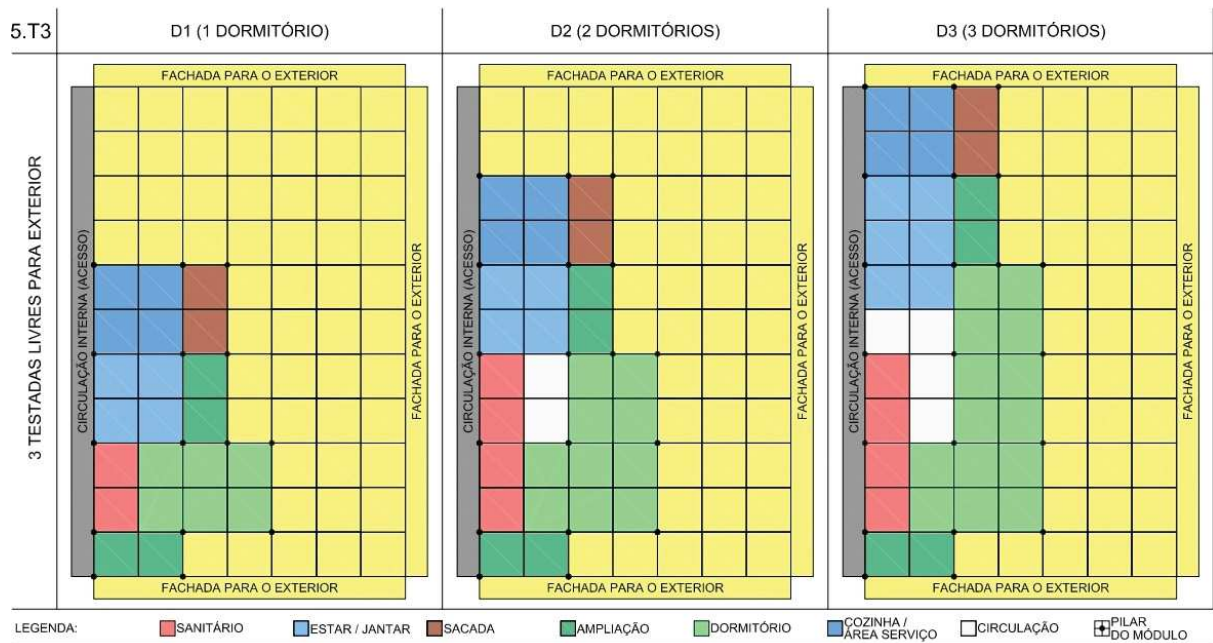
Opções Matriz 5: na opção 5.T2 (Fig. 47), foi criada uma ampliação para a sala de estar. Na opção 5.T3 (Fig. 48), foi criada uma sacada entre estar e cozinha, além da ampliação do estar e do dormitório de casal.

Figura 47 – Matriz 5.T2 (2 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

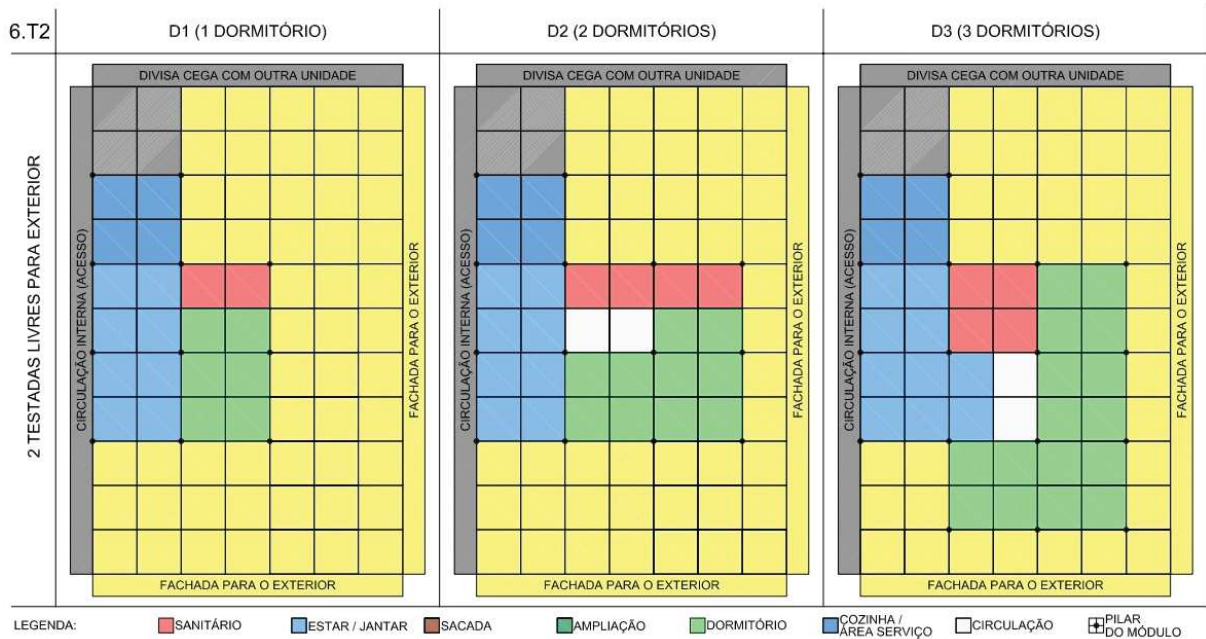
Figura 48 – Matriz 5.T3 (3 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

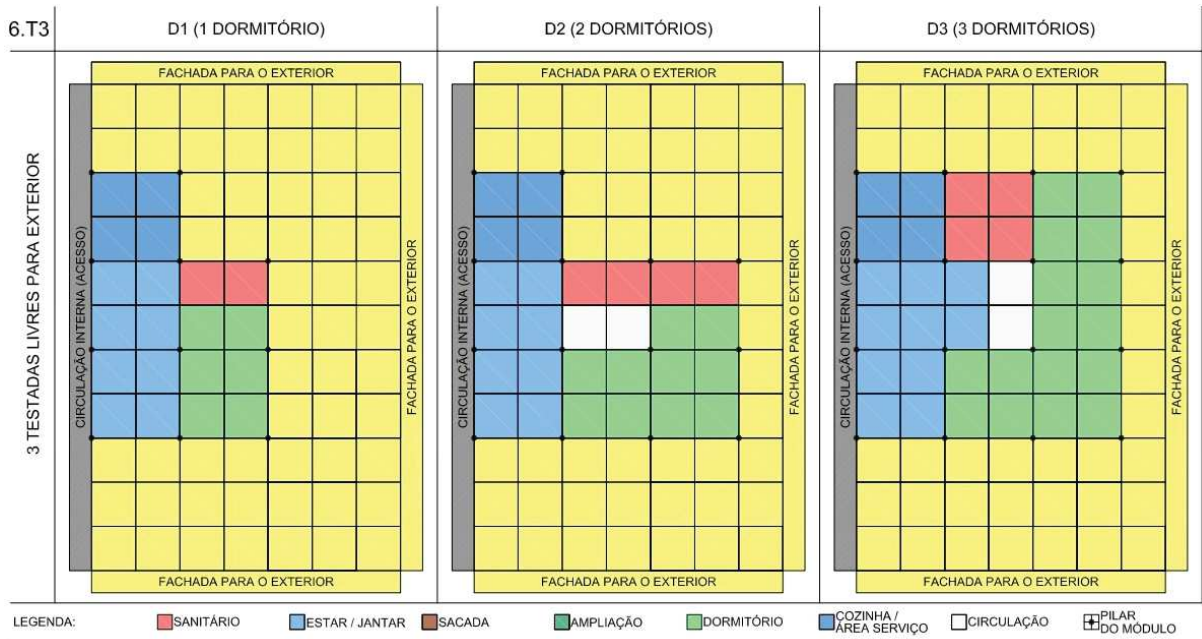
Opções Matriz 6: a Matriz 6 não permitiria a execução com 1 testada livre (6.T1), pois a sala de estar e de jantar possui uma abertura para uma segunda testada. Ela somente ocorre com 2 testadas (Fig. 49) ou 3 testadas livres (Fig. 50).

Figura 49 – Matriz 6.T2 (2 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

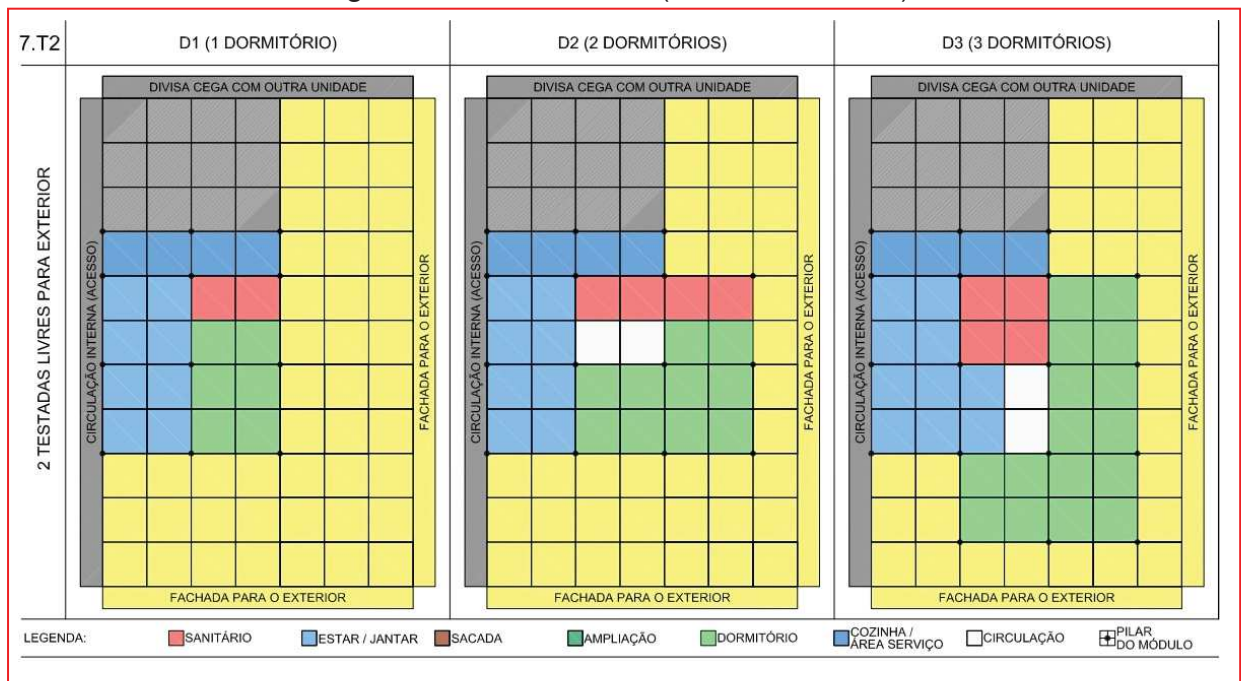
Figura 50 – Matriz 6.T3 (3 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

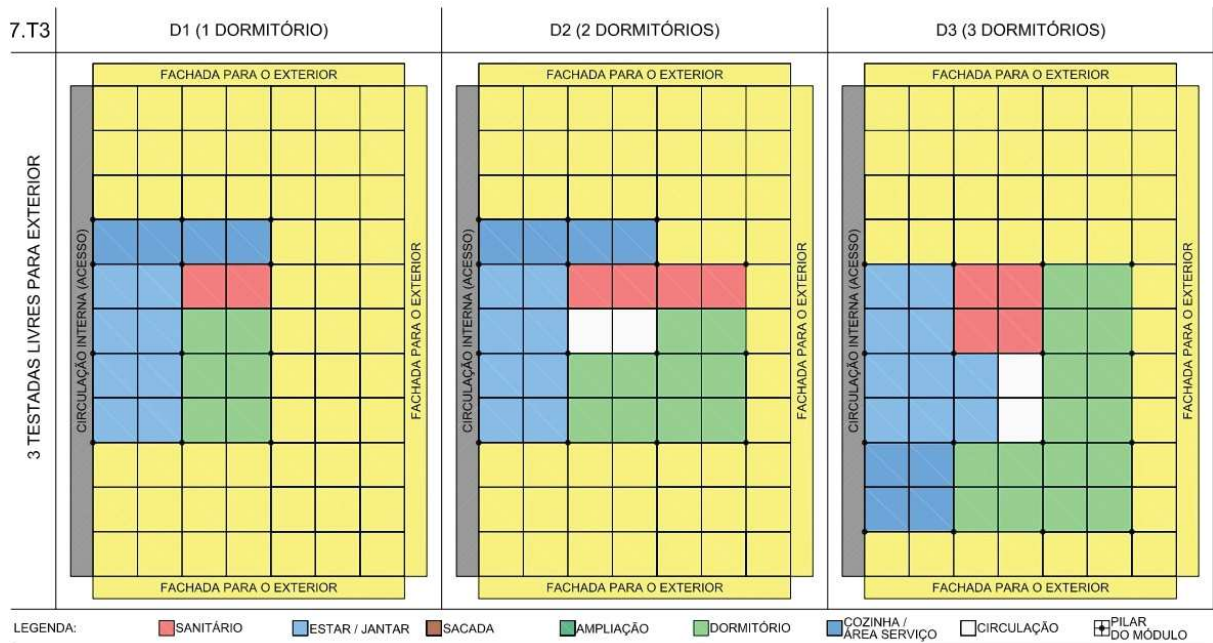
Opções Matriz 7: a Matriz 7 não permitiria a execução com 1 testada livre (7.T1), pois a sala de estar e de jantar possui uma abertura para uma segunda testada. Ela somente ocorre com 2 testadas (Fig. 51) ou 3 testadas livres (Fig. 52).

Figura 51 – Matriz 7.T2 (2 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

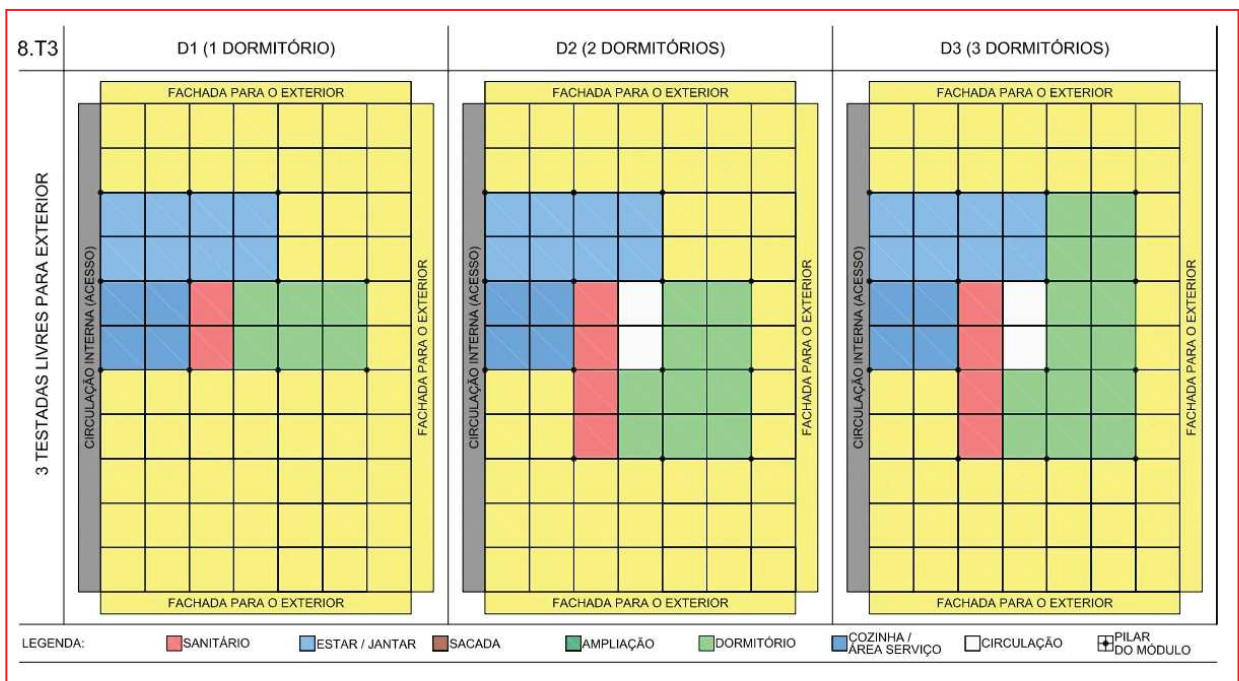
Figura 52 – Matriz 7.T3 (3 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Opções Matriz 8: a Matriz 8 não permitiria a execução com 1 ou 2 testadas livres (8.T1 / 8.T2), pois os ambientes têm aberturas para 3 testadas distintas. Assim ela somente ocorre com 3 testadas livres (Fig. 53).

Figura 53 – Matriz 8.T3 (3 testadas livres)



Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.4 LEIAUTE – DETALHADO. DETALHAMENTO DE LEIAUTES UTILIZANDO MVP’S ESTUDADOS.

Foram selecionadas algumas matrizes com leiautes esquemáticos para que possam ser detalhados com os três tipos de MVP definidos em 4.1 e 4.2, fornecendo condições de análise e comparação. Essa comparação necessita de matrizes de composição de leiaute das três posições possíveis (T1, T2 e T3). Optou-se por detalhar 2 matrizes T1 para aumentar a quantidade de informações nas comparações. As matrizes escolhidas para serem detalhadas foram as seguintes: 1.T1, 7.T2, 8.T3 e 2.T1 (quadro vermelho de destaque em 4.3).

Cada matriz apresenta 3 leiautes esquemáticos, de 1 dormitório (D1), dois dormitórios (D2) e 3 dormitórios (D3) que são desenvolvidos nas 3 opções dimensionais de MVPs: MVP260, MVP280 e MVP300. Os leiautes são apresentados com os painéis de fechamento dos módulos, portas e esquadrias, desenho de mobiliário, conforme a Norma de Desempenho adaptada às Normas de Coordenação Modular (Figs. 54 e 55) e quadriculado decimal no piso para a verificação das dimensões de utilização. O quadriculado também permite exercícios de simulação com precisão.

Figura 54 – Tabela de Mobiliário e Utilização

CÔMODO	MOBILIÁRIO	L	P	ESPAÇO DE UTILIZAÇÃO
DORMITÓRIO CASAL	CAMA CASAL	1,4	1,9	0,5
	GUARDA-ROUPA	1,6	0,5	0,5
	CRiado-MUDO	0,5	0,5	0,5
DORMITÓRIO 2 PESSOAS	CAMA SOLTEIRO	0,8	1,9	0,5 (0,6 entre camas)
	GUARDA-ROUPA	1,6	0,5	0,5
	CRiado-MUDO	0,5	0,5	0,5
DORMITÓRIO UMA PESSOA	CAMA SOLTEIRO	0,8	1,9	0,5
	ARMÁRIO	1,2	0,5	0,5
	CRiado-MUDO	0,5	0,5	0,5
	MESA ESTUDO	0,8	0,6	opcional
ESTAR - LARGURA MINIMA 2,40m - NUMERO ACENTOS = CAMAS	SOFA 2 LUGARES	1,2	0,7	0,5
	SOFA 3 LUGARES	1,7	0,7	0,5
	ARMÁRIO/ESTANTE	0,8	0,5	0,5
	POLTRONA	0,8	0,7	0,5
COZINHA - LARGURA MINIMA 1,50m - PIA/FOGÃO/GELADEIRA/ARM.	FOGÃO	0,6 (0,55)	0,6	0,90(0,85)
	GELADEIRA	0,7	0,7	0,90(0,85)
	PIA COZINHA	1,2	0,5	0,90(0,85)
	ARMARIO SOBRE PIA			
	GABINETE			
	APOIO REFEIÇÃO (2P.)			
JANTAR - LARGURA MINIMA 2,40m - MINIMO 4 PESSOAS	MESA RED. 4 LUG	D= 1,00(0,95)		0,8 (0,75)
	MESA RED. 6 LUG	D=1,2		0,8 (0,75)
	MESA QUAD. 4 LUG	1	1	0,8 (0,75)
	MESA QUAD. 6 LUG	1,2	1,2	0,8 (0,75)
	MESA RET. 4 LUG	1,2	0,8	0,8 (0,75)
	MESA RET. 6 LUG	1,5	0,8	0,8 (0,75)
SANITÁRIO - LARGURA MINIMA 1,1m (exceto box) - mínimo lavatório, vaso e box	LAVATÓRIO bancada	0,8	0,6 (0,55)	0,4
	BOX QUADRADO	0,8	0,8	
	BOX RETANGULAR	0,7	0,9	
	VASO SANITÁRIO (cx)	0,6	0,7	0,4
	BIDE	0,6	0,6	0,4
LAVANDERIA	TANQUE	0,6 (0,52)	0,6 (0,53)	0,5
	MAQ. LAVAR ROUPA	0,6	0,7 (0,65)	0,5

Fonte: Adaptada da NBR 15.575-1 pelo autor

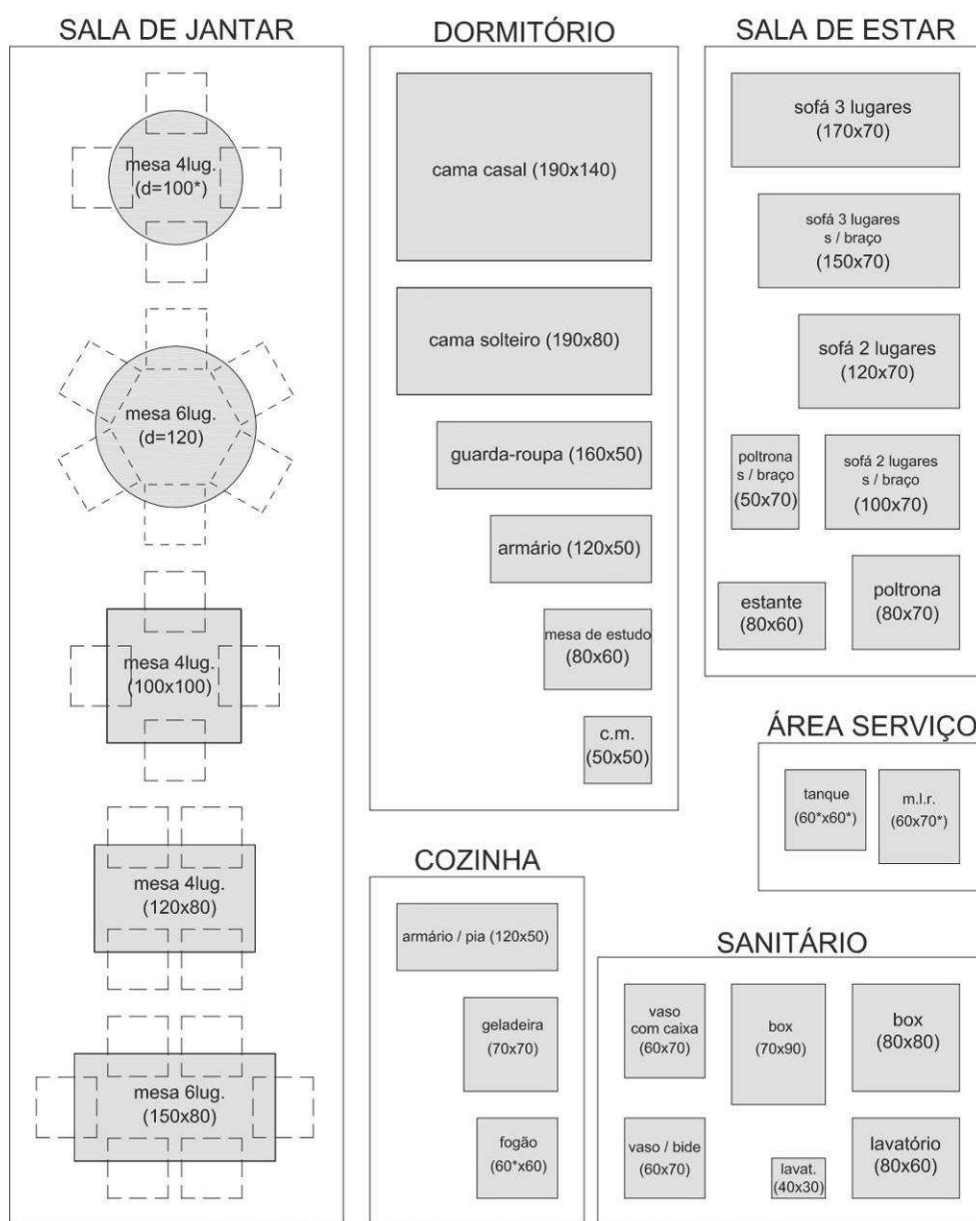
Não pretende-se esgotar as opções de divisão interna e de lançamento de mobiliário de cada leiaute, mas fazer esses lançamentos para permitir uma base de comparação. Cada opção de leiaute poderia dar origem a várias opções. Na apresentação de cada matriz de leiautes, inicia-se com o quadro da matriz que será detalhada, para apresentar a especificação de cada MVP que compõe cada um dos três leiautes (D1, D2 e D3), apenas em uma versão de MVP (MVP260), já que a configuração de estudo é idêntica para as três medidas. A seguir, apresentaremos os leiautes completos com todos os mobiliários ligados.

Na Figura 54, as medidas entre parênteses significam as definições originais da NBR 15.575-1, que foram arredondadas para cima de maneira a se adequar à Norma de Coordenação Modular, que prevê um sistema múltiplo do decímetro. Cada leiaute será precedido de uma breve explicação em relação aos itens que serão

posteriormente pontuados e comparados na Avaliação. Essa descrição não objetiva substituir o desenho ou contemplar todos os itens presentes no mesmo, mas apenas dar um indicativo das principais características.

A Figura 55 apresenta a biblioteca dos móveis descritos na Figura anterior. Medidas com (*) indicam adaptações feitas à medida original para a adequação às normas de Coordenação Modular. Estes móveis não foram comparados com móveis de mercado ou qualquer outra bibliografia, já que a Norma de Desempenho é o elemento de delimitação e de avaliação funcional definida.

Figura 55 – Biblioteca de Mobiliário Utilizado



BIBLIOTECA DE MOBILIÁRIO MÍNIMO OBRIGATÓRIO (Nbr15.575-1)

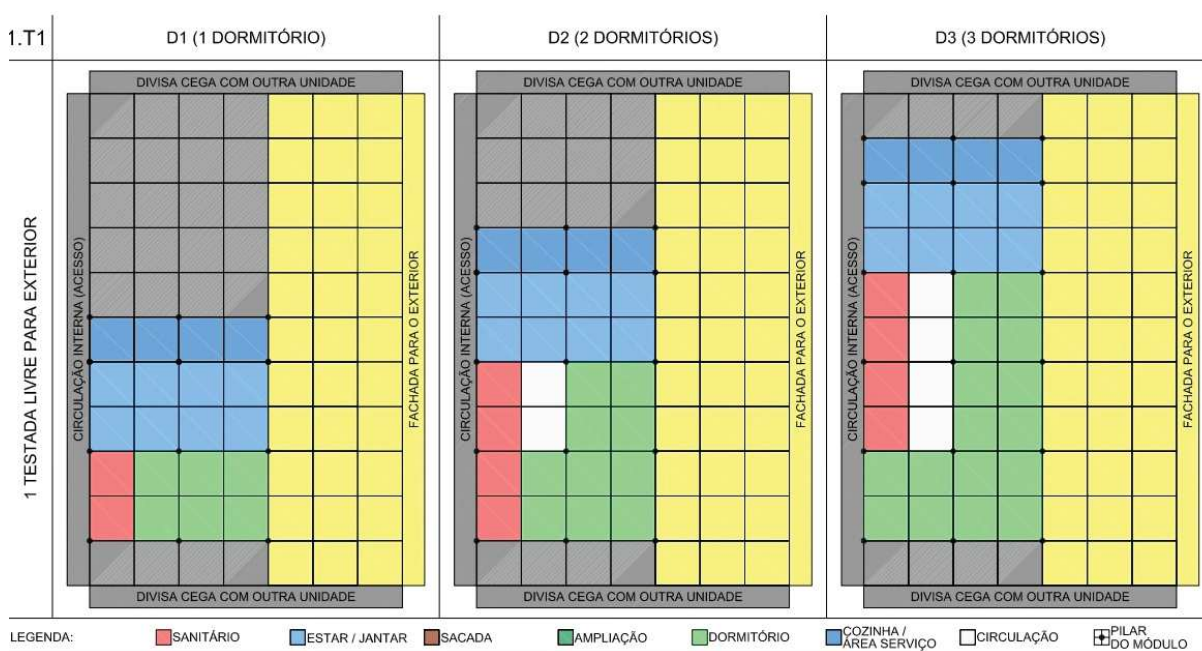
(*) MEDIDAS ARREDONDADAS PARA CIMA ATÉ O DECÍMETRO

Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.4.1 Opção 1 – Matriz 1.T1

Leiaute com apenas uma testada livre para o exterior, com salas de estar e jantar integradas, e cozinha e área de serviço acomodadas em meio módulo, paralelas aos ambientes de estar. As áreas de utilização necessárias exigem que o espaço de cozinha seja integrado ao ambiente de jantar em qualquer uma das dimensões testadas. Na Figura 56, temos a reprodução da Matriz 1.T1.

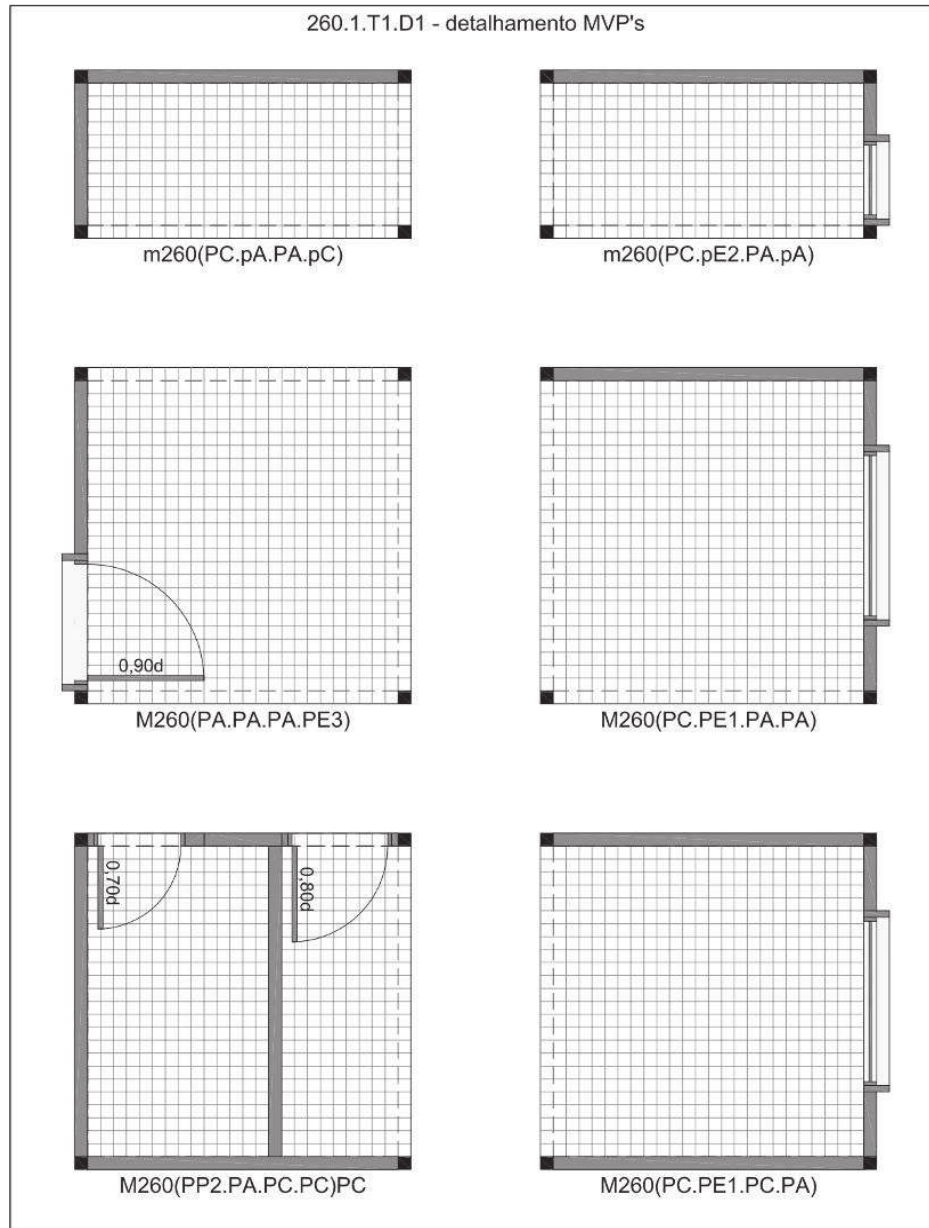
Figura 56 – Matriz 1.T1



Fonte: Desenvolvido pelo autor

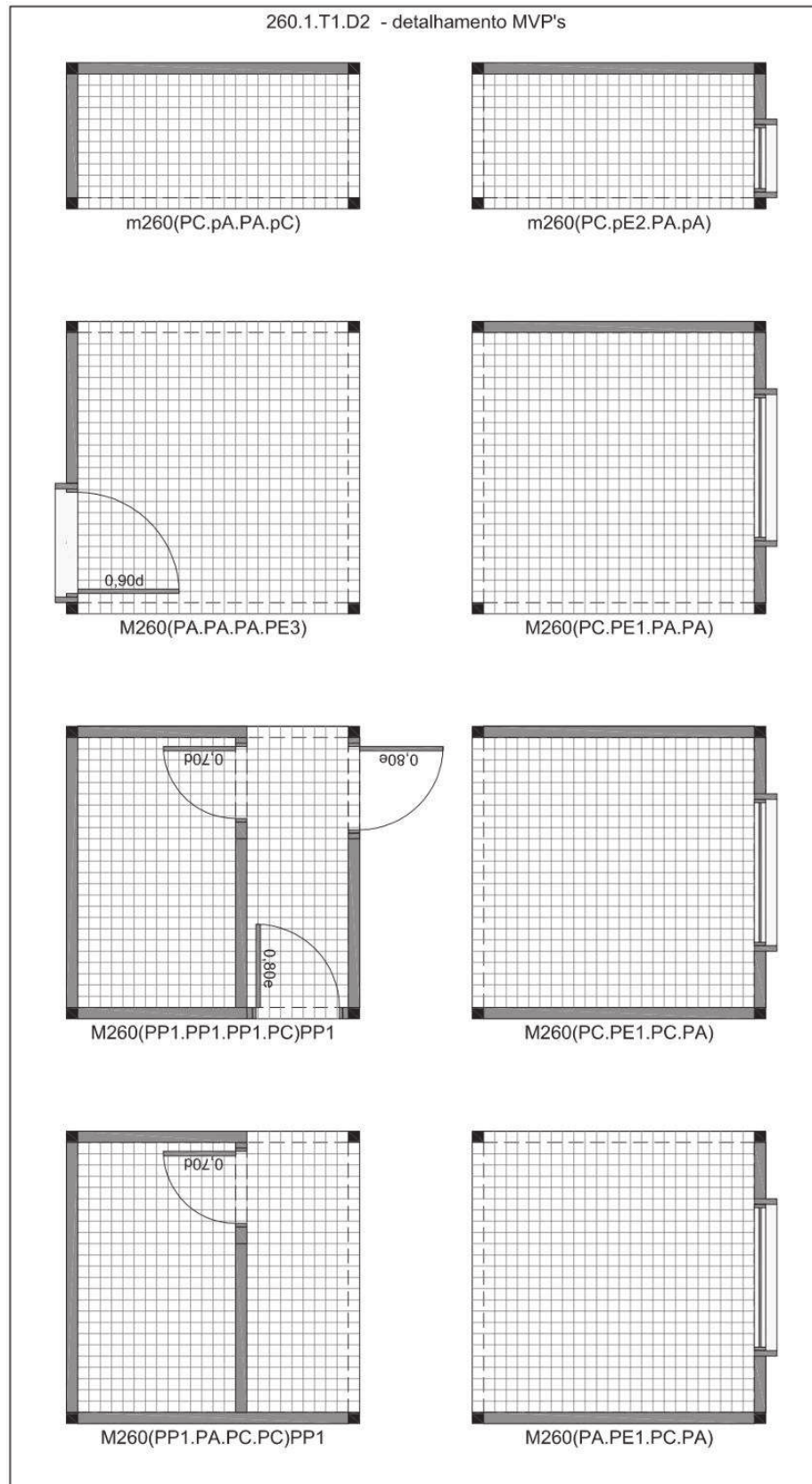
Nas Figuras 57, 58 e 59, a seguir, observa-se a especificação individual de cada MVP - completo que compõe os leiautes desta Matriz, sendo de 1 dormitório (D1), 2 dormitórios (D2) e 3 dormitórios (D3), respectivamente. Essa especificação foi realizada apenas na versão MVP260, devido ao fato de não possuir lançamento de mobiliário e às composições serem feitas exatamente iguais para as três medidas de MVP. O detalhamento de todas as opções seria idêntico, mudando apenas o nome do MVP. Da Figura 60 em diante, apresenta-se os leiautes mobiliados contemplando todas as medidas de MVP estudadas.

Figura 57 – Especificação MVP's – 260.1.T1.D1



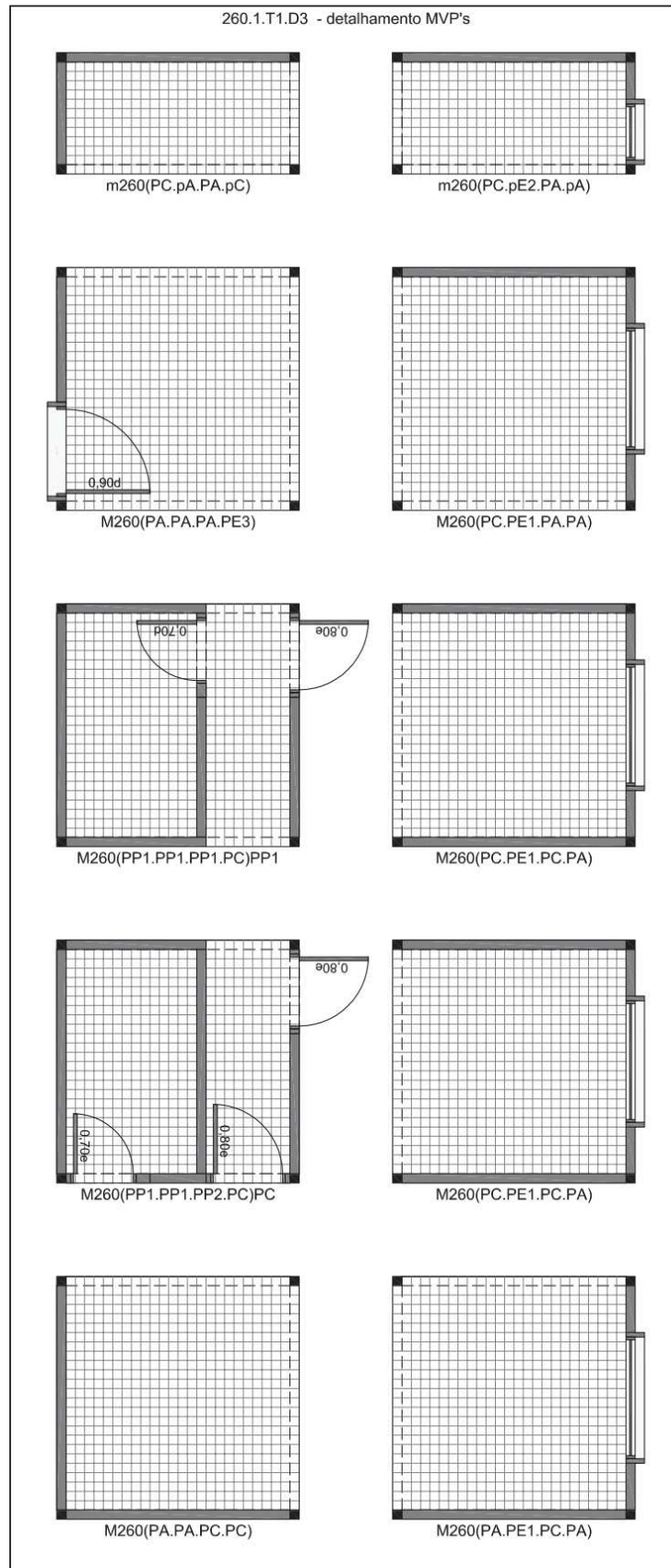
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 58 – Especificação MVP's – 260.1.T1.D2



Fonte: Desenvolvido pelo autor

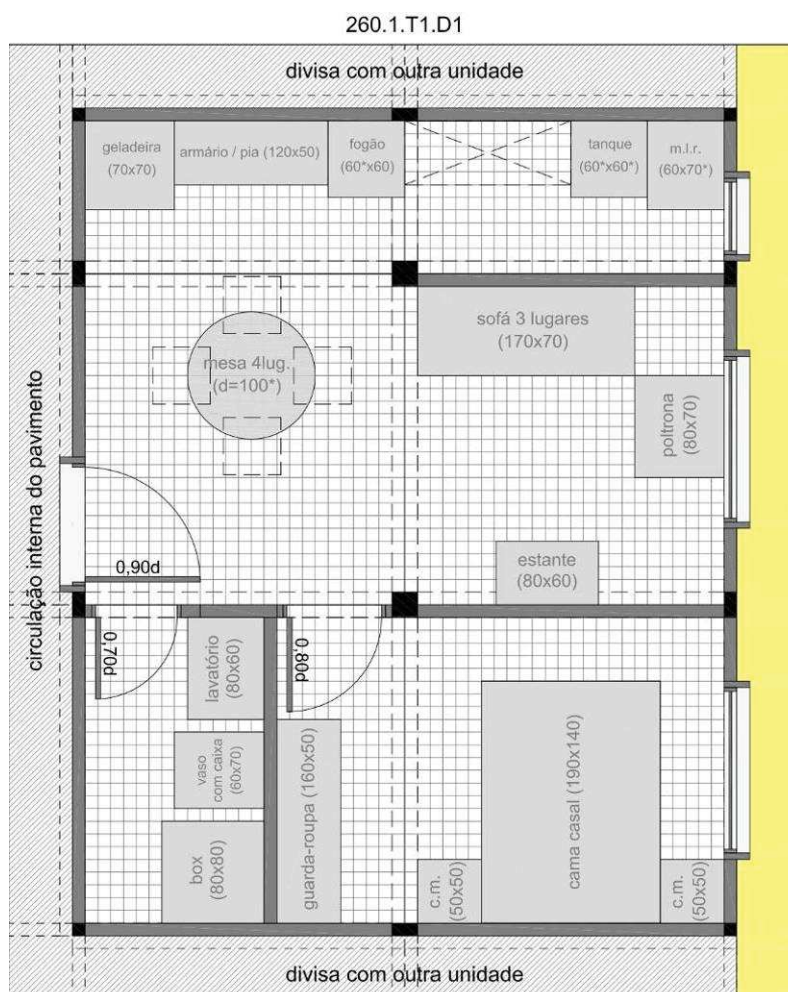
Figura 59 – Especificação MVP's – 260.1.T1.D3



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Especificados os MVPs que compõem os leiautes, segue-se para o detalhamento dos mesmos com o posicionamento do mobiliário anteriormente descrito, nas três medidas de MVP estudadas: MVP260, MVP280 e MVP300. Cada leiaute apresenta uma breve explicação dos fatores que mais influenciarão as análises do próximo capítulo.

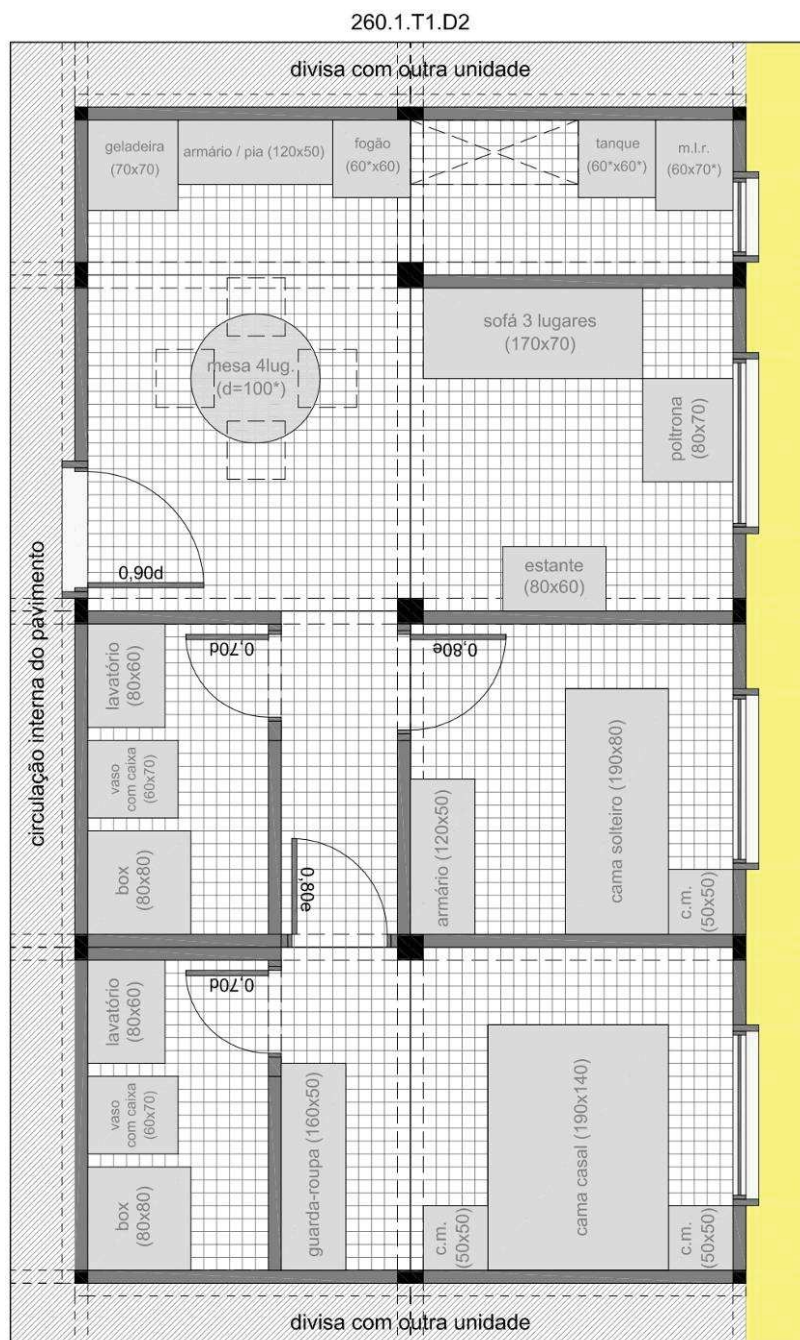
Figura 60 – MVP260 – 1 dormitório – 1 testada livre



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 60, vemos a versão com MVP260 com um dormitório. Na Figura 61, a versão com MVP260 e 2 dormitórios (1 suíte) não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório.

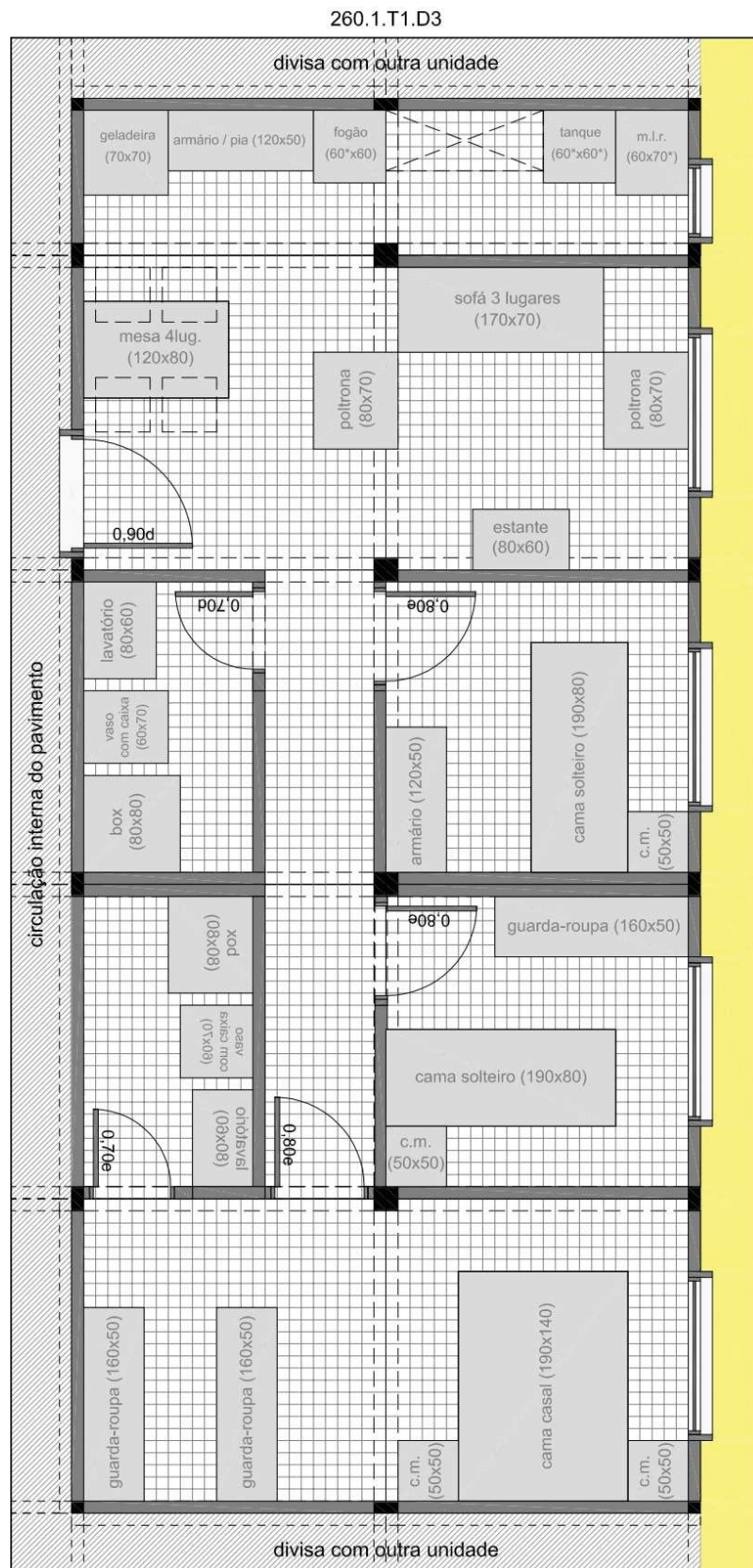
Figura 61 – MVP260 – 2 dormitórios – 1 testada livre



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 62, a versão com MVP260 e 3 dormitórios (1 suíte) também não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório, além de faltar um lugar na sala de estar ou mesa de jantar no caso de colocação de 5 camas.

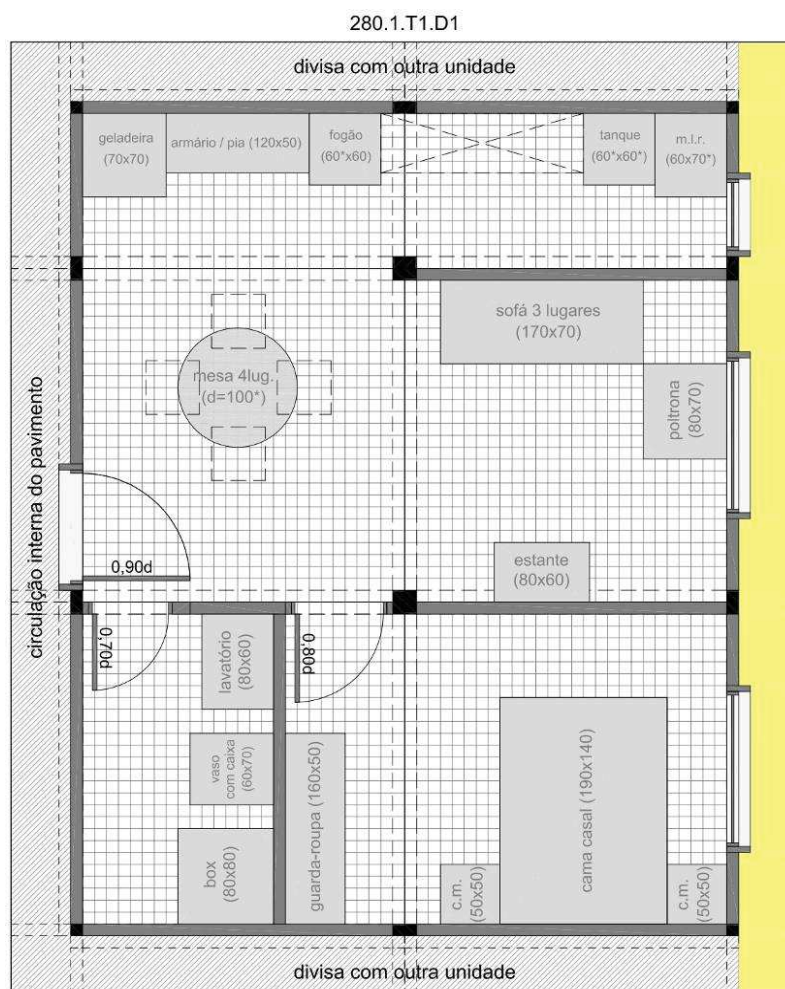
Figura 62 – MVP260 – 3 dormitórios – 1 testada livre



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 63, a versão com MVP280 e um dormitório cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização começam a exceder o mínimo exigido, e o sanitário já poderia adquirir outro formato e permitir circulação íntima ou aumento da suíte (ver item 4.6).

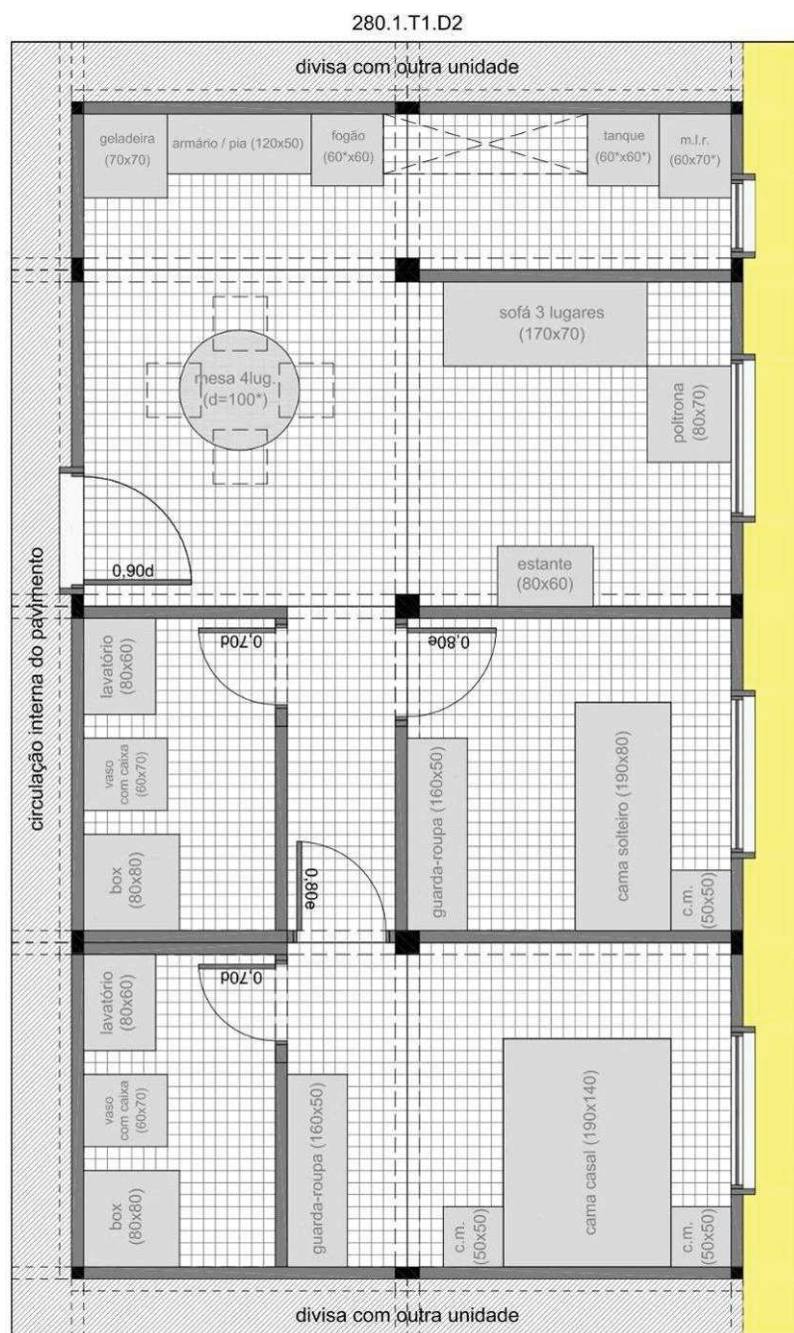
Figura 63 – MVP280 – 1 dormitório – 1 testada livre



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 64, a versão com MVP280 e 2 dormitórios (1 suíte) não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir o aumento da circulação íntima e da suíte ou mesmo um novo espaço de trabalho (ver item 4.6).

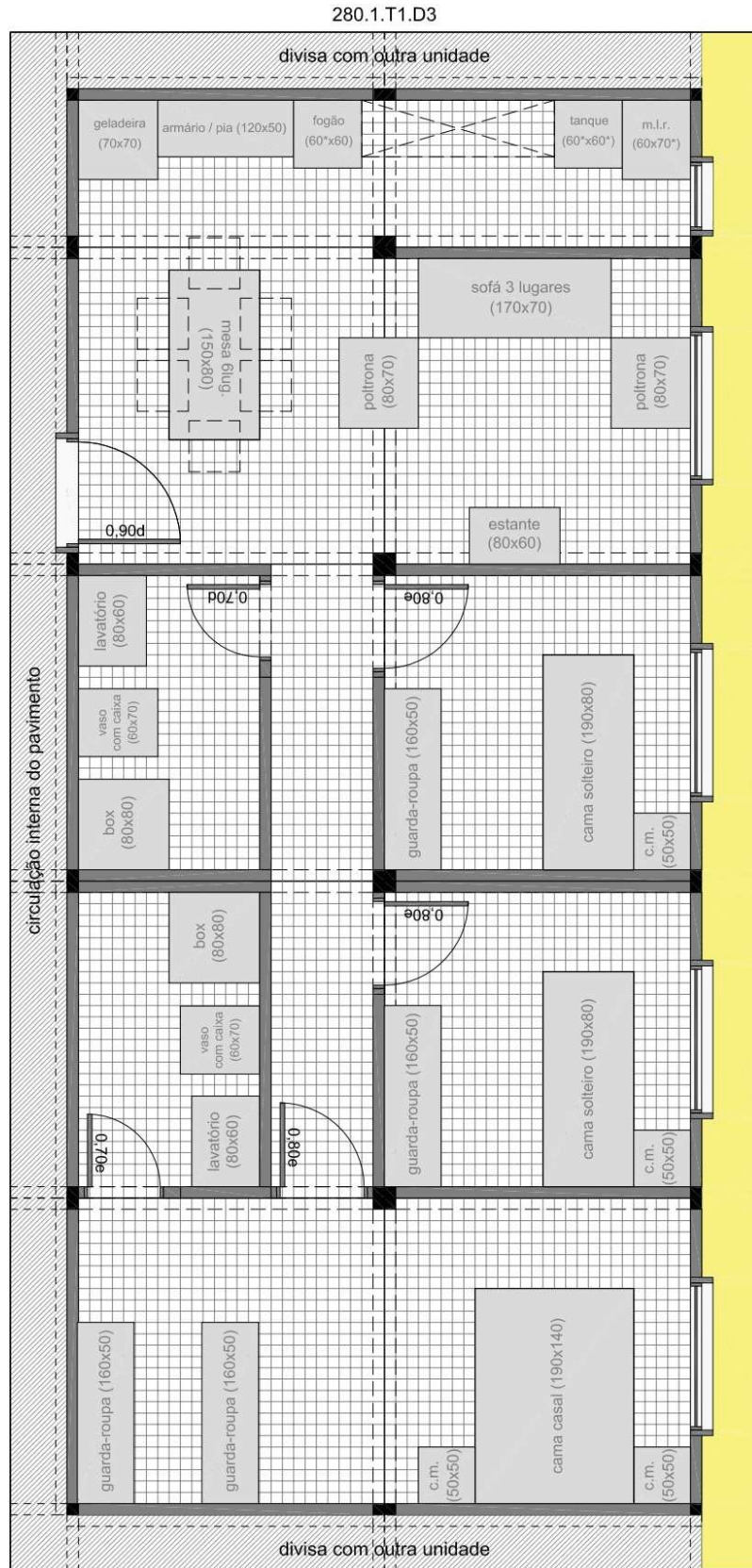
Figura 64 – MVP280 – 2 dormitórios – 1 testada livre



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 65, a versão com MVP280 e 3 dormitórios (1 suíte) também não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório, além de faltar um lugar na sala de estar ou mesa de jantar no caso de colocação de 5 camas. Sobra área na suíte e nos sanitários, que também poderiam receber alternativas de configuração (ver item 4.6).

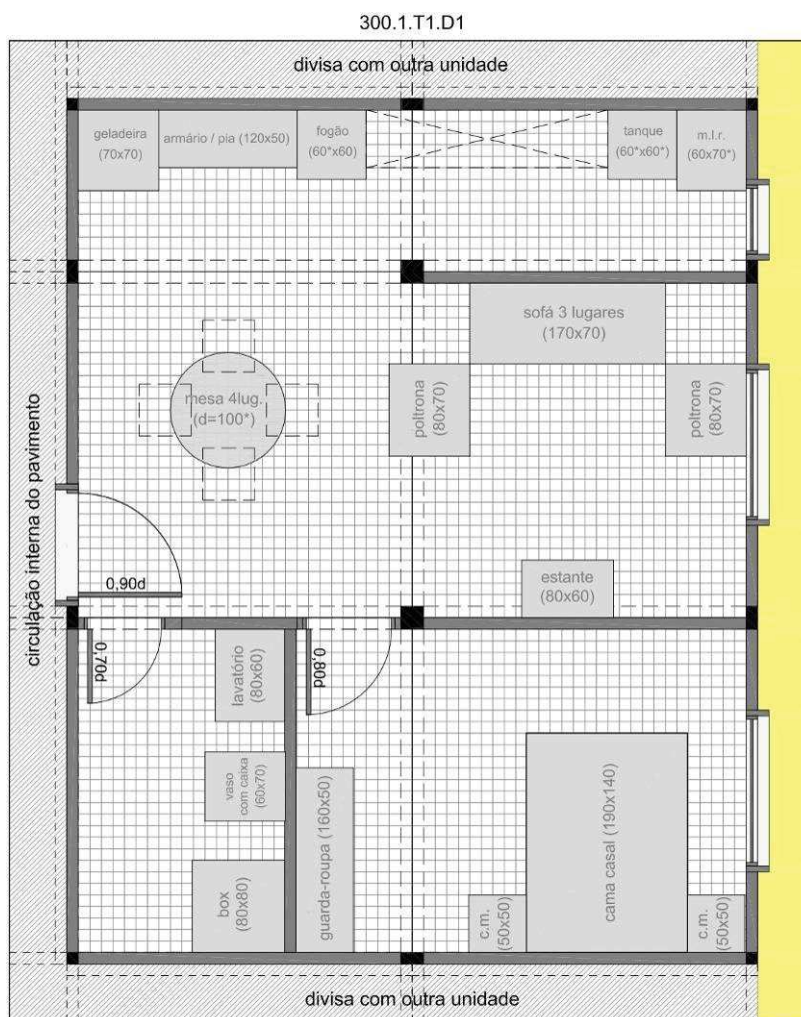
Figura 65 – MVP280 – 3 dormitórios – 1 testada livre



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 66, a versão com MVP300 de um dormitório cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização começam a exceder o mínimo exigido, e o sanitário já poderia adquirir outro formato e permitir circulação íntima, aumento da suíte ou ser adaptado à NBR 9050 (ver item 4.6).

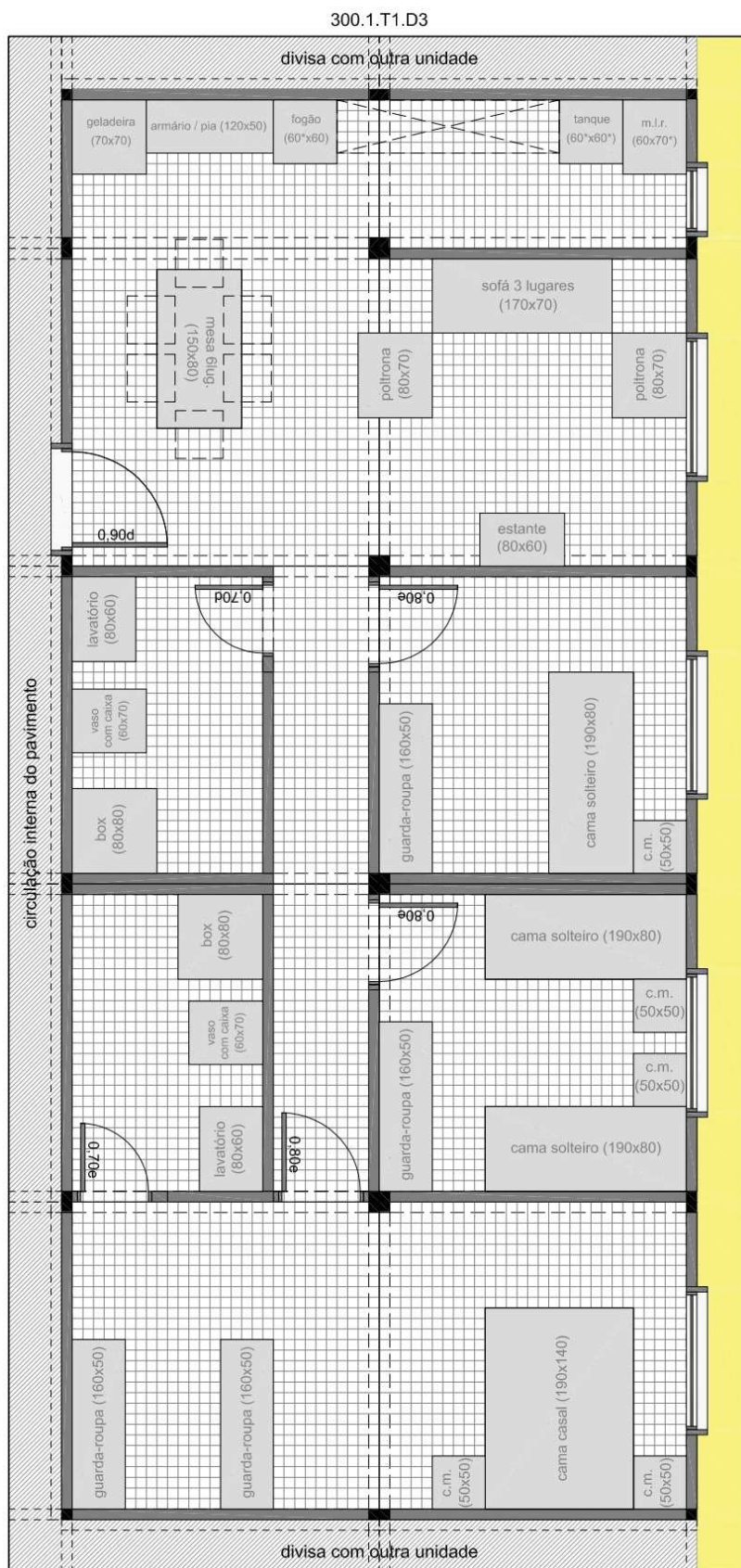
Figura 66 – MVP300 – 1 dormitório – 1 testada livre



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 67, a versão com MVP300 de 2 dormitórios (1 suíte) cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido, e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir o aumento da circulação íntima e da suíte, um novo espaço de trabalho ou ser adaptado à NBR 9050 (ver item 4.6).

Figura 68 – MVP300 – 3 dormitórios – 1 testada livre

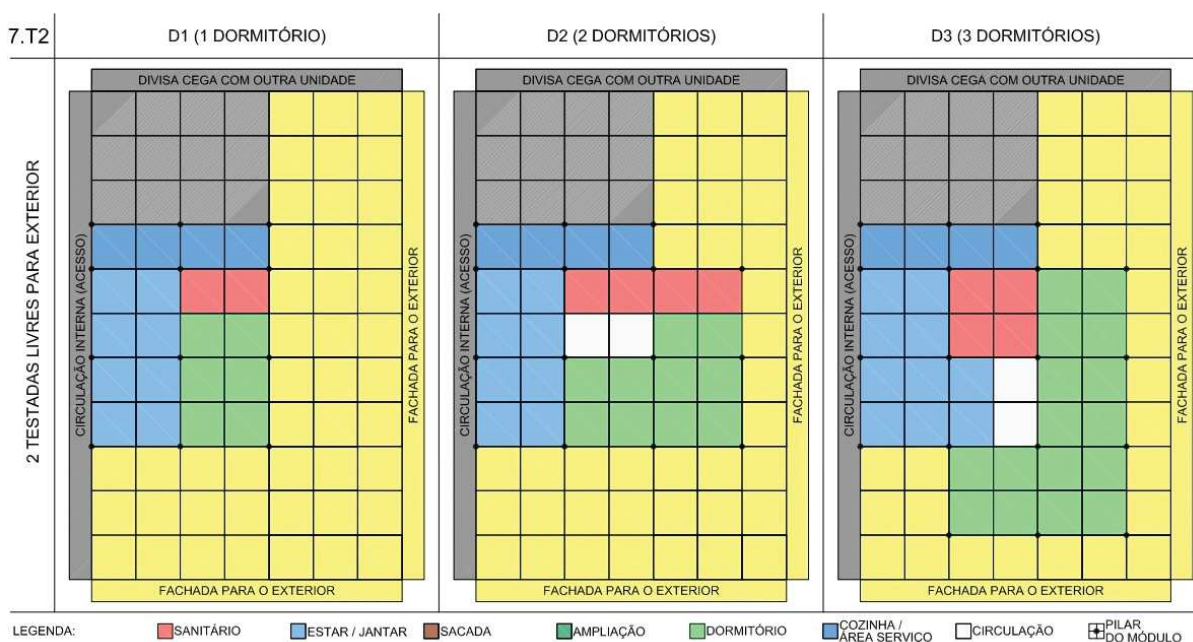


Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.4.2 Opção 2 – Matriz 7.T2

A Matriz 7.T2 é um leiaute com duas testadas livres para o exterior, que poderia se localizar no canto de um pavimento tipo, com salas de estar e jantar integradas abrindo para uma testada, e cozinha e área de serviço acomodadas em meio módulo, cada uma abrindo para a outra testada. As áreas de utilização necessárias exigem que o espaço da cozinha seja integrado ao ambiente de jantar em qualquer uma das dimensões testadas. Na Figura 69, temos a reprodução dessa Matriz.

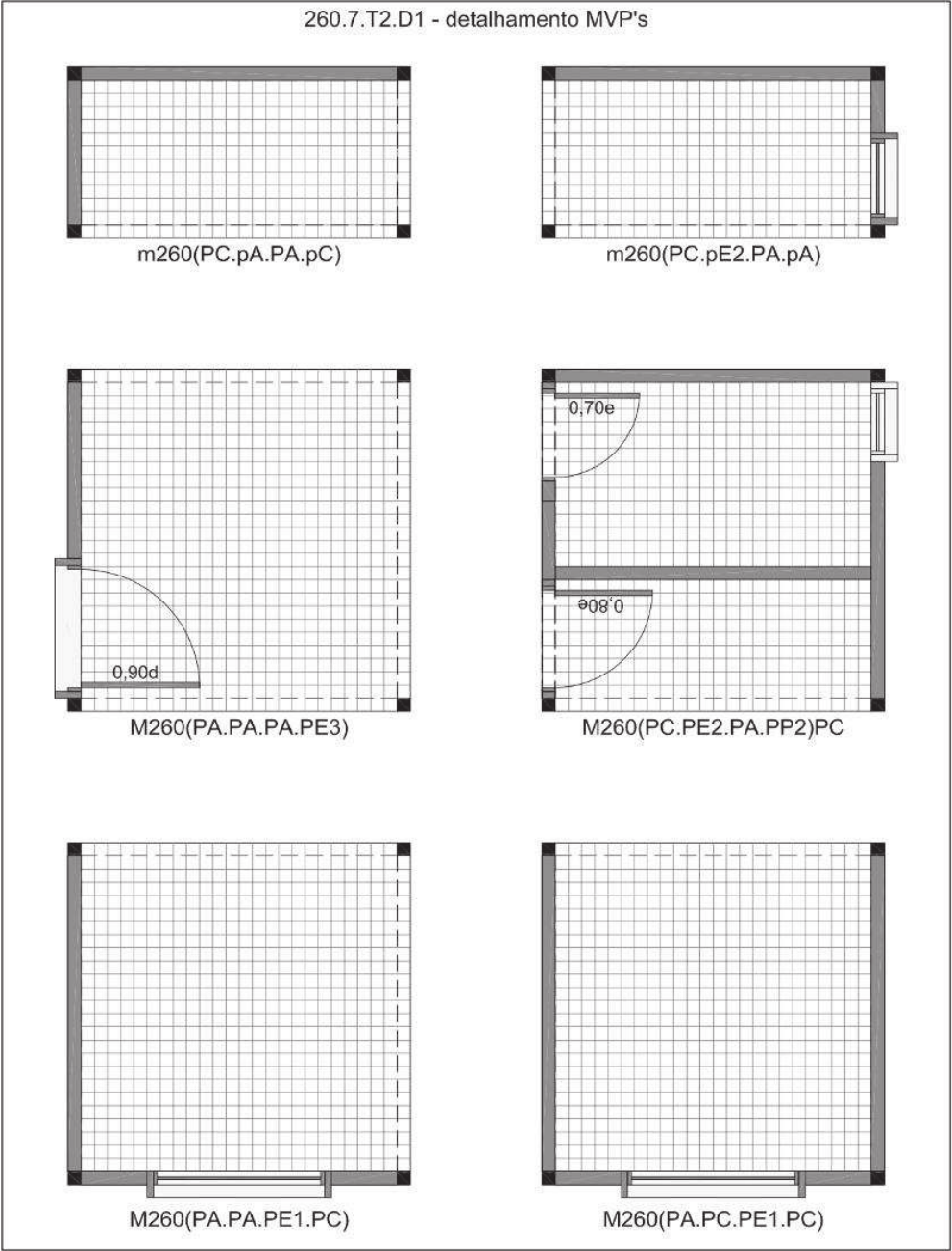
Figura 69 – Matriz 7.T2



Fonte: Desenvolvido pelo autor

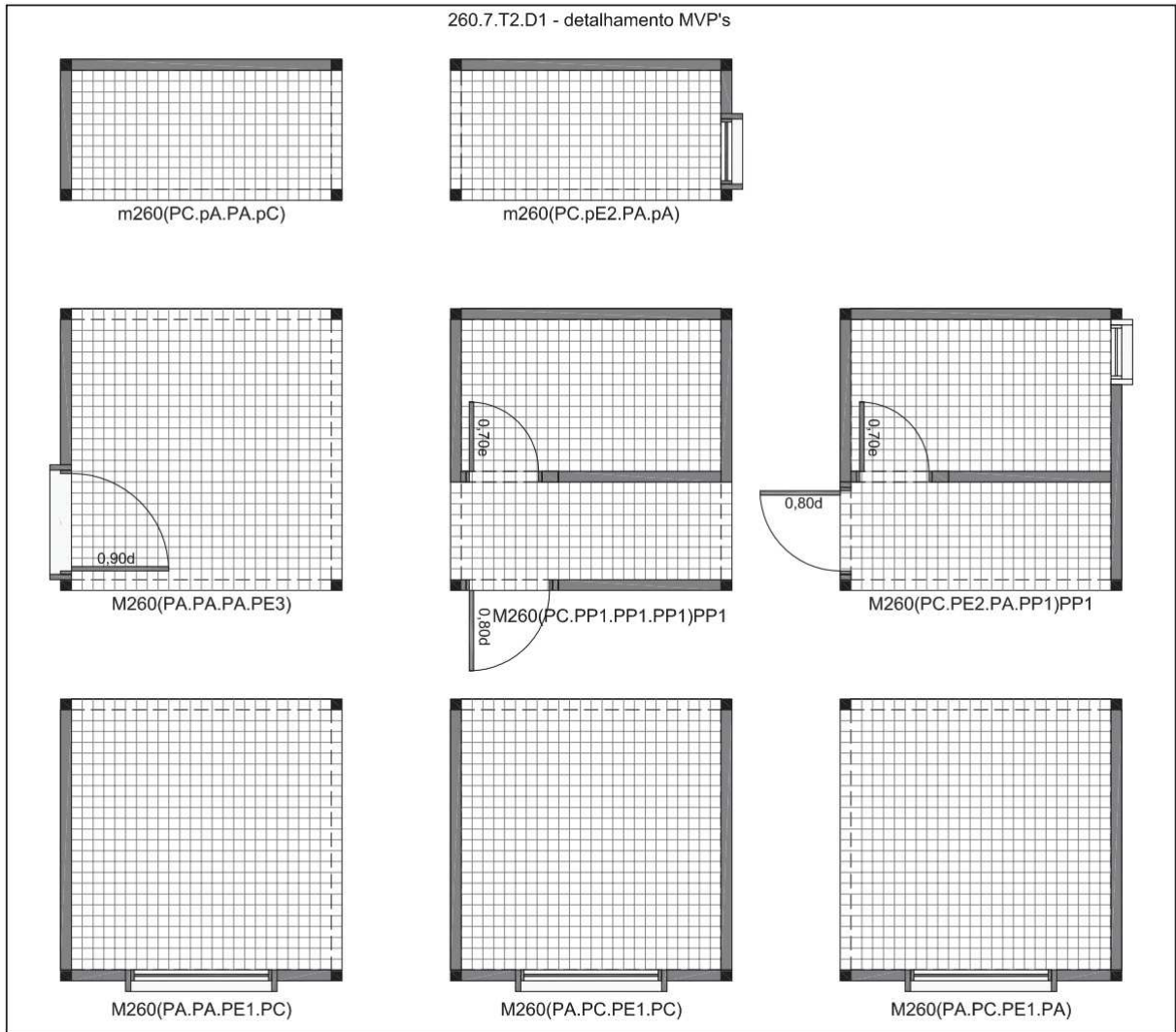
Nas Figuras 70 a 72, a seguir, observa-se a especificação individual de cada MVP - completo que compõem os leiautes da Matriz 7.T2, sendo de 1 dormitório (D1), 2 dormitórios (D2) e 3 dormitórios (D3) respectivamente. Essa especificação foi realizada apenas na versão MVP260, pois, devido a não possuir lançamento de mobiliário e as composições serem feitas exatamente iguais para as três medidas de MVP, o detalhamento de todas as opções seria idêntico, mudando apenas o nome do MVP. Da Figura 73 em diante, apresenta-se os leiautes mobiliados contemplando todas as medidas de MVP estudadas.

Figura 70 – Especificação MVP's – 260.7.T2.D1



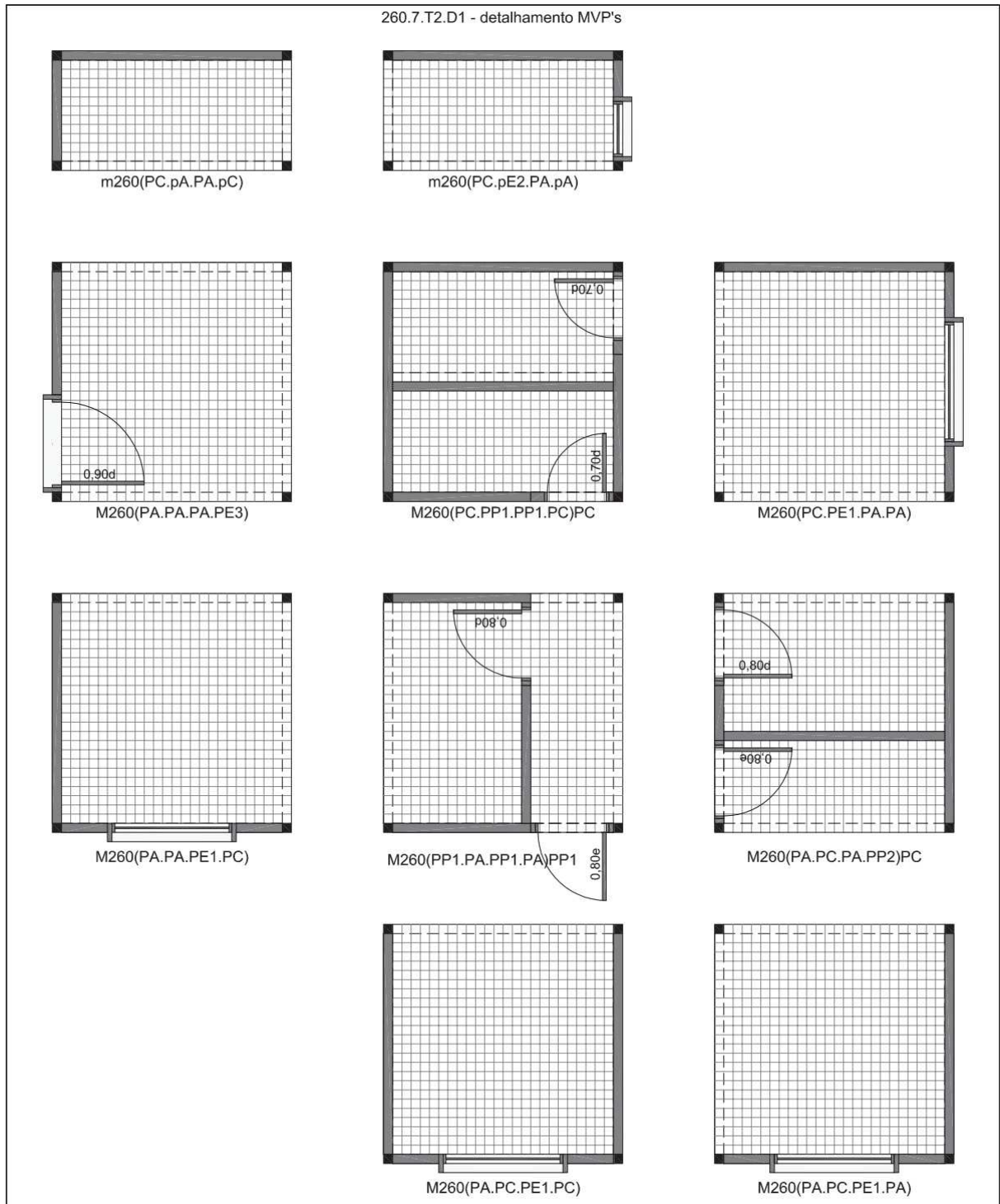
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 71 – Especificação MVP's – 260.7.T2.D2



Fonte: Desenvolvido pelo autor

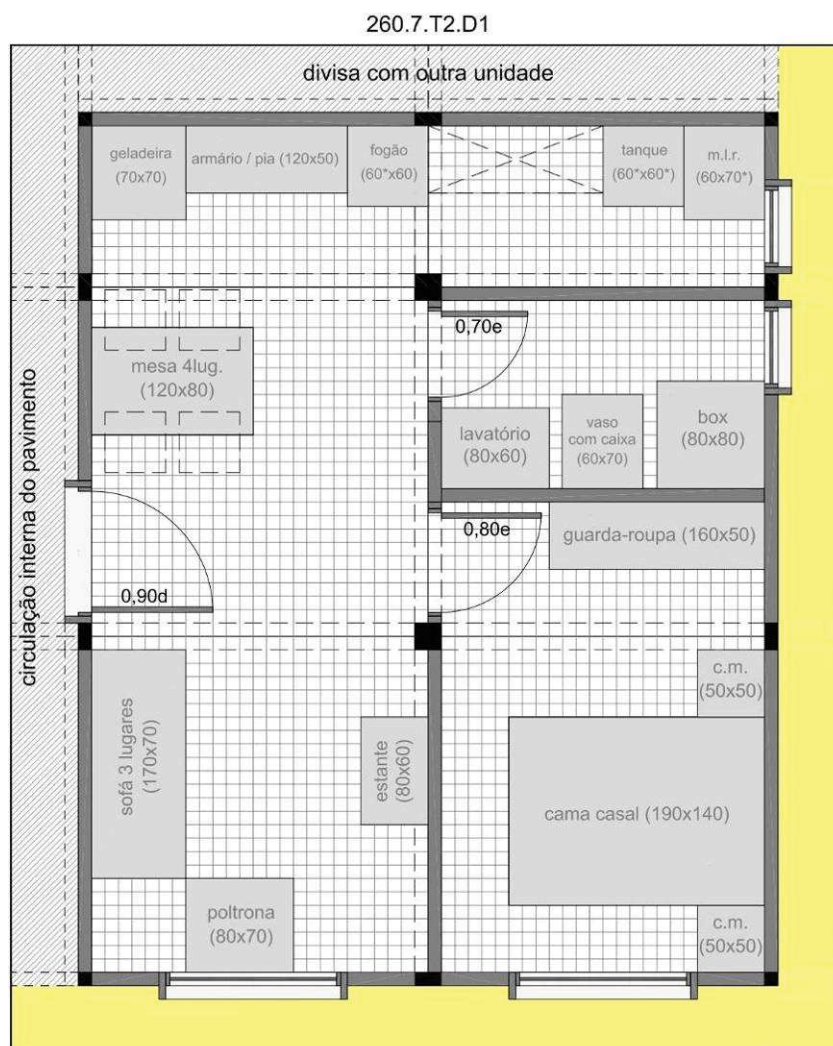
Figura 72 – Especificação MVP's – 260.7.T2.D3



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Especificados os MVPs que compõem os leiautes, parte-se para seu detalhamento com o posicionamento do mobiliário anteriormente descrito, nas três medidas de MVP estudadas: MVP260, MVP280 e MVP300. Cada leiaute apresenta uma breve explicação dos fatores que mais influenciarão as análises posteriores.

Figura 73 – MVP260 – 1 dormitório – 2 testadas livres

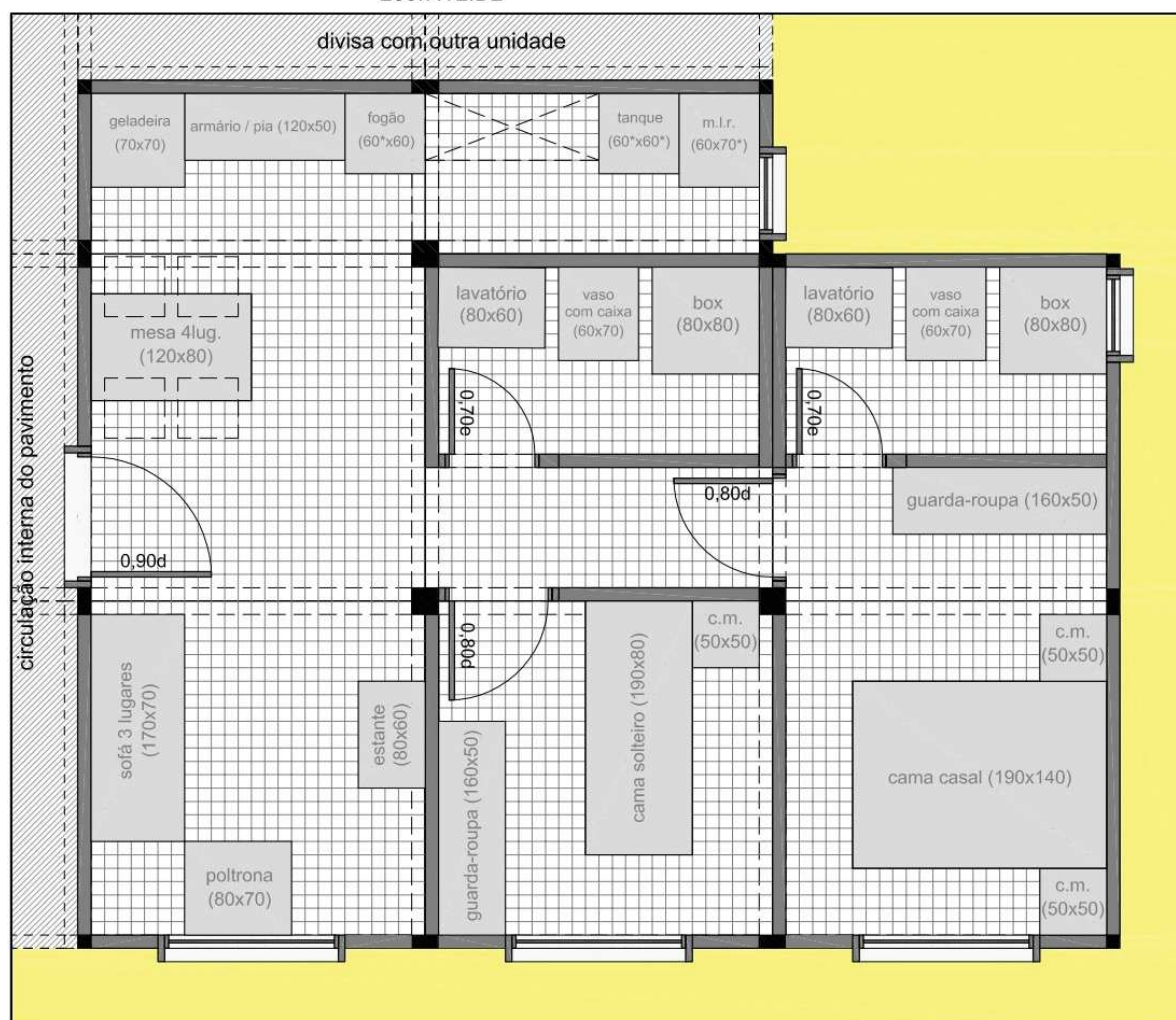


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 73, temos a versão com MVP260 com um dormitório. Na Figura 74, a versão com MVP260 e 2 dormitórios (1 suíte) não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório.

Figura 74 – MVP260 – 2 dormitórios – 2 testadas livres

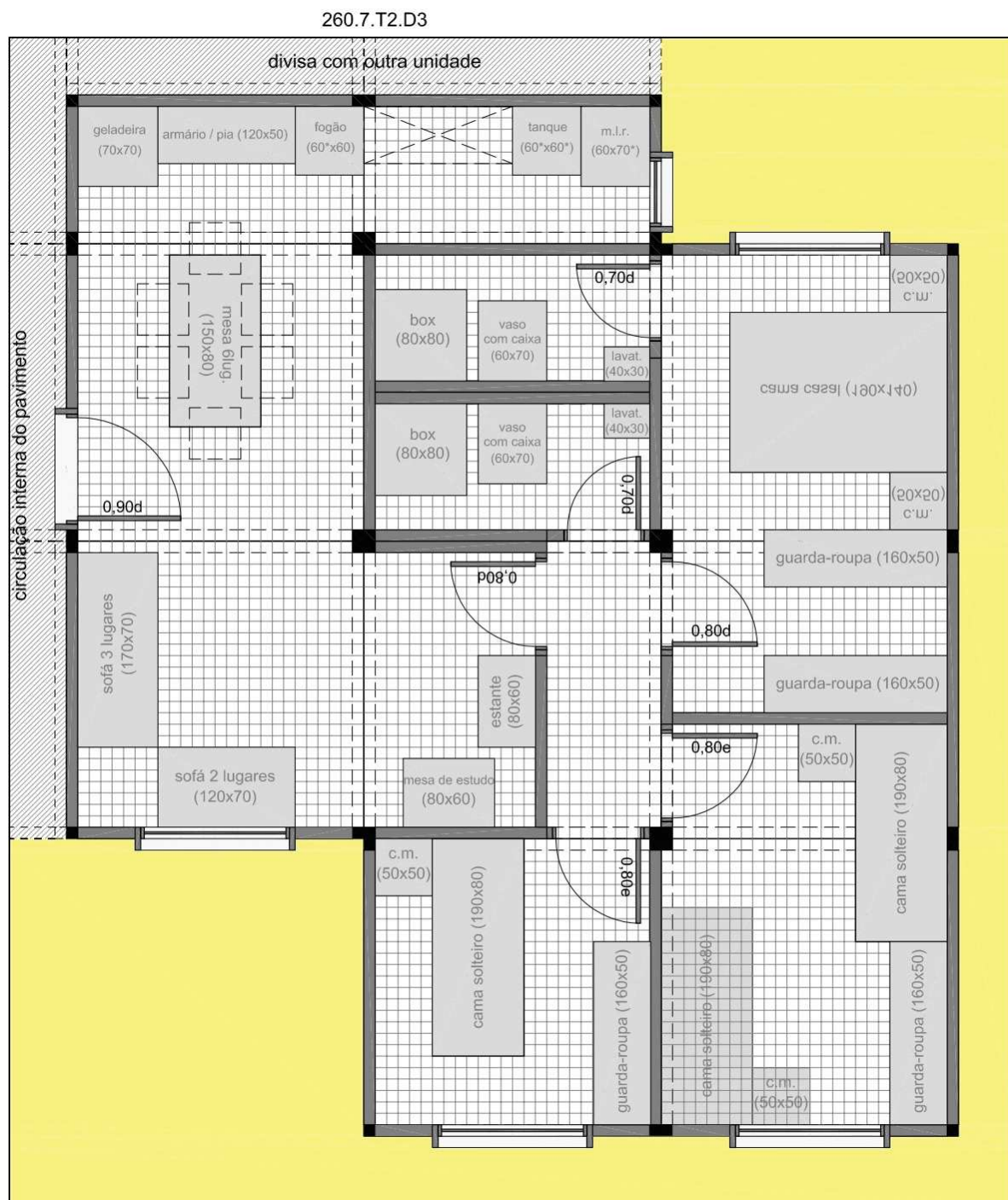
260.7.T2.D2



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 75, a versão com MVP260 e 3 dormitórios (1 suíte) cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho, mas existe espaço ocioso na sala de estar.

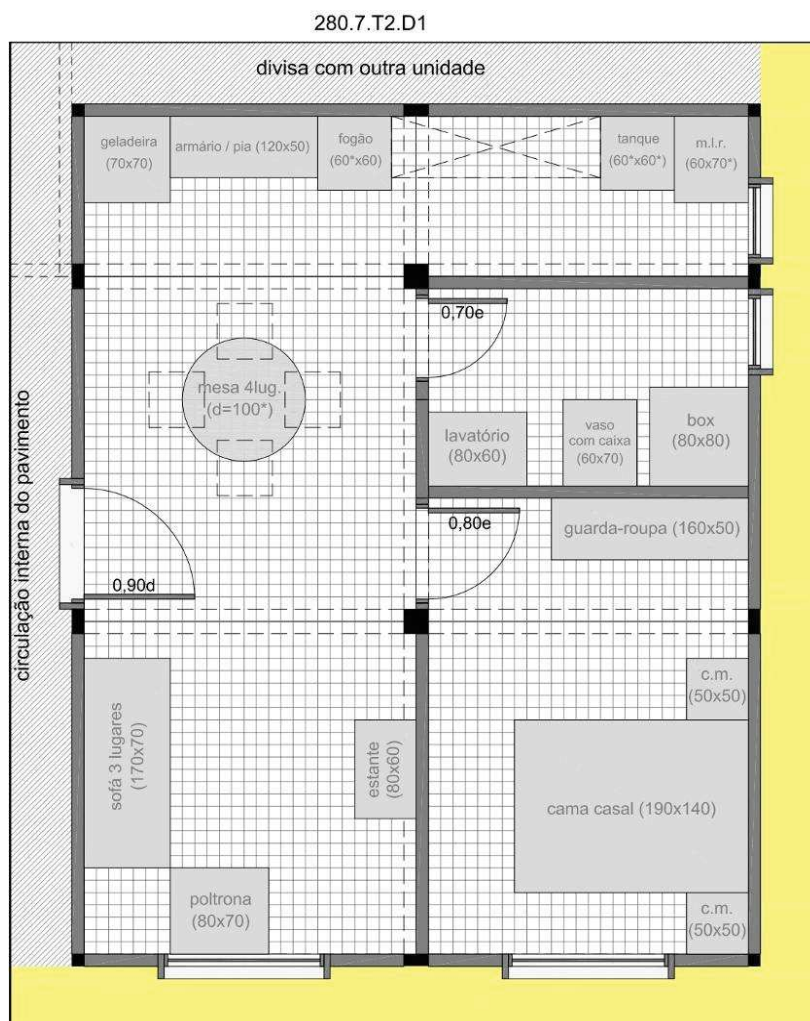
Figura 75 – MVP260 – 3 dormitórios – 2 testadas livres



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 76, a versão com MVP280 e um dormitório cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido, e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir existência da circulação íntima ou ampliação do dormitório (ver item 4.6).

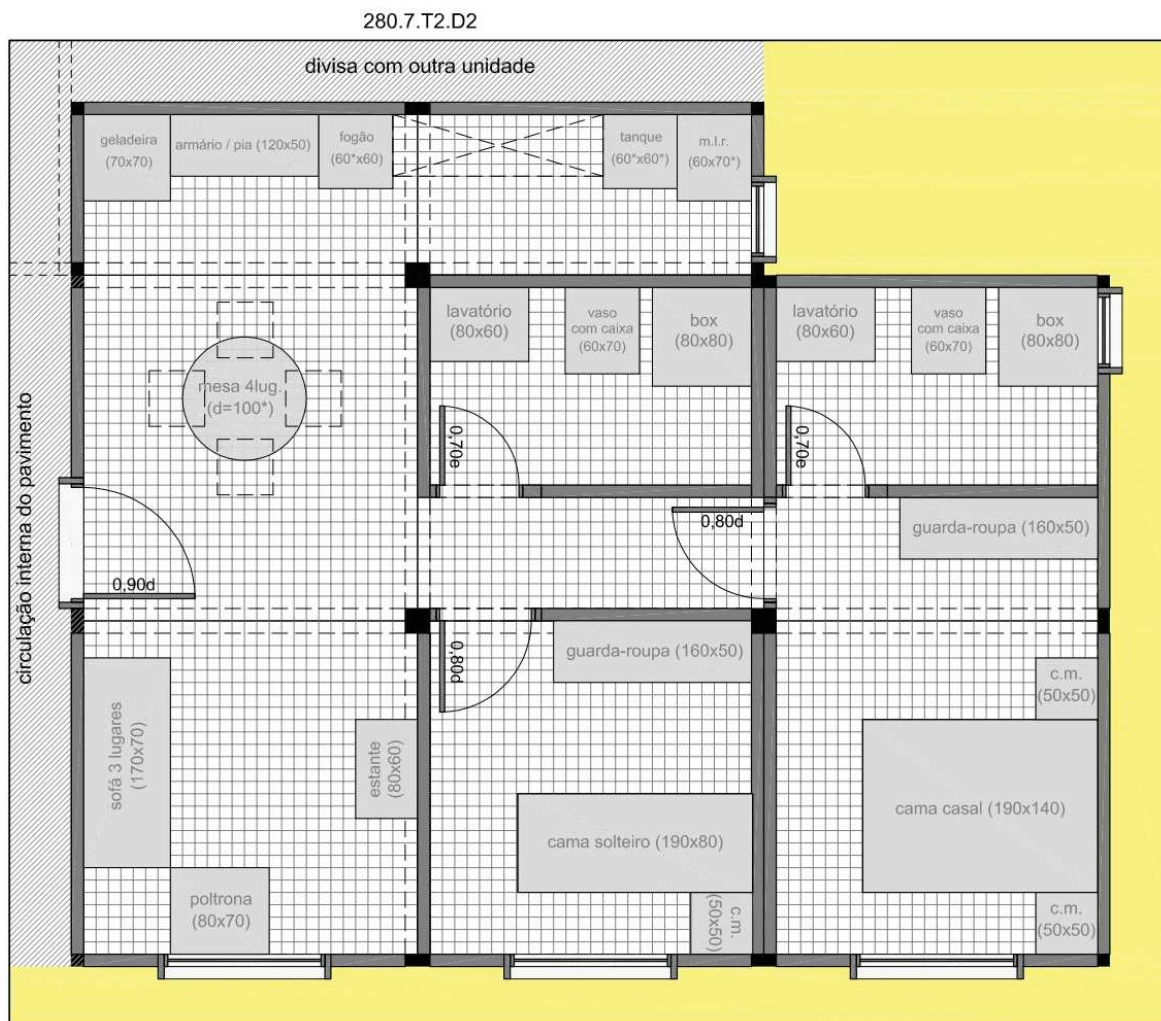
Figura 76 – MVP280 – 1 dormitório – 2 testadas livres



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 77, a versão com MVP280 e 2 dormitórios (1 suíte) não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido, e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir o aumento da circulação íntima e da suíte ou um novo espaço de trabalho (ver item 4.6).

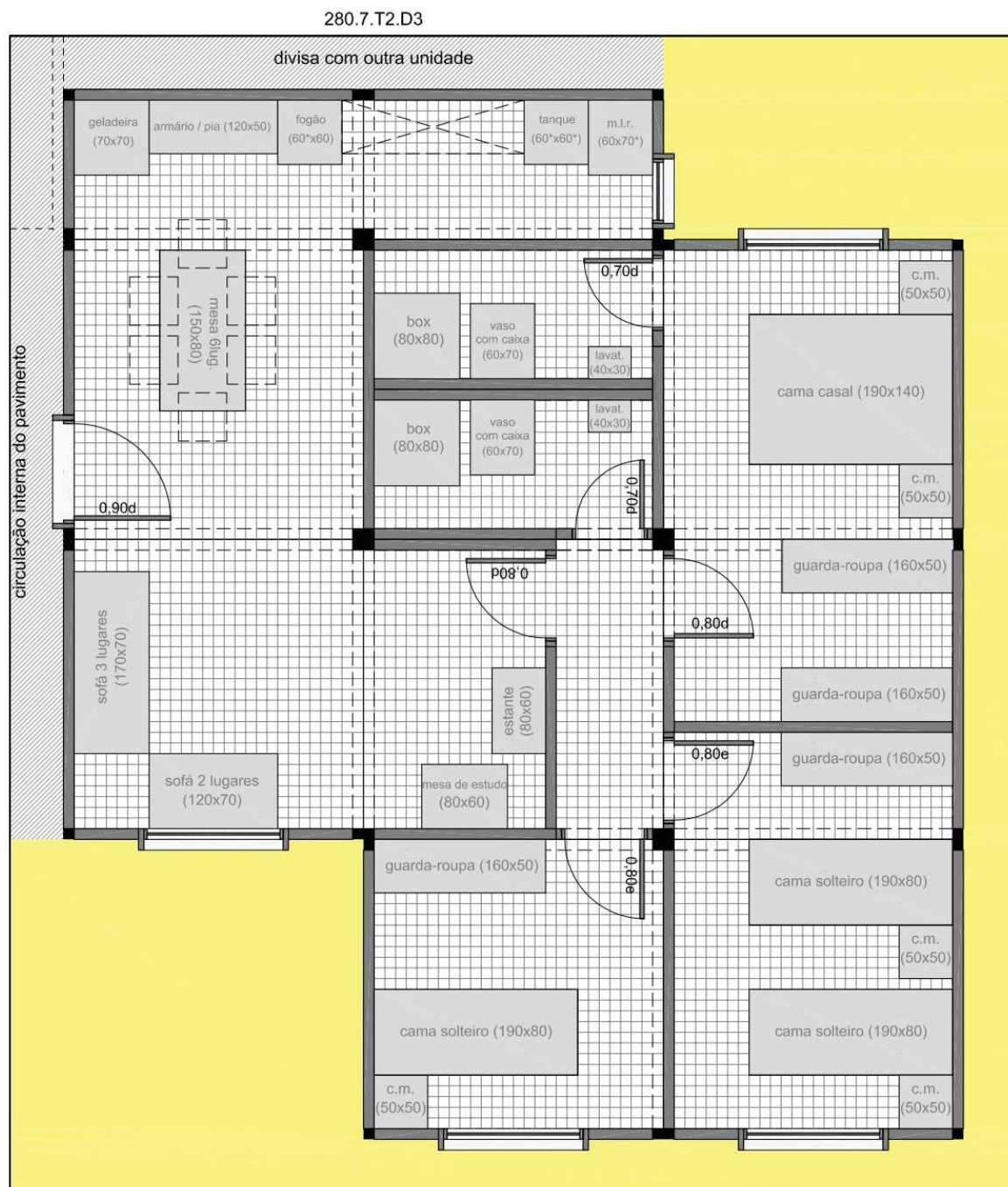
Figura 77 – MVP280 – 2 dormitórios – 2 testadas livres



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 78, a versão com MVP280 e 3 dormitórios cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho, mas existe espaço ocioso na sala de estar. Dois sanitários no mesmo módulo não permitem ampliação.

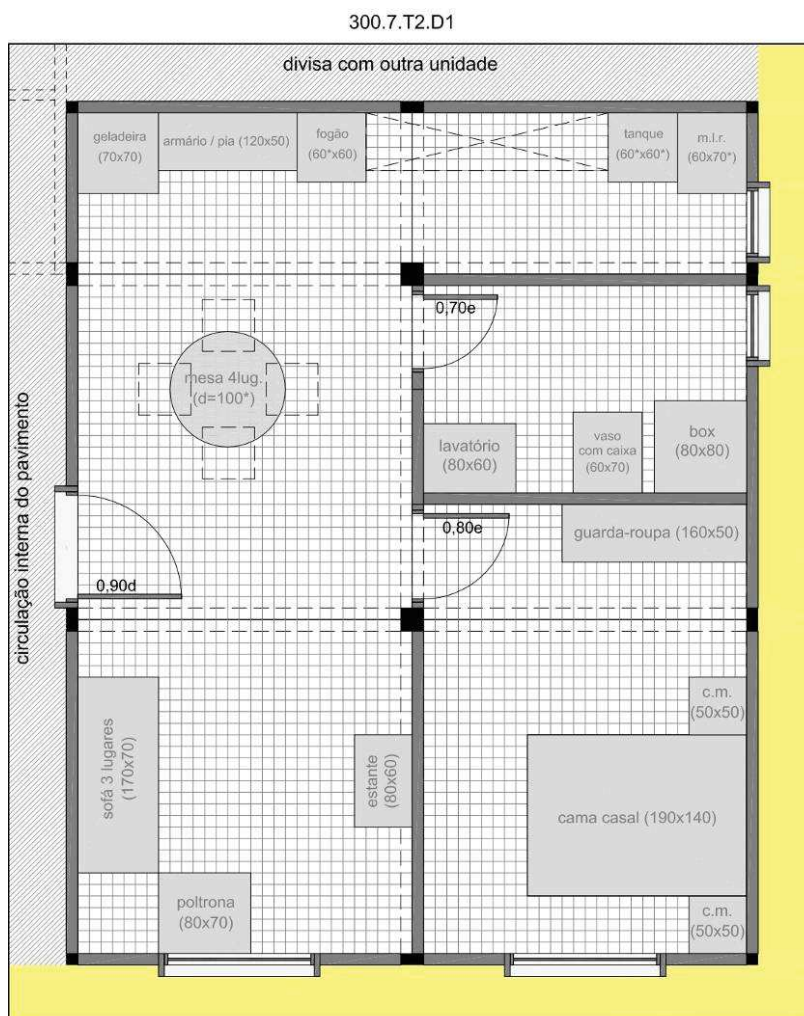
Figura 78 – MVP280 – 3 dormitórios – 2 testadas livres



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 79, a versão com MVP300 e um dormitório cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido, e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir existência da circulação íntima, ampliação do dormitório ou se adaptar à NBR 9050 (ver item 4.6).

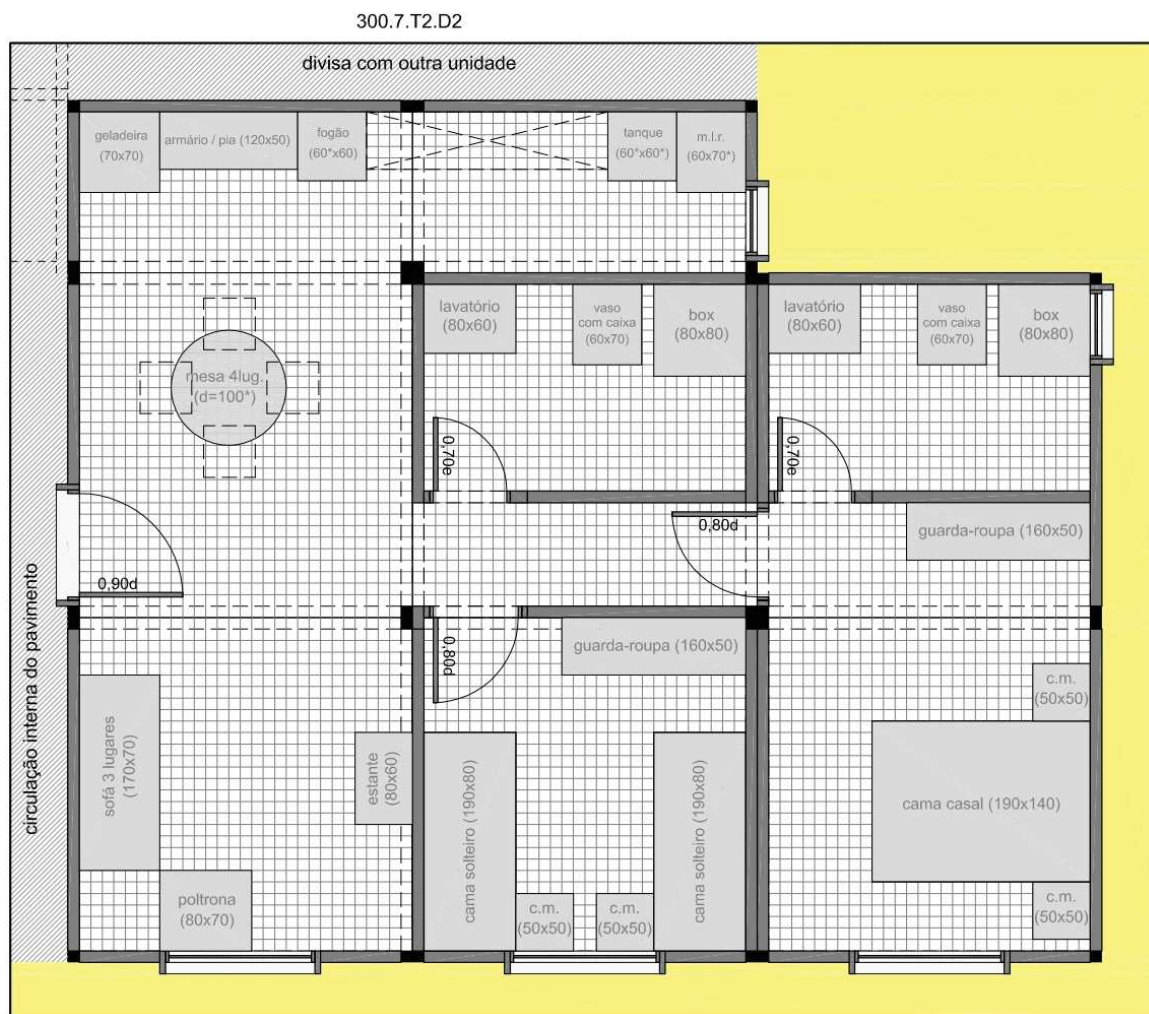
Figura 79 – MVP300 – 1 dormitório – 2 testadas livres



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 80, a versão com MVP300 e 2 dormitórios (1 suíte) cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido, e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir o aumento da circulação íntima e da suíte, compor um novo espaço de trabalho ou se adaptar à NBR 9050 (ver item 4.6).

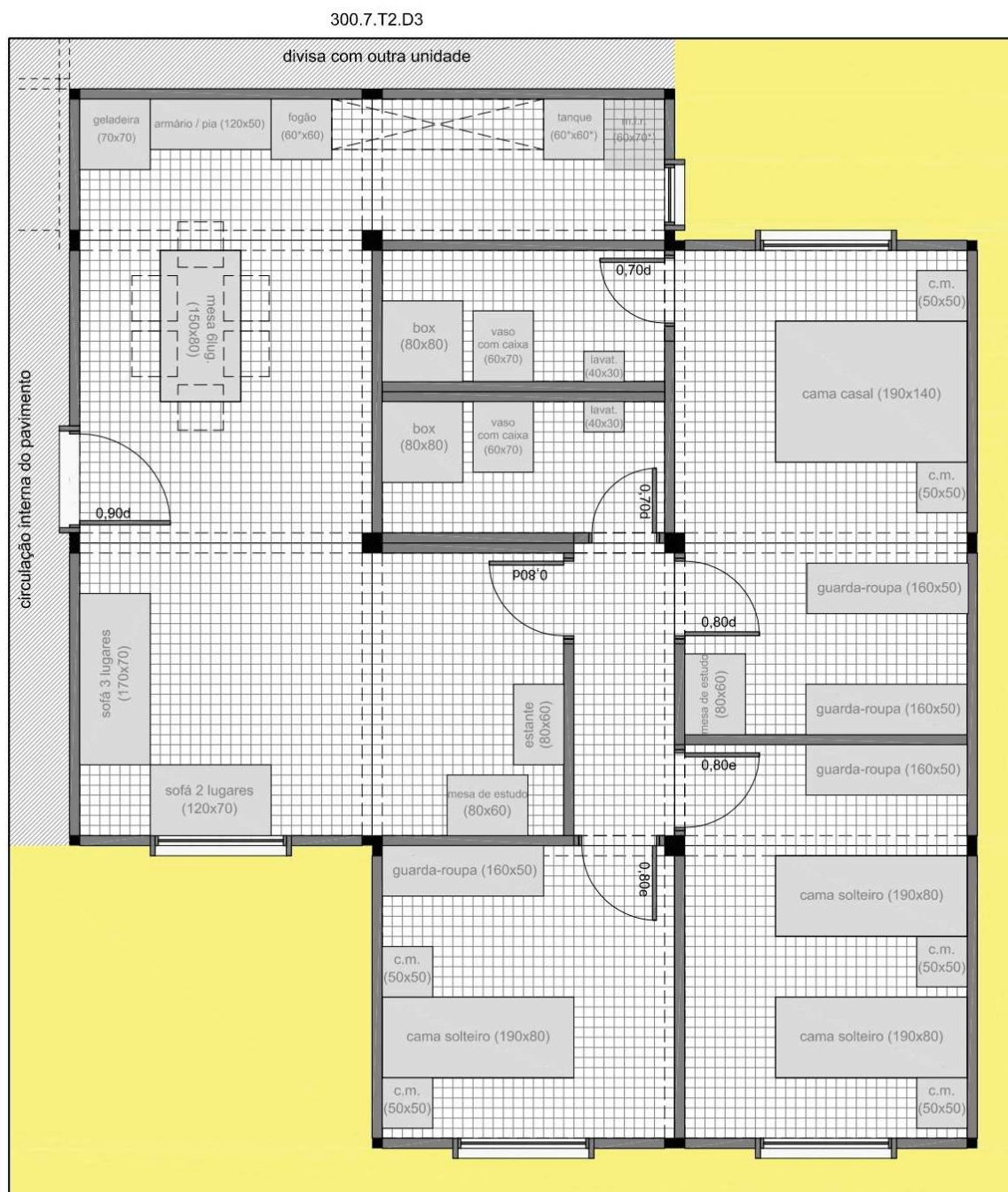
Figura 80 – MVP300 – 2 dormitórios – 2 testadas livres



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 81, a versão com MVP280 e 3 dormitórios cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho, mas existe espaço ocioso na sala de estar.

Figura 81 – MVP300 – 3 dormitórios – 2 testadas livres

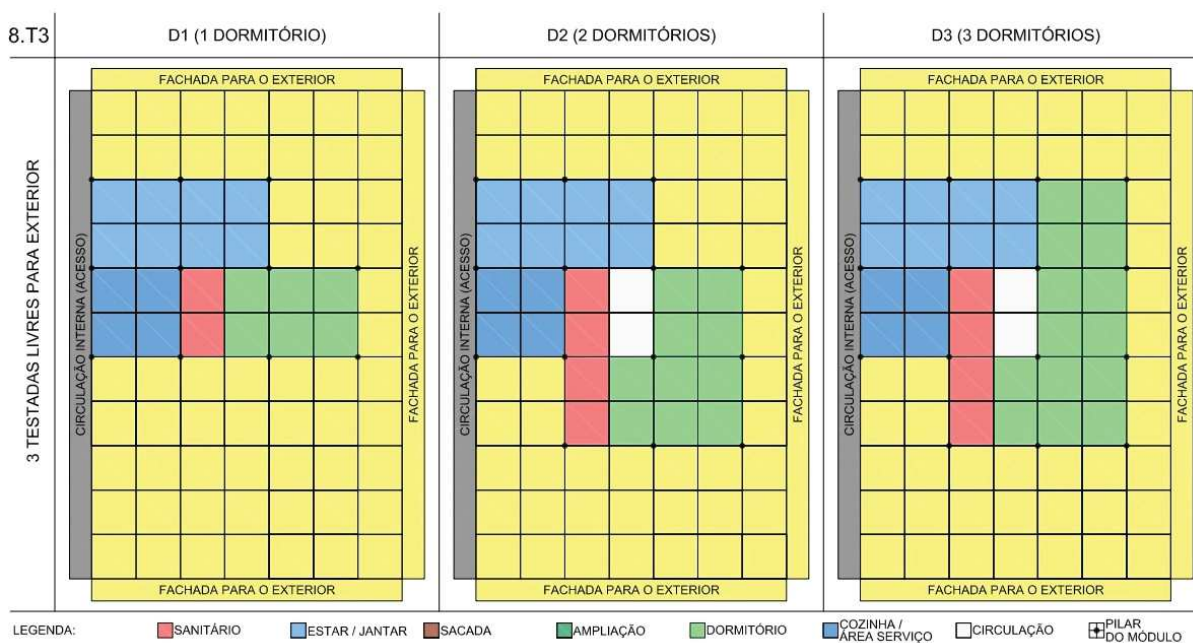


Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.4.3 Opção 3 – Matriz 8.T3

A Matriz 8.T3 é um leiaute com três testadas livres para o exterior, que poderia se localizar na ponta de um pavimento tipo, com salas de estar e de jantar integradas abrindo para uma ou duas testadas, cozinha e área de serviço acomodadas em um módulo abrindo para a outra testada. Ao contrário dos demais, esse leiaute isola cozinha e área de serviço dos ambientes de estar e de jantar. Na Figura 82, tem-se a reprodução da Matriz 8.T3, já apresentada anteriormente, para facilitar o entendimento.

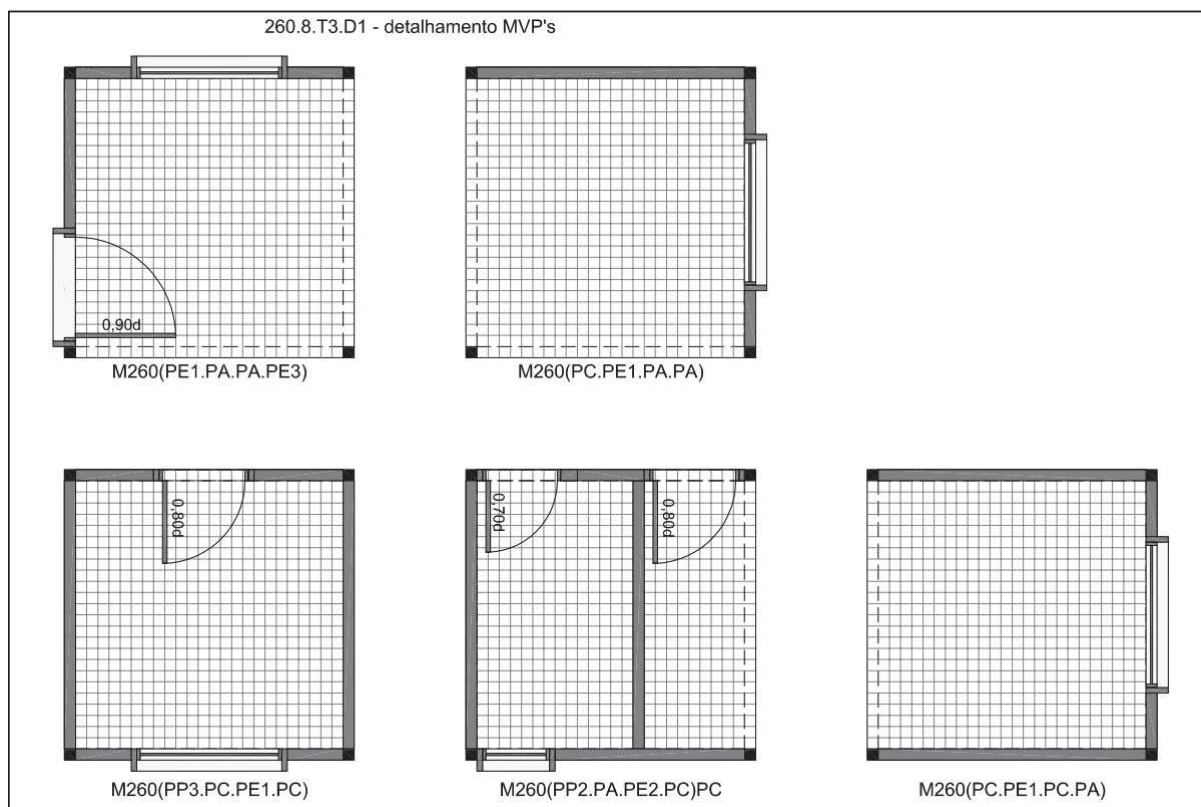
Figura 82 – Matriz 8.T3



Fonte: Desenvolvido pelo autor

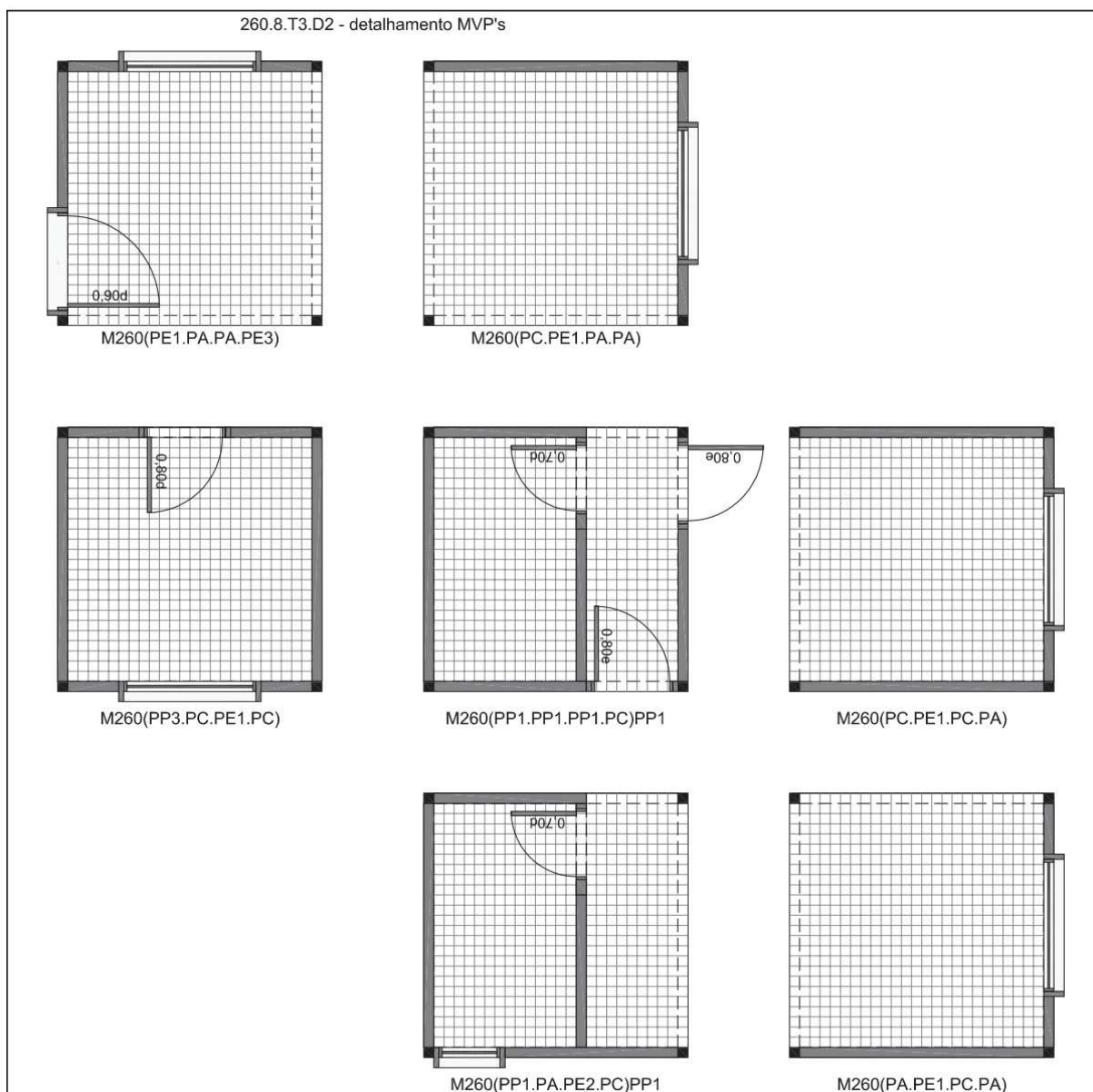
Nas Figuras 83 a 85, a seguir, observa-se a especificação individual de cada MVP - completo que compõem os leiautes da Matriz 8.T3, sendo de 1 dormitório (D1), 2 dormitórios (D2) e 3 dormitórios (D3) respectivamente. Essa especificação foi realizada apenas na versão MVP260, pois devido a não possuir lançamento de mobiliário e as composições serem feitas exatamente iguais para as três medidas de MVP, o detalhamento de todas as opções seria idêntico, mudando apenas o nome do MVP. Da Figura 86 à Figura 94, apresenta-se os leiautes mobiliados contemplando todas as medidas de MVP estudadas.

.Figura 83 – Especificação MVP's – 260.8.T3.D1



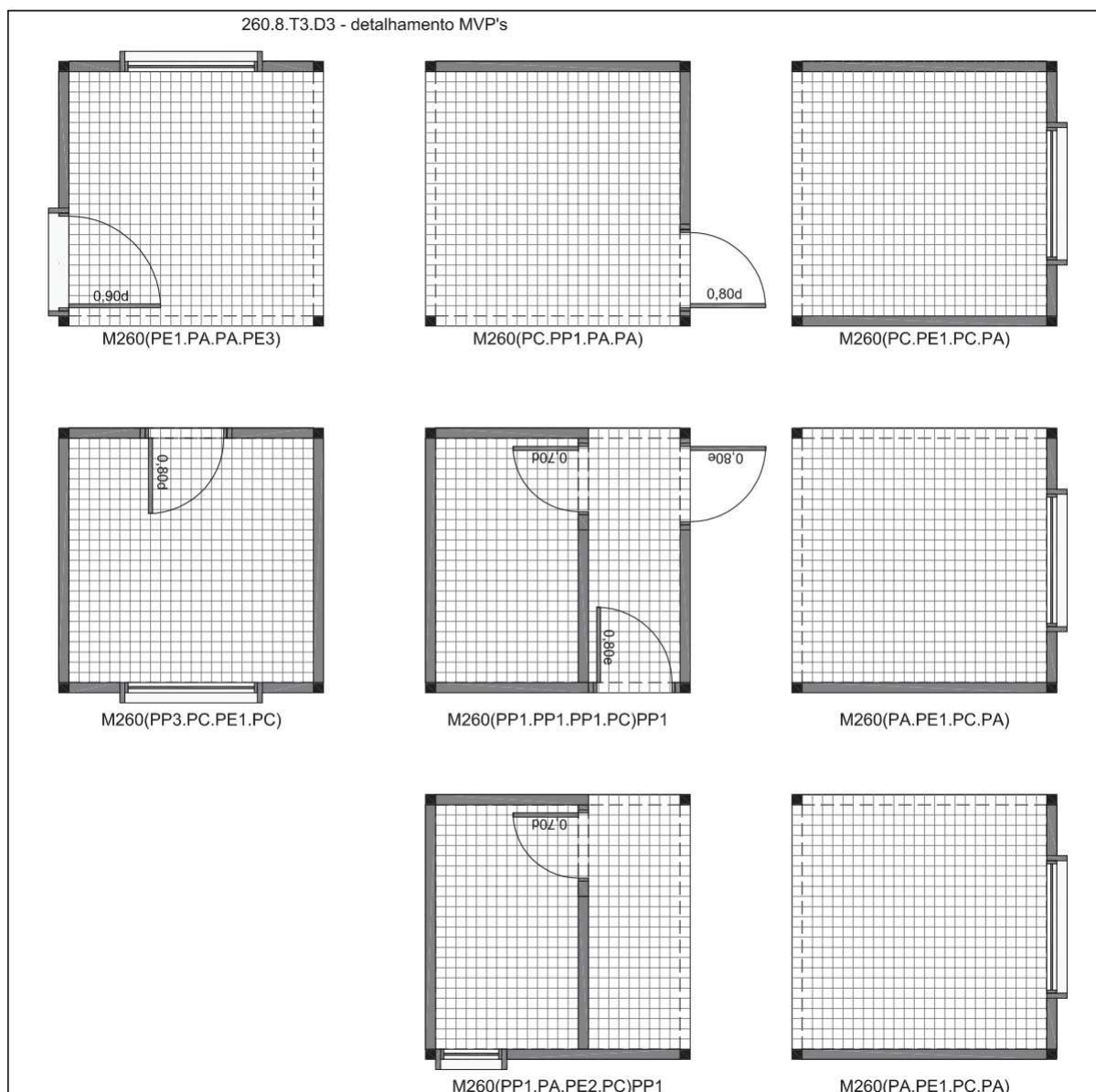
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 84 – Especificação MVP's – 260.8.T3.D2



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 85 – Especificação MVP's – 260.8.T3.D3

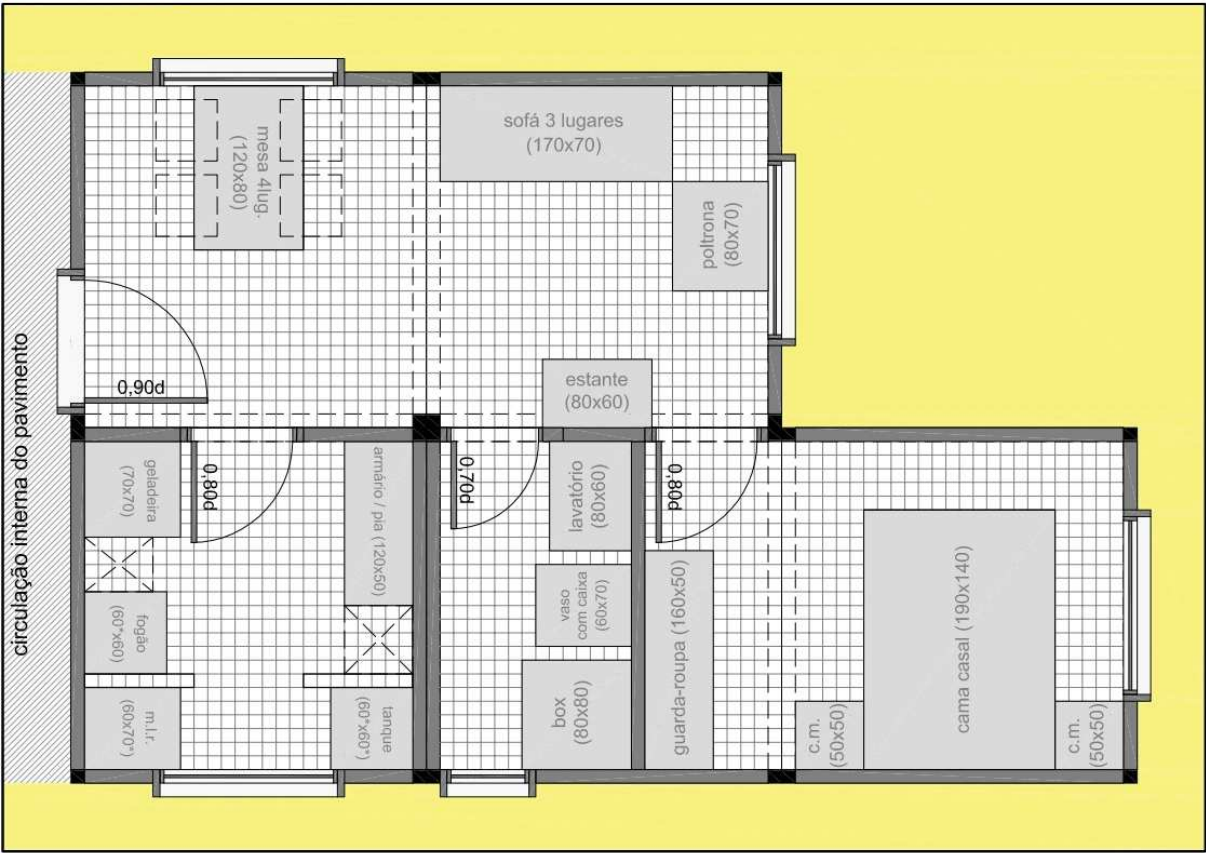


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 86, a versão com MVP260 e um dormitório cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho.

Figura 86 – MVP260 – 1 dormitório – 3 testadas livres

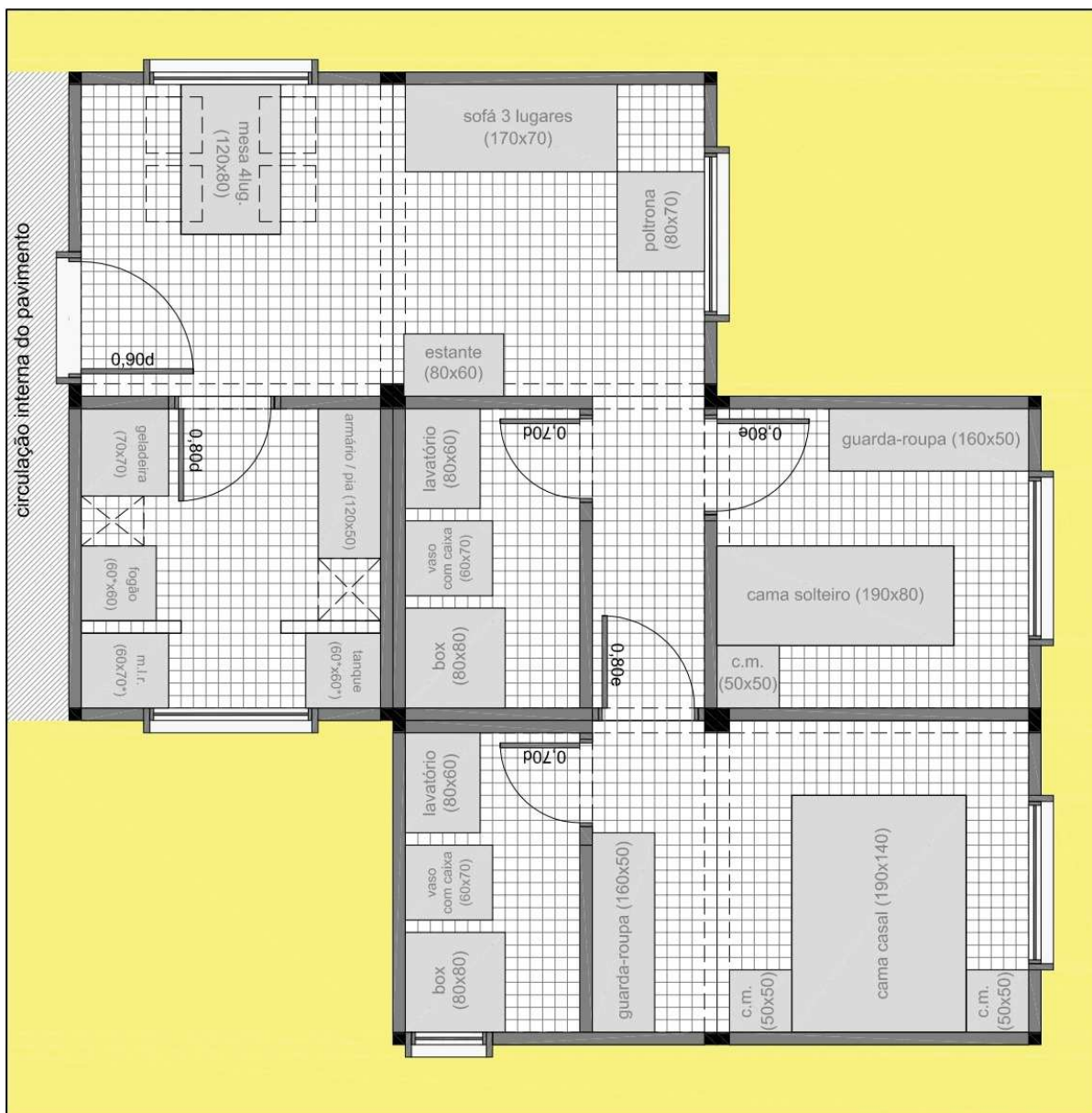
260.8.T3.D1



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 87 – MVP260 – 2 dormitórios – 3 testadas livres

260.8.T3.D2

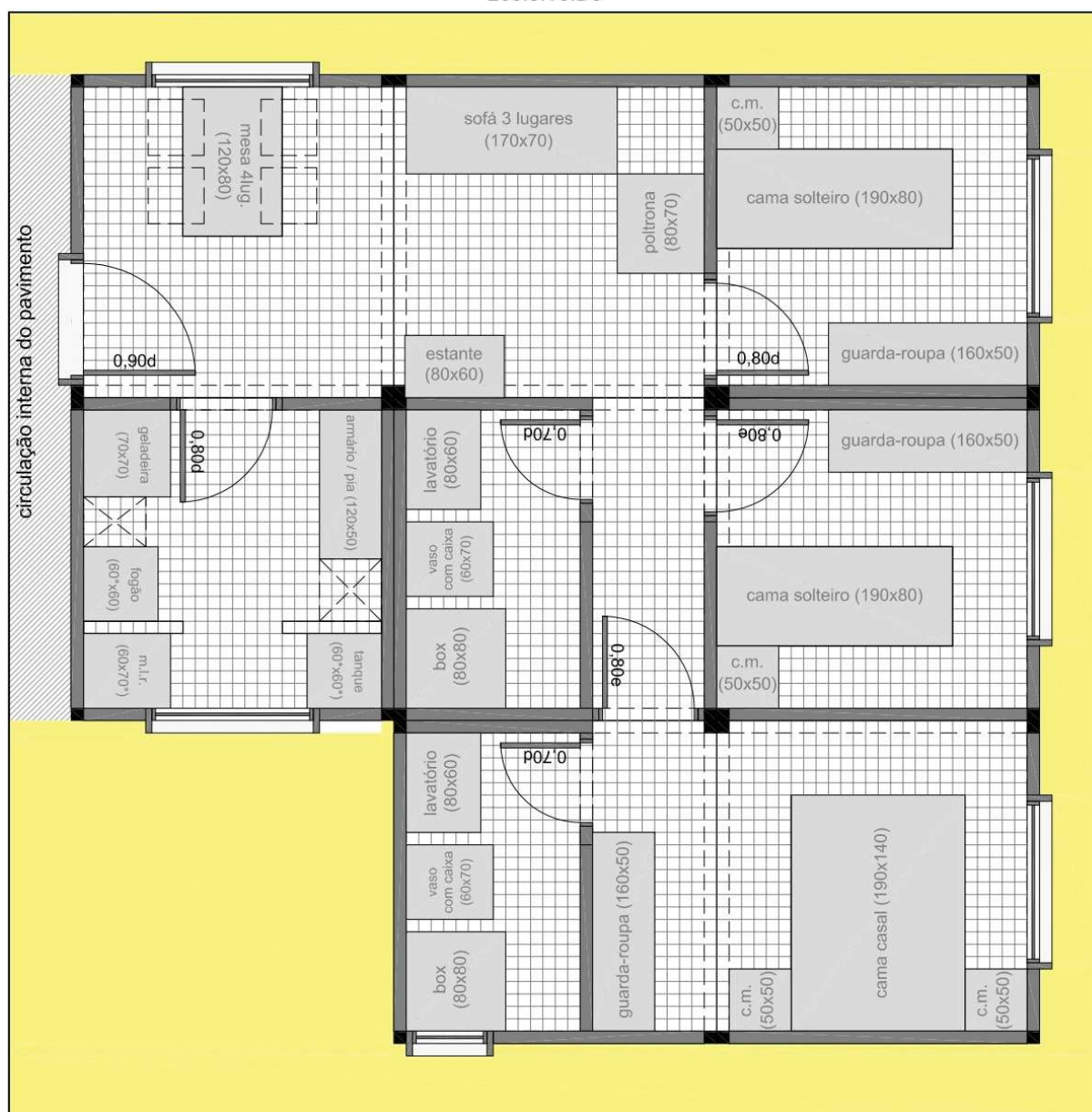


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 87, a versão com MVP260 e 2 dormitórios (1 suíte) não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório. Na Figura 88, a versão com MVP260 e 3 dormitórios (1 suíte) não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório e falta espaço para mais uma pessoa sentar na sala de estar.

Figura 88 – MVP260 – 3 dormitórios – 3 testadas livres

260.8.T3.D3

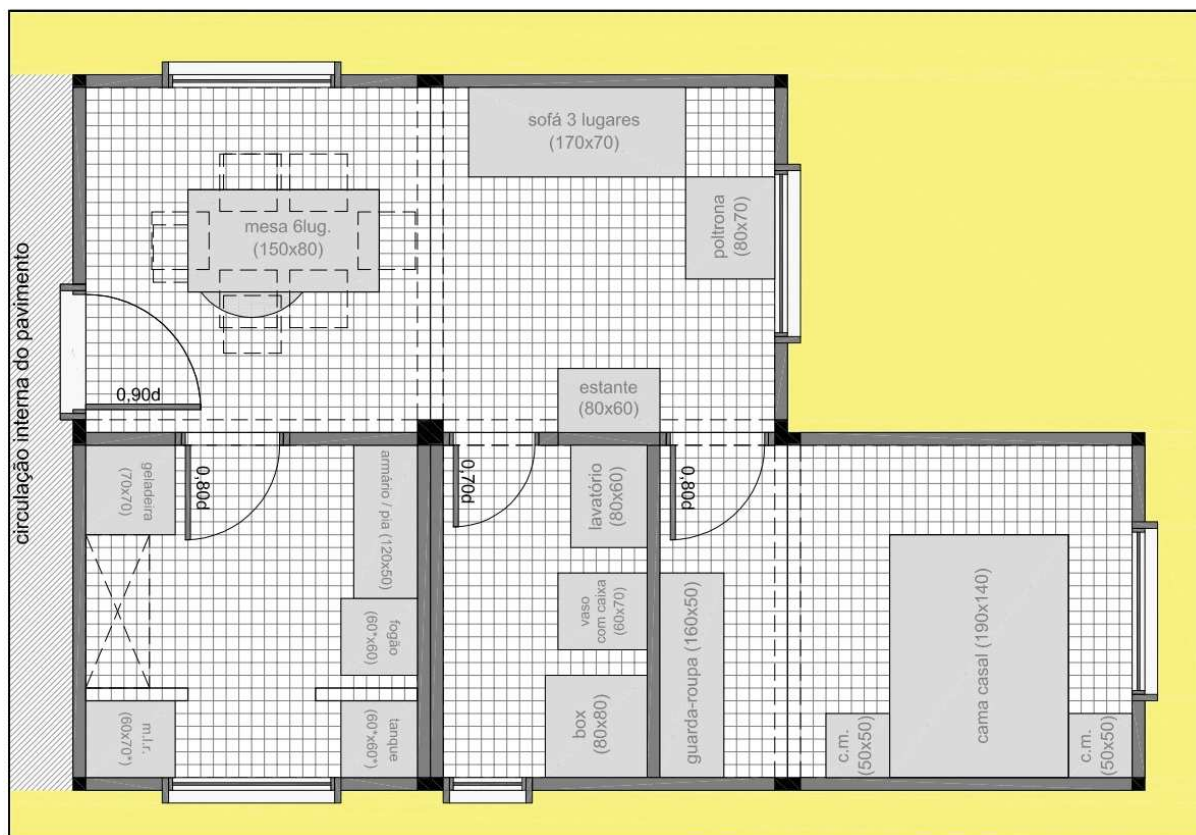


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 89, a versão com MVP280 e um dormitório cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido, e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir existência da circulação íntima ou ampliação do dormitório (ver item 4.6).

Figura 89 – MVP280 – 1 dormitório – 3 testadas livres

280.8.T3.D1

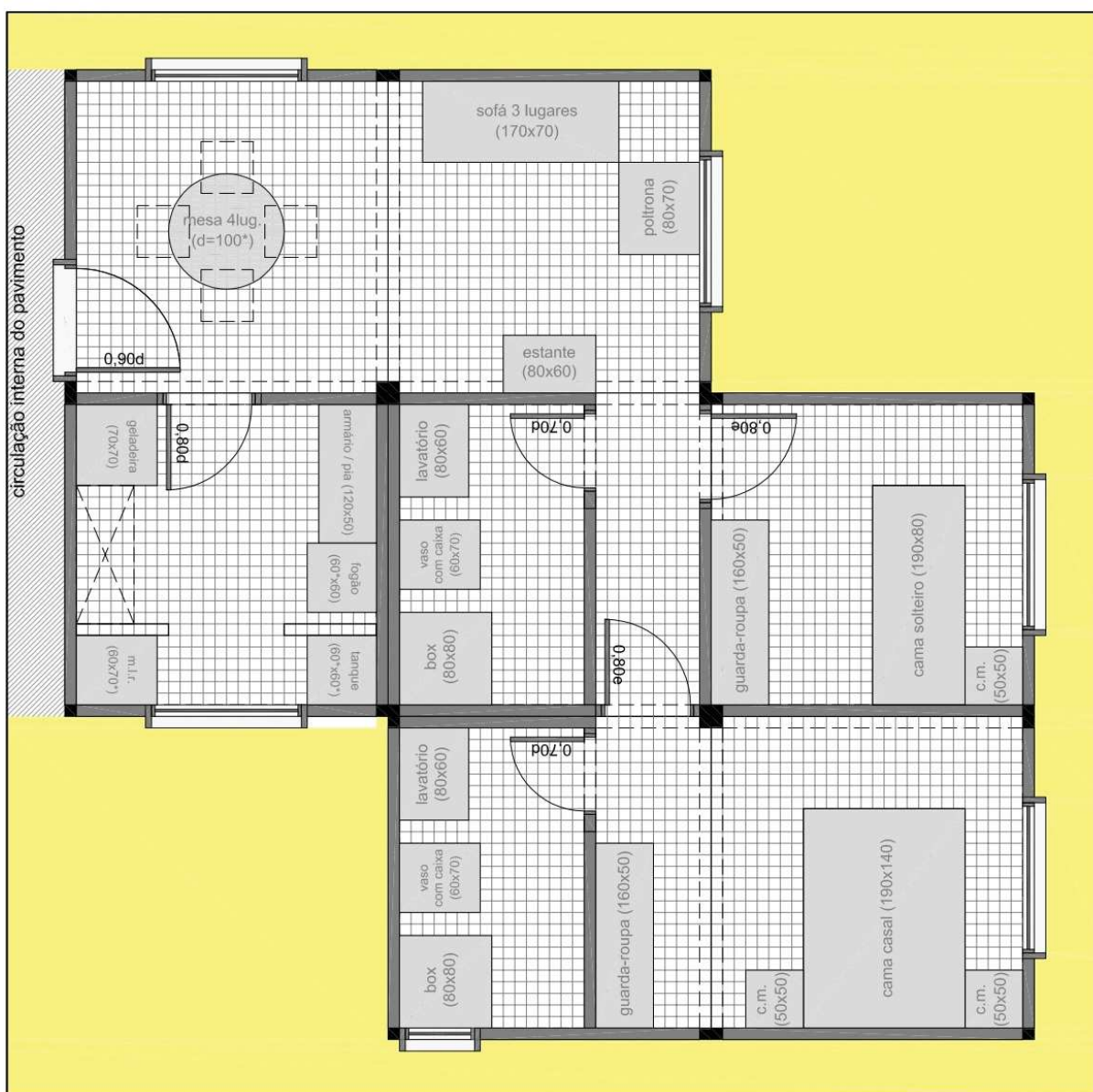


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 90, a versão com MVP280 e 2 dormitórios (1 suíte) não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido, e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir o aumento da circulação íntima e da suíte ou um novo espaço de trabalho (ver item 4.6).

Figura 90 – MVP280 – 2 dormitórios – 3 testadas livres

280.8.T3.D2

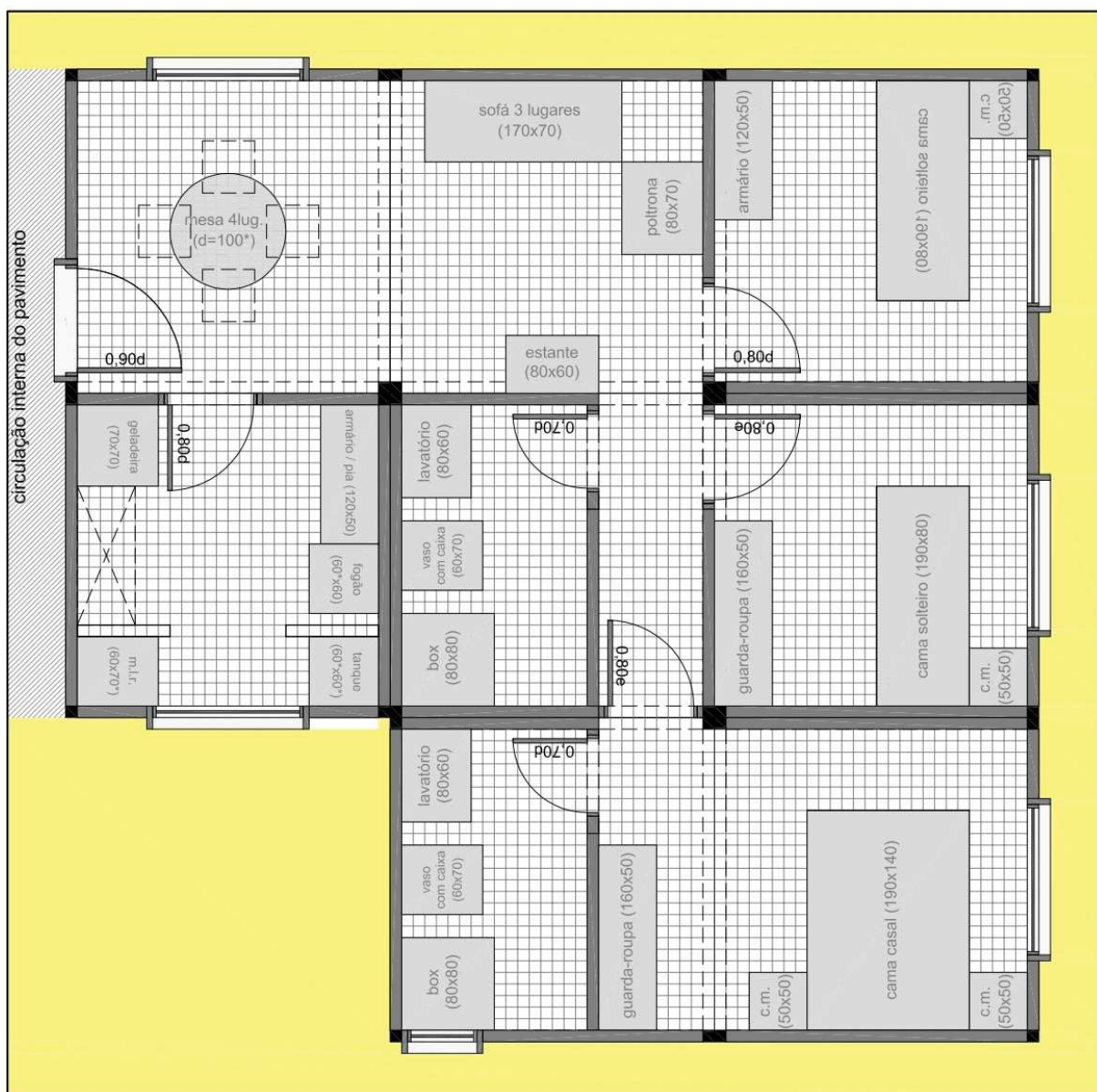


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 91, a versão com MVP280 e 3 dormitórios não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório, e falta espaço para mais uma pessoa sentar na sala de estar.

Figura 91 – MVP280 – 3 dormitórios – 3 testadas livres

280.8.T3.D3

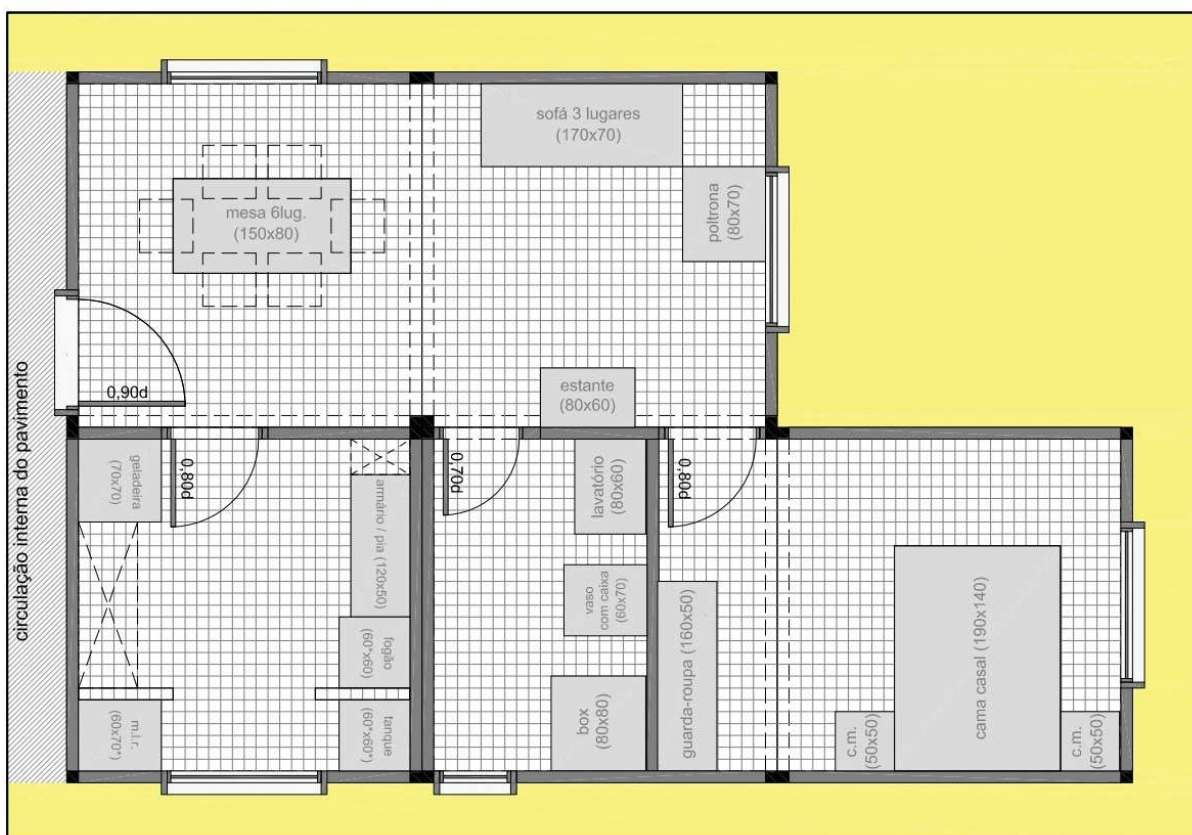


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 92, a versão com MVP300 e um dormitório cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido, e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir a existência da circulação íntima, ampliação do dormitório ou se adaptar à NBR 9050 (ver item 4.6).

Figura 92 – MVP300 – 1 dormitório – 3 testadas livres

300.8.T3.D1

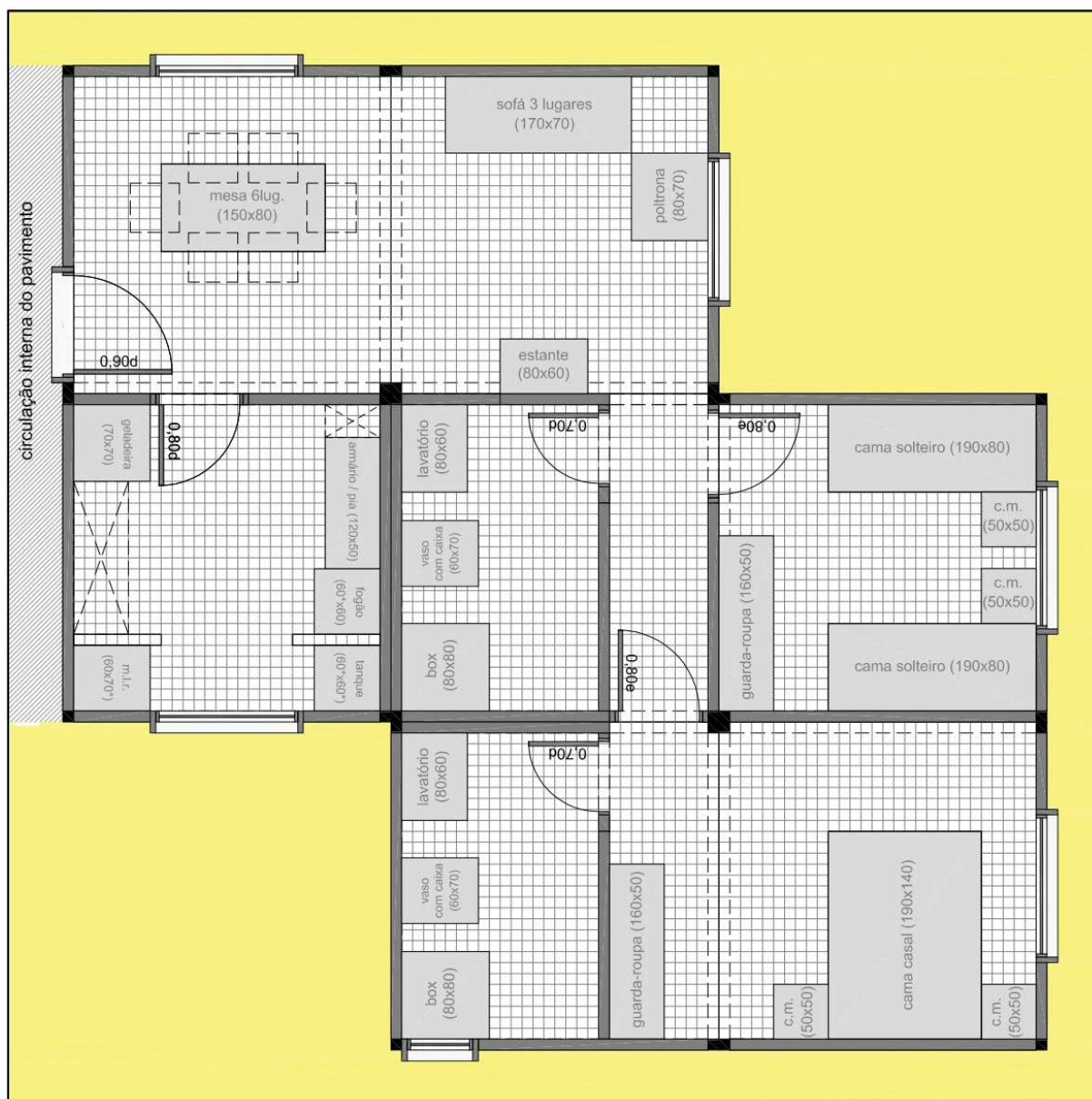


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 93, a versão com MVP300 e 2 dormitórios (1 suíte) cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido, e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir o aumento da circulação íntima e da suíte, compor um novo espaço de trabalho ou se adaptar à NBR 9050 (ver item 4.6).

Figura 93 – MVP300 – 2 dormitórios – 3 testadas livres

300.8.T3.D2

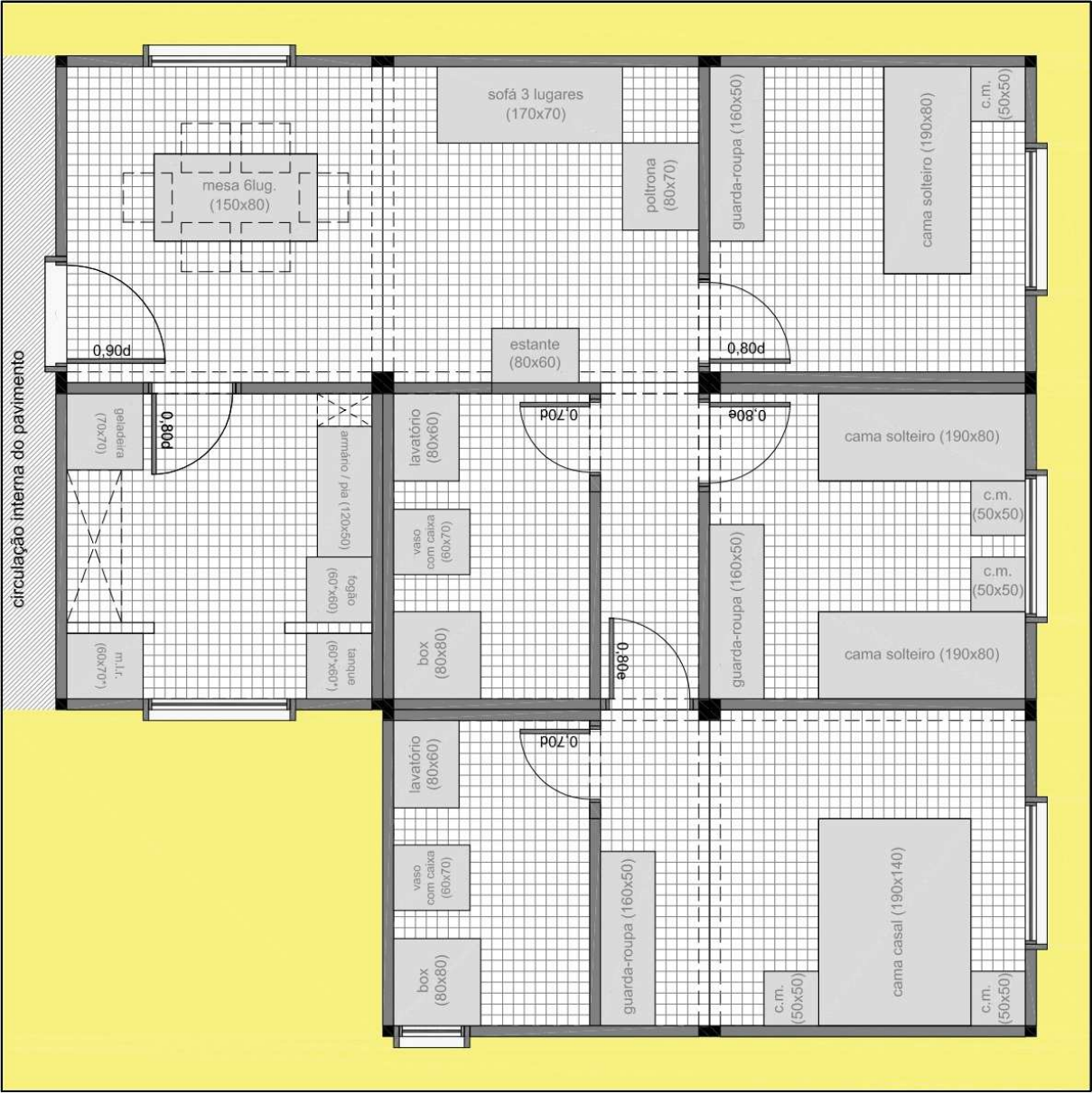


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 94, a versão com MVP300 e 3 dormitórios cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho, exceto o número de lugares mínimos na sala de estar.

Figura 94 – MVP300 – 3 dormitórios – 3 testadas livres

300.8.T3.D3

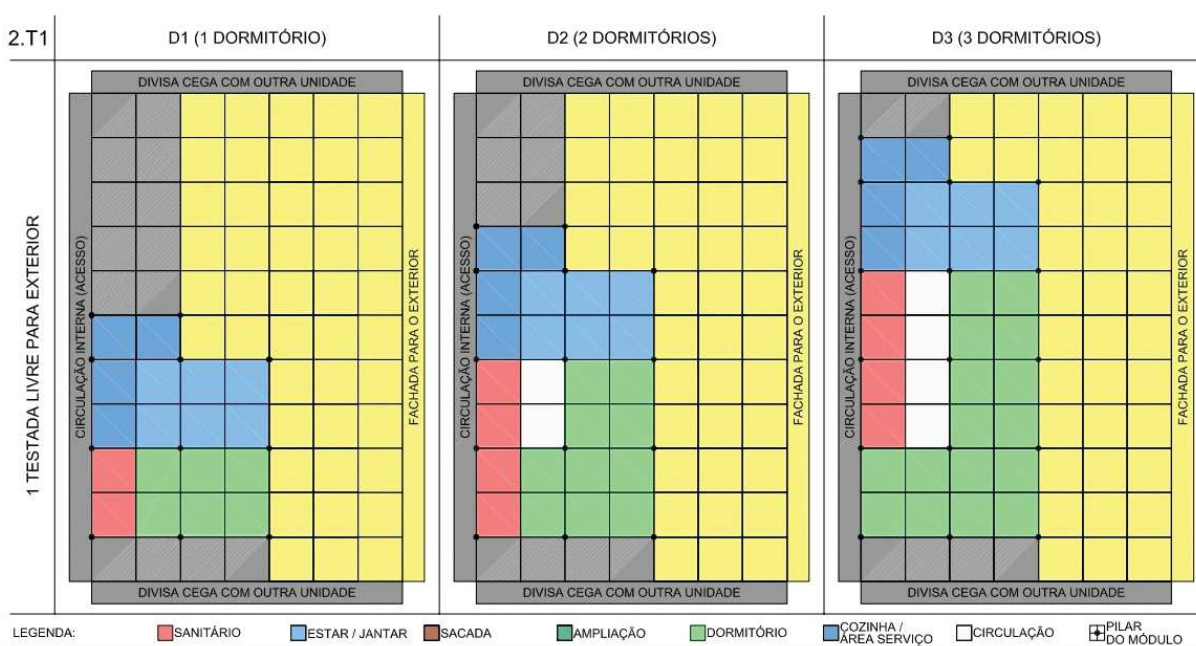


Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.4.4 Opção 4 – Matriz 2.T1

A Matriz 2.T1 é um leiaute com apenas uma testada livre para o exterior, com salas de estar, jantar, cozinha e área de serviço integradas. As áreas de utilização necessárias exigem que o espaço de cozinha seja integrado ao ambiente de jantar em qualquer uma das dimensões testadas. Na Figura 95, tem-se a reprodução dessa Matriz, já apresentada anteriormente, para facilitar o entendimento.

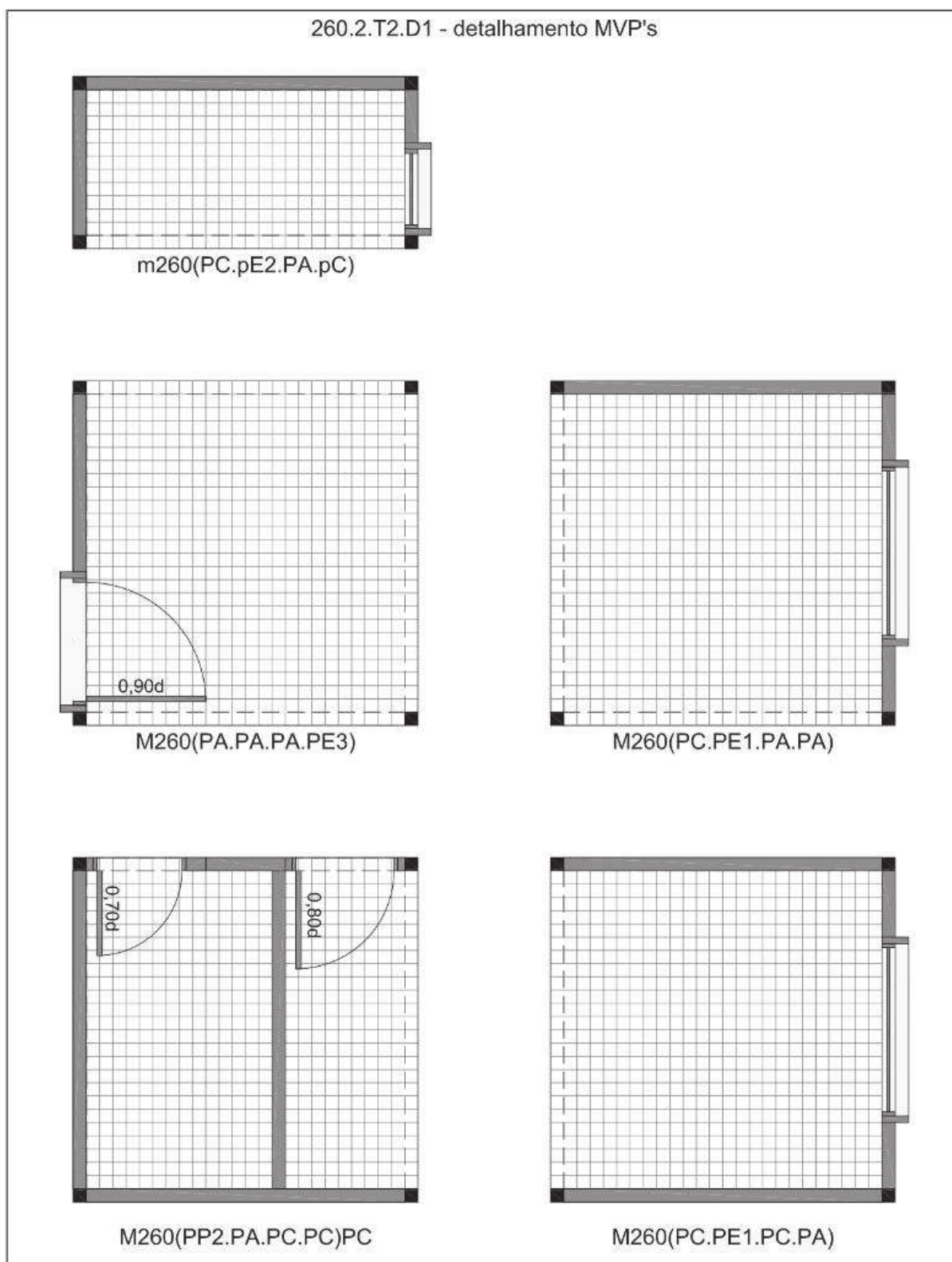
Figura 95 – Matriz 2.T1



Fonte: Desenvolvido pelo autor

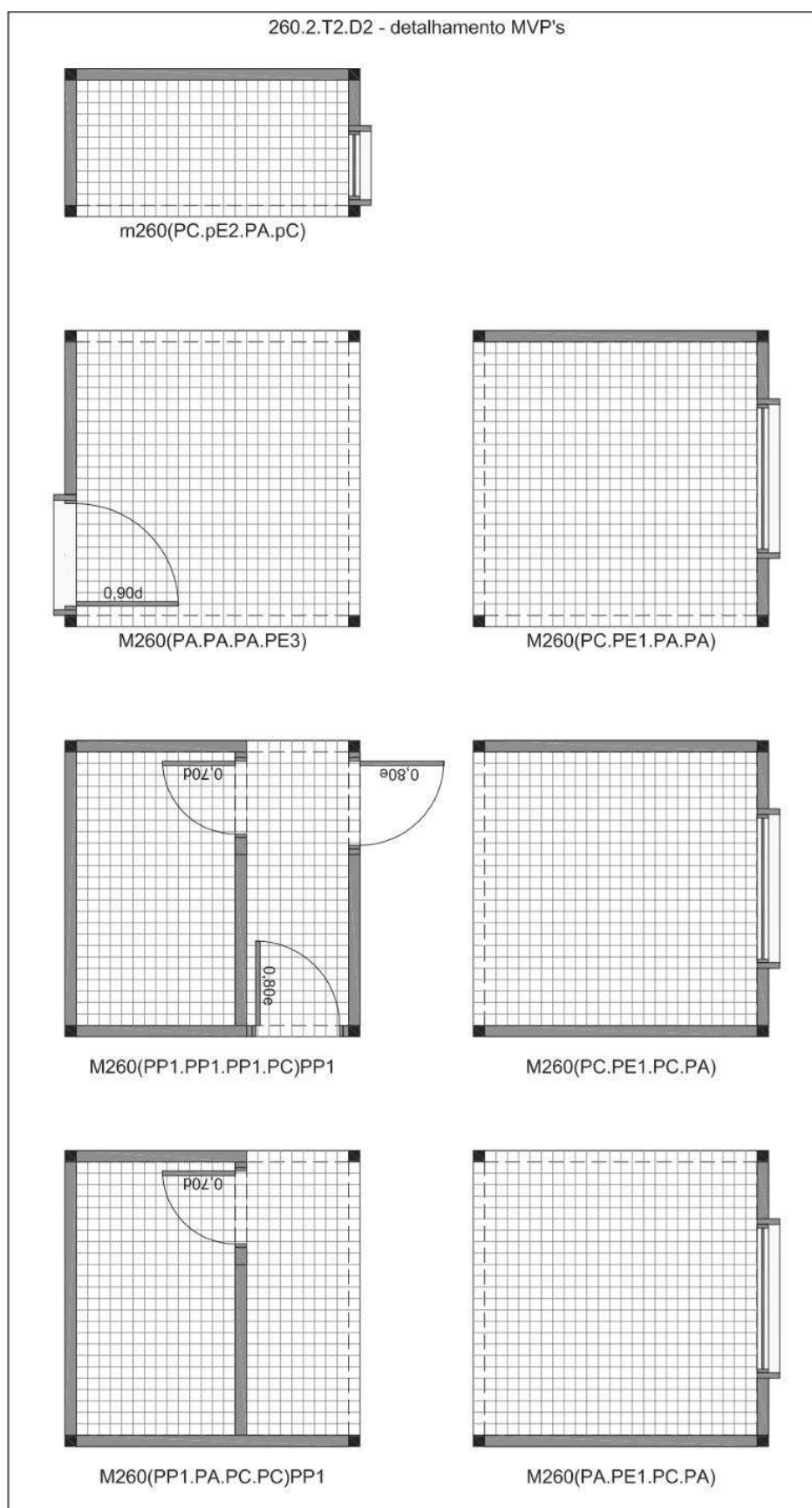
Nas Figuras 96 a 98, a seguir, observa-se a especificação individual de cada MVP - completo que compõe os leiautes da Matriz 2.T1, sendo de 1 dormitório (D1), 2 dormitórios (D2) e 3 dormitórios (D3) respectivamente. Essa especificação foi realizada apenas na versão MVP260, pois, devido a não possuir lançamento de mobiliário e as composições serem feitas exatamente iguais para as três medidas de MVP, o detalhamento de todas as opções seria idêntico, mudando apenas o nome do MVP. Da Figura 86 à Figura 94, apresenta-se os leiautes mobiliados contemplando todas as medidas de MVP estudadas.

Figura 96 Especificação MVP's – 260.2.T1.D1



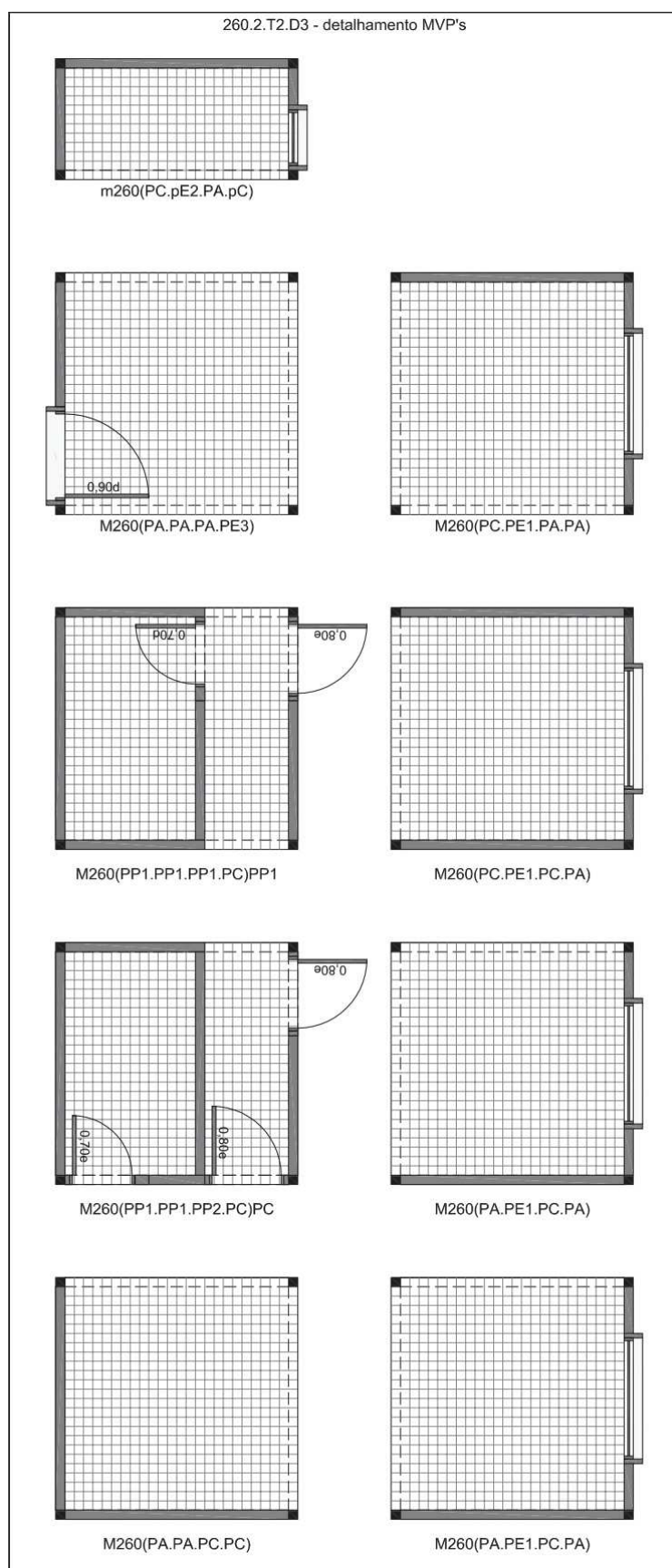
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 97 – Especificação MVP's – 260.1.T1.D2



Fonte: Desenvolvido pelo autor

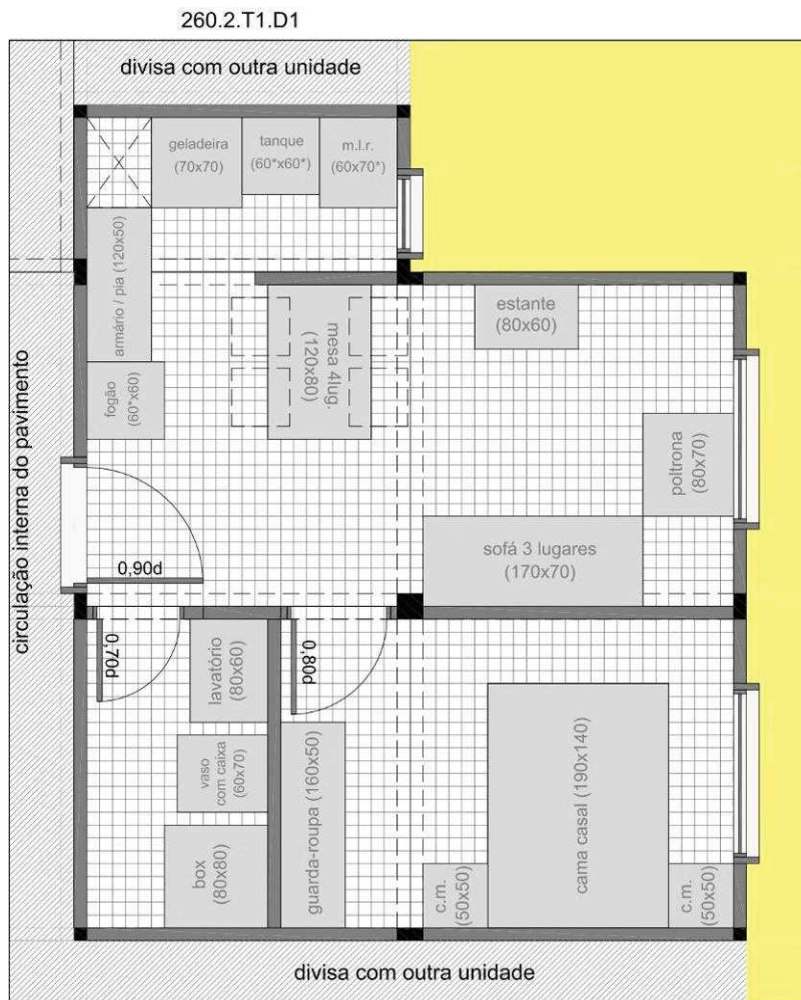
Figura 98 – Especificação MVP's – 260.1.T1.D3



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 99, a versão com MVP260 e um dormitório cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho.

Figura 99 – MVP260 – 1 dormitório – 1 testada livre

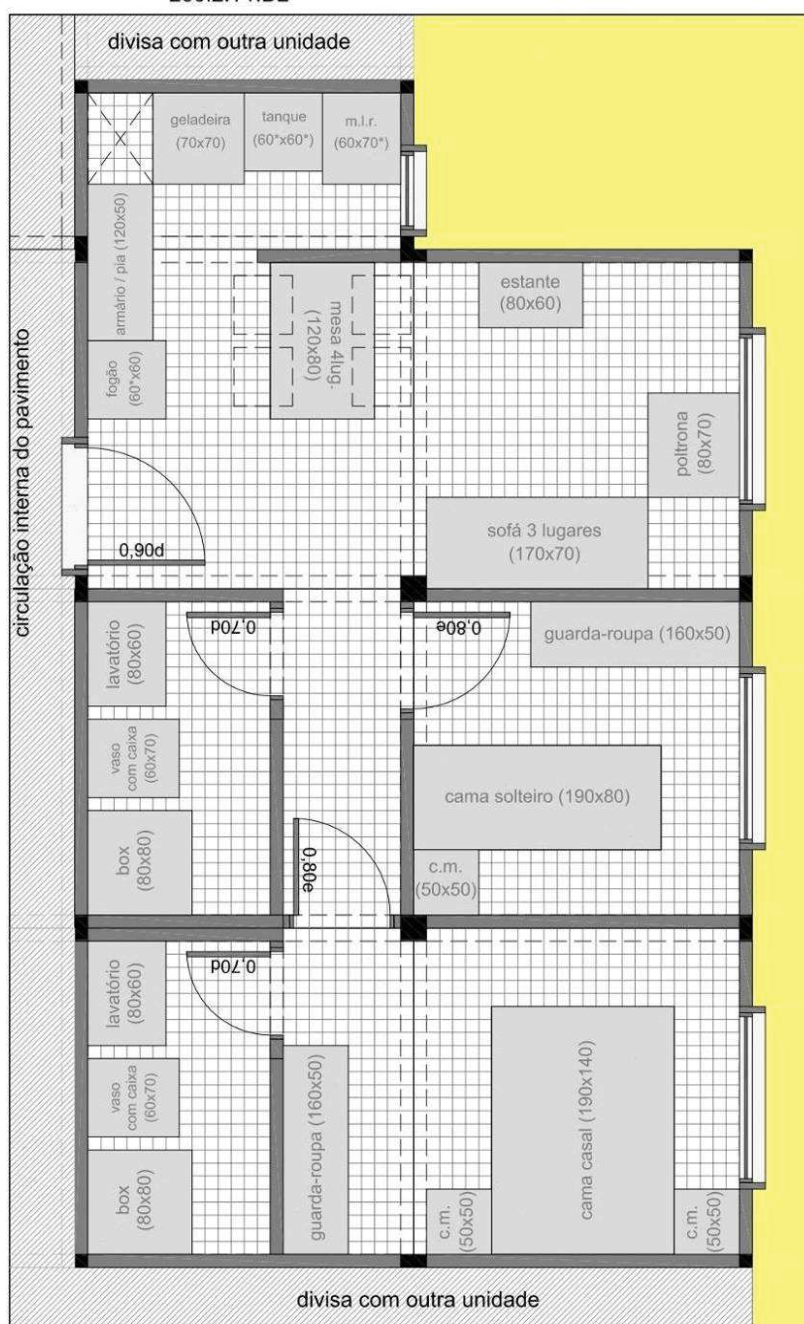


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 100, a versão com MVP260 com 2 dormitórios (1 suíte) não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório.

Figura 100 – MVP260 – 2 dormitórios – 1 testada livre

260.2.T1.D2

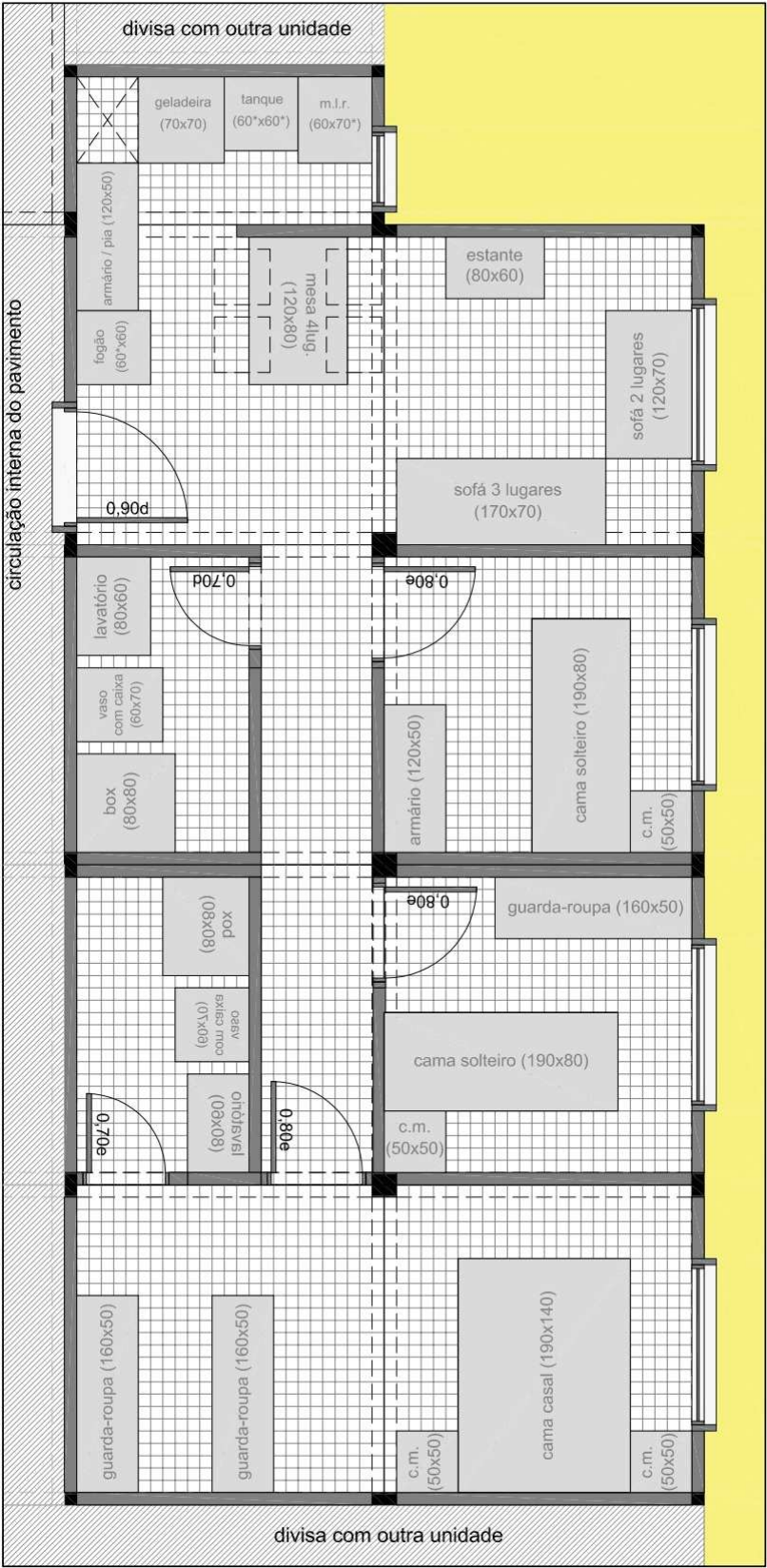


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 101, a versão com MVP260 e 3 dormitórios (1 suíte) também não se cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório, além de faltar um lugar na sala de estar ou mesa de jantar no caso de colocação de 5 camas.

Figura 101 – MVP260 – 3 dormitórios – 1 testada livre

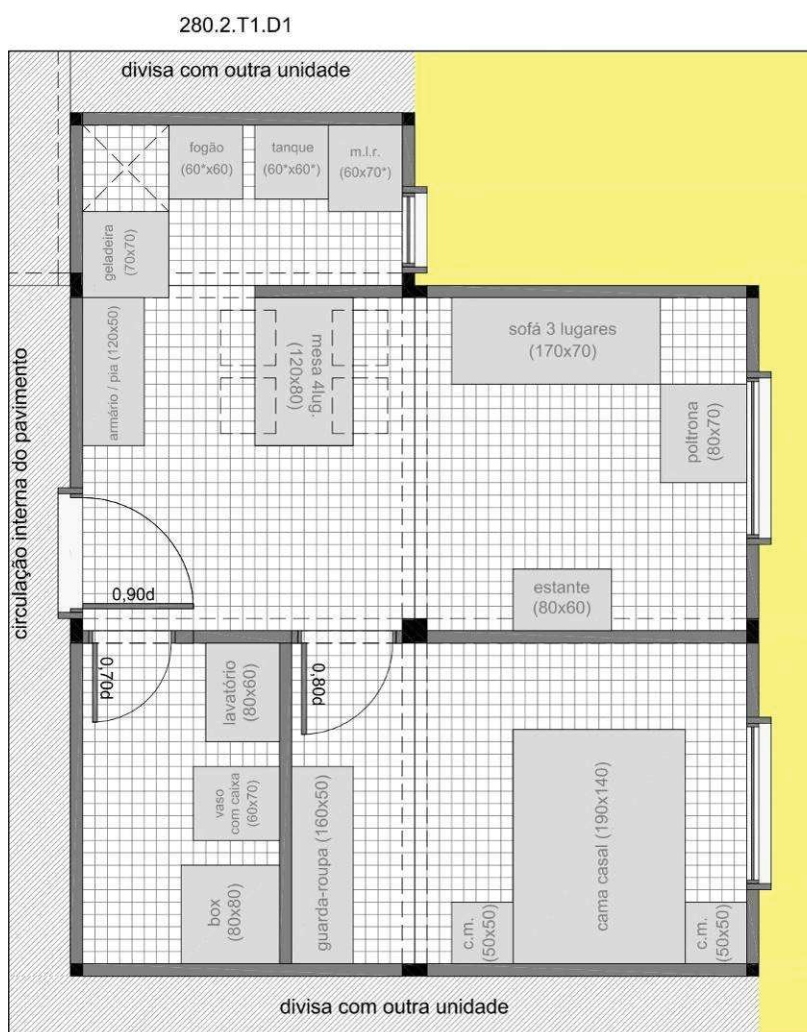
260.2.T1.D3



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 102, a versão com MVP280 e um dormitório cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização começam a exceder o mínimo exigido, e o sanitário já poderia adquirir outro formato e permitir a circulação íntima ou o aumento do dormitório (ver item 4.6).

Figura 102 – MVP280 – 1 dormitório – 1 testada livre

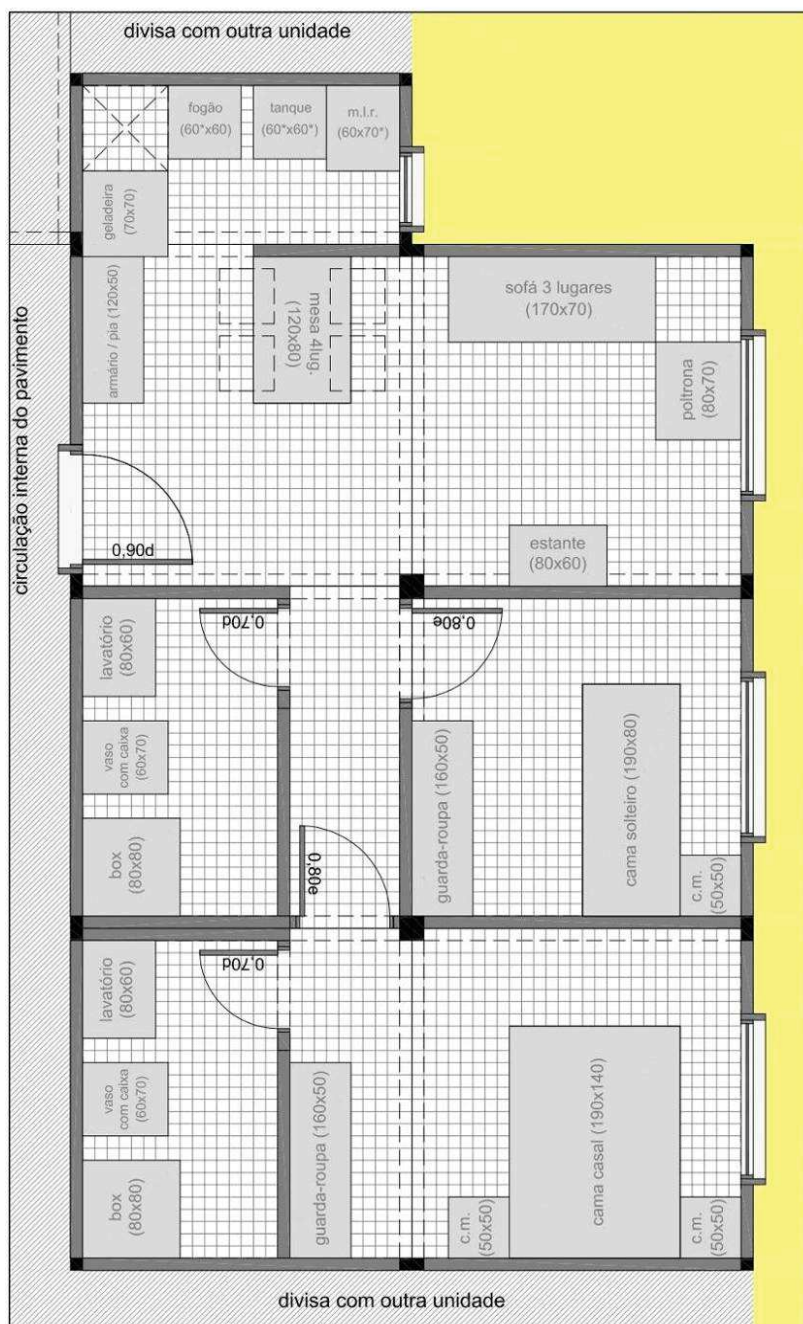


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 103, a versão com MVP280 e 2 dormitórios (1 suíte) não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido, e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir o aumento da circulação íntima e da suíte, ou mesmo um novo espaço de trabalho (ver item 4.6).

Figura 103 – MVP280 – 2 dormitórios – 1 testada livre

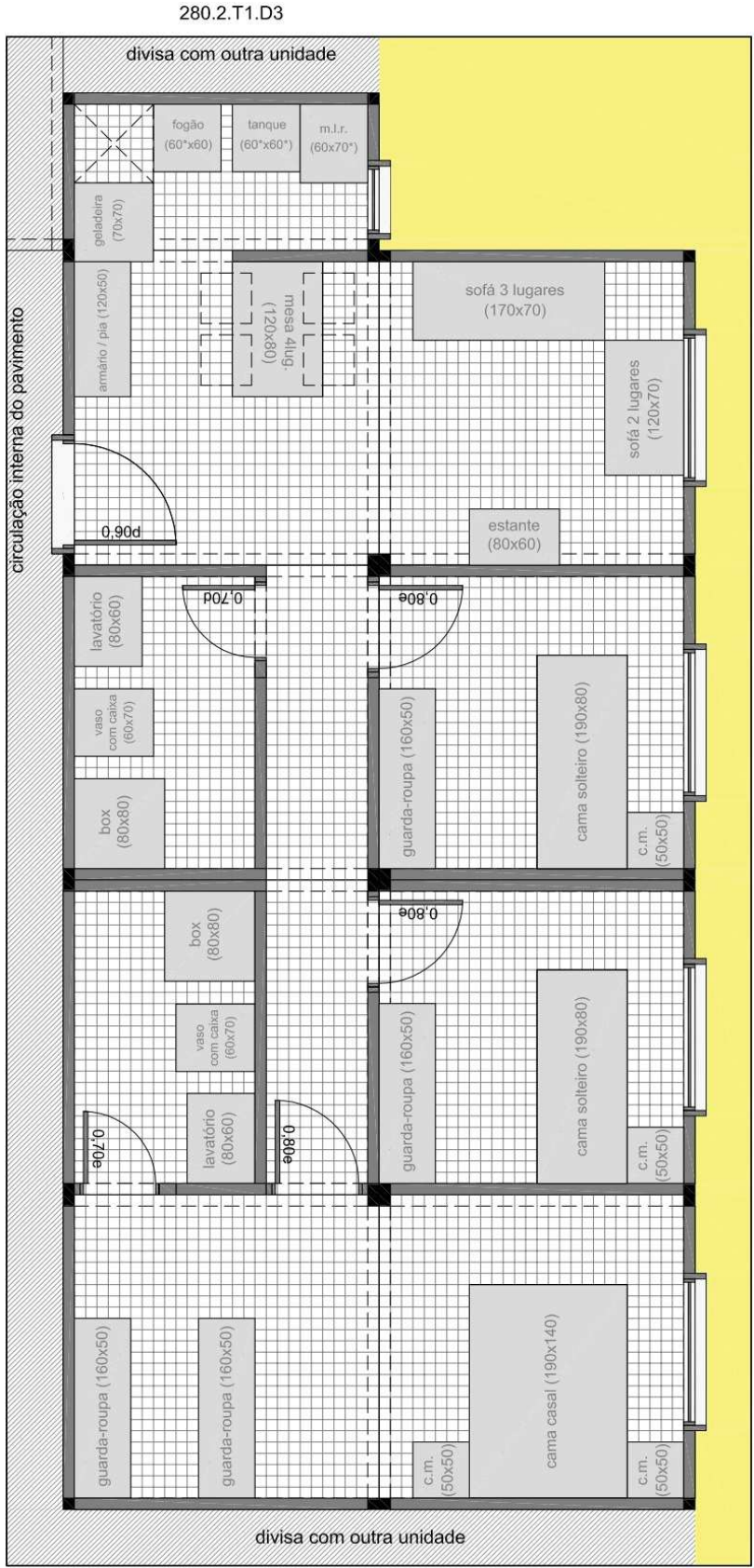
280.2.T1.D2



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 104, a versão com MVP280 e 3 dormitórios (1 suíte) também não cumpre a exigência de 2 camas de solteiro no segundo dormitório, além de faltar um lugar na sala de estar ou mesa de jantar no caso de colocação de 5 camas. Sobra área na suíte e nos sanitários, que também poderiam receber alternativas de configuração (ver item 4.6).

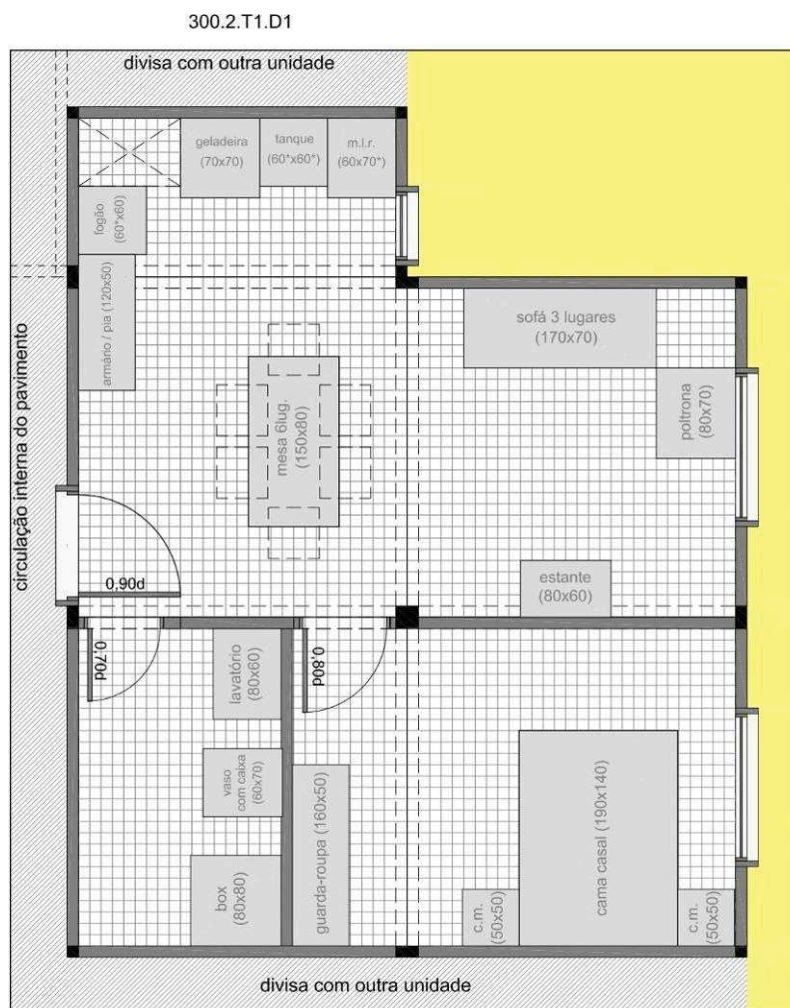
Figura 104 – MVP280 – 3 dormitórios – 1 testada livre



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 105, a versão com MVP300 de um dormitório cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização começam a exceder o mínimo exigido, e o sanitário já poderia adquirir outro formato e permitir a circulação íntima, o aumento do dormitório ou ser adaptado à NBR 9050 (ver item 4.6).

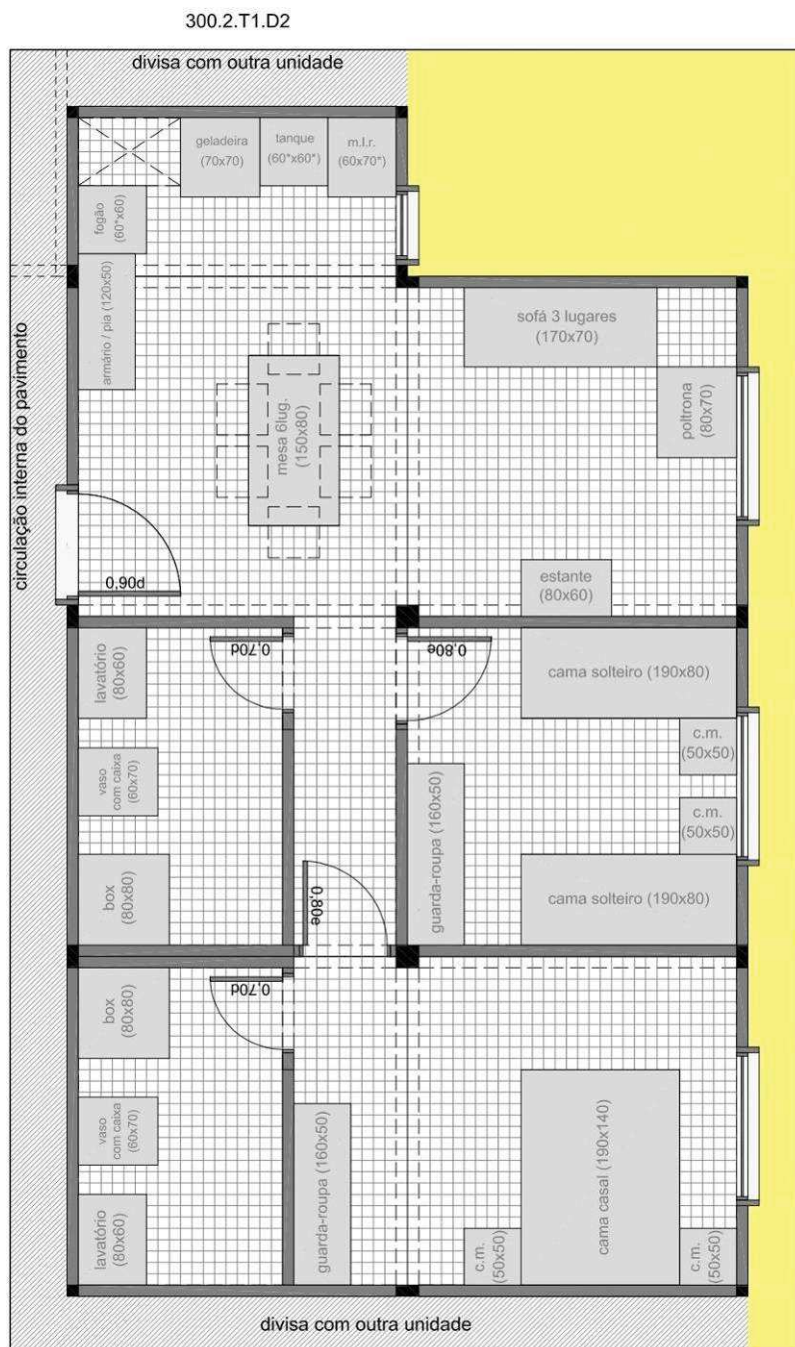
Figura 105 – MVP300 – 1 dormitório – 1 testada livre



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 106, a versão com MVP300 de 2 dormitórios (1 suíte) cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido, e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir o aumento da circulação íntima e da suíte, um novo espaço de trabalho ou serem adaptados à NBR 9050 (ver item 4.6).

Figura 106 – MVP300 – 2 dormitórios – 1 testada livre

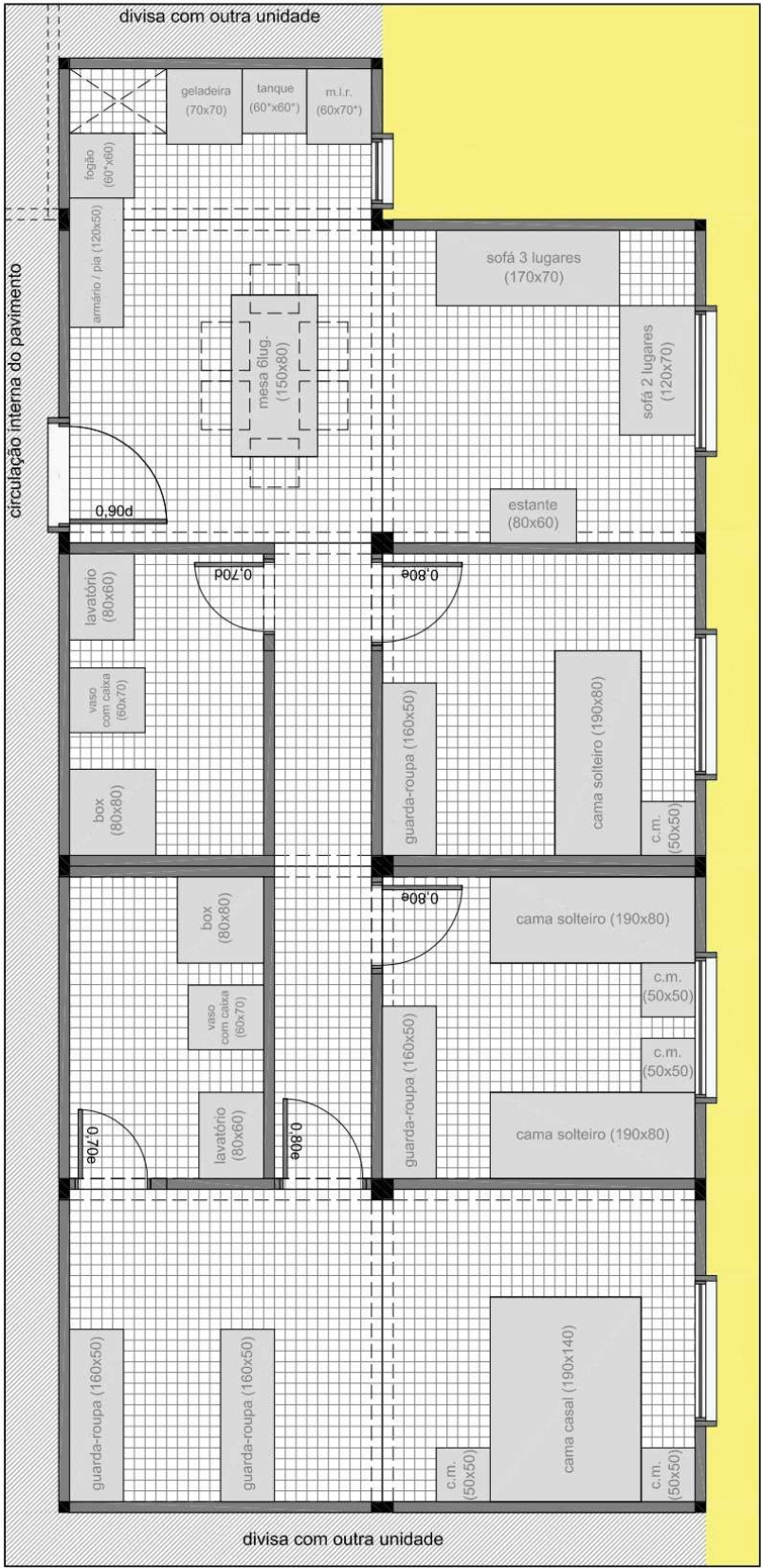


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 107, a versão com MVP300 de 3 dormitórios (1 suíte) cumpre todas as exigências funcionais da Norma de Desempenho. Algumas áreas de utilização excedem o mínimo exigido, e os sanitários já poderiam adquirir outro formato e permitir o aumento da circulação íntima e da suíte, um novo espaço de trabalho ou serem adaptados à NBR 9050 (ver item 4.6).

Figura 107 – MVP300 – 3 dormitórios – 1 testada livre

300.2.T1.D3



Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.5 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

Através de três planilhas, tem-se uma avaliação objetiva dos MVPs e dos leiautes detalhados, indicando se estão adequados aos critérios objetivos de análise, referentes às Normas de Desempenho e à Coordenação Modular. A Figura 108 apresenta um quadro de resumo das informações dimensionais dos módulos estudados. Pode-se observar que a proporção de área em relação ao perímetro aumenta proporcionalmente ao aumento da dimensão do módulo. Com isso, se conclui que quanto maior o módulo, maior a relação entre a sua área interna e o perímetro construído. Essa é uma conclusão parcial relevante, mas que não indica necessária vantagem, pois investiga-se a adequação específica a um leiaute residencial, onde áreas ociosas representam custos desnecessários.

Figura 108 – Dados dos Módulos Volumétricos Pré-fabricados

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS DOS MÓDULOS VOLUMÉTRICOS PRÉ-FABRICADOS (MVP)											
	X EXT.	X INT.	Y EXT.	Y INT.	Z EXT.	Z INT.	ÁREA TOTAL	ÁREA INT.	PERIMETRO	ÁREA / PERIMETRO	ÁREA UTIL/ PERIMETRO
	m	m	m	m	m	m	m ²	m ²	m	m ²	m ²
M260	2,60	2,40	2,60	2,40	2,60	2,40	6,76	5,76	10,40	0,65	0,55
m260	2,60	2,40	1,30	1,10	2,60	2,40	3,38	2,64	7,80	0,43	0,34
M280	2,80	2,60	2,80	2,60	2,80	2,60	7,84	6,76	11,20	0,70	0,60
m280	2,80	2,60	1,40	1,20	2,80	2,60	3,92	3,12	8,40	0,47	0,37
M300	3,00	2,80	3,00	2,80	3,00	2,80	9,00	7,84	12,00	0,75	0,65
m300	3,00	2,80	1,50	1,30	3,00	2,80	4,50	3,64	9,00	0,50	0,40

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na segunda planilha (Fig. 109), os leiautes detalhados no capítulo 4.4 são avaliados conforme seis critérios da Norma de Desempenho, podendo atingir quatro resultados: cumpre totalmente (4), cumpre parcialmente (3), descumpre parcialmente (2) ou descumpre totalmente (1). A média dessas notas para cada um dos leiautes executados com o módulo avaliado fornece um subsídio objetivo de avaliação dos artefatos. “Cumpre parcialmente” indica que existe apenas uma exceção ou adaptação no leiaute analisado. Acima disso, utiliza-se “descumpre parcialmente”. Os valores arbitrados para os itens tem por objetivo permitir a comparação dos artefatos. Importante lembrar que os critérios de pé-direito mínimo constante na Norma de Desempenho e composição, a partir de medidas múltiplas

do decímetro, presente na Norma de Coordenação Modular, já foram objeto de avaliação eliminatória na etapa de definição dos MVPs, no item 4.1. Os critérios avaliados na tabela da Figura 109 são:

- 1) N1.: largura mínima útil de 2,4m para estar, jantar e dormitórios;
- 2) N2.: largura mínima útil de 1,5m para cozinha;
- 3) N3.: lançamento de todos os mobiliários e equipamentos mínimos citados na Norma e detalhados nos itens 2.1.3 e 4.4;
- 4) N4.: lançamento de todos os espaços de utilização dos mobiliários e equipamentos mínimos citados na Norma e detalhados no item 2.1.3;
- 5) N5.: ausência de áreas subutilizadas, considerando 100% de aumento em relação às áreas mínimas exigidas pela Norma;
- 6) N6.: possibilidade de variação na composição dos leiautes, inclusive com chance de adequação à NBR 9050, Norma de Acessibilidade.

Os itens N5 e N6 representam características específicas que podem orientar a utilização dos MVP's com determinada característica dimensional em projetos com demandas semelhantes. Uma alta pontuação no item N5, por exemplo, mostra um leiaute mais enxuto, indicado para projetos com mais restrições econômicas, enquanto um leiaute com pontuação melhor no item N6 representa uma possibilidade de mais flexibilidade.

Analisando os resultados, conclui-se que qualquer uma das dimensões de MVP estudados está apta à execução de leiautes residenciais, com peculiaridades específicas, já que não existe nenhum resultado de média abaixo de 3. A nota 3 indica “cumpre parcialmente”, com até uma desconformidade. Essas desconformidades não são graves e, no próximo item, analisa-se, em alguns cômodos específicos, como superá-las. No final da planilha, apresenta-se um resumo da pontuação para cada dimensão de MVP, onde verifica-se que o MVP260 é mais adequado para os leiautes mais econômicos, já que pontua acima dos demais em N5, indicando pouco desperdício de área. Por outro lado, a pontuação inferior em N6 mostra que esse leiaute não tem muita flexibilidade nos usos propostos dos cômodos, e em alguns casos, a medida interna de 2,40m é limitadora.

O MVP300, que tem a melhor relação de aproveitamento de área em relação a fechamentos (Fig. 109), foi o que obteve a melhor média de acordo com o levantamento. Muito se deve ao fato de conseguir acomodar um leiaute com duas camas de solteiro em um dormitório de um módulo, exigência da Norma de

Desempenho para o segundo dormitório. A maior vantagem está na possibilidade de alteração dos sanitários para um formato quadrado ou mesmo adequação de alguns ambientes para permitir acessibilidade universal. Porém é o MVP que mais apresenta desperdícios de área de circulação e uso.

Figura 109 – Tabela Comparativa

DESCRIÇÃO						CUMPRIMENTO Nbr15575-1							
MATRIZ	D	M	m	MVP	ÁREA TOTAL	N1	N2	N3	N4	N5	N6	SOMA	MEDIA
1.T1	D1	4	2	260	33,80	4	3	4	4	4	1	20	3,333
				280	39,20	4	3	4	4	3	2	20	3,333
				300	45,00	4	3	4	4	1	3	19	3,167
	D2	6	2	260	47,32	4	3	3	4	4	1	19	3,167
				280	54,88	4	3	3	4	3	2	19	3,167
				300	63,00	4	3	4	4	2	3	20	3,333
	D3	8	2	260	60,84	4	3	3	3	4	1	18	3
				280	70,56	4	3	3	4	3	2	19	3,167
				300	81,00	4	3	4	4	2	3	20	3,333
2.T1	D1	4	1	260	30,42	4	3	4	4	4	1	20	3,333
				280	35,28	4	3	4	4	3	2	20	3,333
				300	40,50	4	3	4	4	2	3	20	3,333
	D2	6	1	260	43,94	4	3	3	4	4	1	19	3,167
				280	50,96	4	3	3	4	3	2	19	3,167
				300	58,50	4	3	4	4	2	3	20	3,333
	D3	8	1	260	57,46	4	3	3	4	3	1	18	3
				280	66,64	4	3	3	4	3	3	20	3,333
				300	76,50	4	3	4	4	2	3	20	3,333
7.T2	D1	4	2	260	33,80	4	3	4	4	4	1	20	3,333
				280	39,20	4	3	4	4	3	2	20	3,333
				300	45,00	4	3	4	4	1	3	19	3,167
	D2	6	2	260	47,32	4	3	3	4	4	1	19	3,167
				280	54,88	4	3	3	4	3	2	19	3,167
				300	63,00	4	3	4	4	2	3	20	3,333
	D3	8	2	260	60,84	4	3	4	4	3	1	19	3,167
				280	70,56	4	3	4	4	2	2	19	3,167
				300	81,00	4	3	4	4	2	2	19	3,167
8.T3	D1	5		260	33,80	4	4	4	4	4	1	21	3,5
				280	39,20	4	4	4	4	3	2	21	3,5
				300	45,00	4	4	4	4	2	3	21	3,5
	D2	7		260	47,32	4	4	3	4	4	1	20	3,333
				280	54,88	4	4	3	4	3	2	20	3,333
				300	63,00	4	4	4	4	2	3	21	3,5
	D3	8		260	54,08	4	4	2	4	4	1	19	3,167
				280	62,72	4	4	2	4	3	2	19	3,167
				300	72,00	4	4	3	4	2	3	20	3,333
RESUMO POR MVP				260	550,94	48	39	40	47	46	12	232	3,222
					29%	21%	17%	17%	20%	20%	5%		
				280	638,96	48	39	40	48	35	25	235	3,264
					33%	20%	17%	17%	20%	15%	11%		
				300	733,50	48	39	47	48	22	35	239	3,319
38%	20%	16%	20%		20%	9%	15%						

Fonte: Desenvolvido pelo autor

O MVP280 fica no meio do caminho entre as características de qualidades e defeitos dos módulos maior e menor. O MVP300 permite uma flexibilidade importante no leiaute dos sanitários, o que poderia produzir muitas alterações nos leiautes propostos.

No final da tabela, também podemos observar um somatório das áreas das unidades analisadas, que está presente de forma individual na primeira planilha. Através desses dados, podemos identificar que a diferença de área entre os leiautes, assim como dos Módulos individualmente, está em torno de 16% entre um e outro, significando mais de 30% de acréscimo de área entre um leiaute executado com MVP260 e MVP300. Como os leiautes são rigorosamente iguais, em termos de composição e de associação dos módulos, essa diferença é considerável.

Essa comparação se baseia na lógica de custos da construção civil, que considera valores por metro quadrado para realizar as estimativas, custos esses que não se elevam na mesma proporção do aumento de área considerando leiautes idênticos. Como materialidade e custos não são objeto de estudo desta pesquisa, esse registro tem como objetivo demarcar essa como mais uma das diferenças importantes entre os módulos desenvolvidos.

Na última planilha (Fig. 110), temos uma tabela com todos os painéis e esquadrias utilizados em cada leiaute, com o resumo e percentual de utilização na parte de baixo. Esse elemento não tem como objetivo produzir uma avaliação comparativa, mas o de fornecer mais dados sobre o desenvolvimento do leiaute. Além dos 27 leiautes inicialmente propostos, desenvolveu-se mais uma Matriz, ou seja, mais 9 leiautes, chegando a 36. Nada nos indica que o detalhamento de todas as Matrizes lançadas no item 4.3 (ou de outras tantas possíveis) possa alterar substancialmente os dados objetivos produzidos e as análises baseadas neles, já que os resultados percentuais se alteraram pouco de uma matriz para outra. Conforme destacado acima, as diferenças mais significativas são obtidas isolando os 6 índices de avaliação, especialmente N5 e N6, em relação aos leiautes executados com MVP260, MVP280 e MVP300.

Figura 110 – Tabela Comparativa

DESCRIÇÃO					PAINÉIS										ESQUADRIAS													
MATRIZ	D	M	m	MVP	ÁREA TOTAL	A			C			P			E			portas internas				esquadrias externas						
						pA	pA	pA	PC	pC	PP1	PP2	pP1	PP3	PE1	PE2	PE3	pE3	0,70d	0,70e	0,80d	0,80e	0,90d	0,90e	J140	J140c		
1.T1	D1	4	2	260	33,80	9	2	8	1			1			2		1	1		1		2	1					
				280	39,20																							
				300	45,00																							
	D2	6	2	260	47,32	11	2	9	1	6					3		1	1		2		3	1					
				280	54,88																							
2.T1				300	63,00																							
				260	60,84																							
	D3	8	2	280	70,56	13	2	13	1	6	1				4		1	1		1	1	3	1	4	1			
				300	81,00																							
		D1	4	1	260	30,42	8		7	1		1			2		1	1		1		2	1					
7.T2				280	35,28																							
				300	40,50																							
	D2	6	1	260	43,94	10		8	1	6				3		1	1		2		3	1						
				280	50,96																							
				300	58,50																							
8.T3	D3	8	1	260	57,46	13		11	1	6	1			4		1	1		1	1	3	1	4	1				
				280	66,64																							
				300	76,50																							
	D1	4	2	260	33,80	9	2	7	1		1			2	1	1	1		1		2	2						
				280	39,20																							
8.T3				300	45,00																							
	D2	6	2	260	47,32	11	2	8	1	6				3	1	1	1		2	2	1	3	2					
				280	54,88																							
				300	63,00																							
	D3	8	2	260	60,84	16	2	12	1	5	1			4		1	1		2	2	1	4	1					
8.T3				280	70,56																							
				300	81,00																							
	D1	5		260	33,80	6		7			1			4	1	1		1		1	3	1	1					
				280	39,20																							
				300	45,00																							
8.T3	D2	7		260	47,32	8		8		6				5	1	1		2	1	2	4	1	1					
				280	54,88																							
				300	63,00																							
				260	54,08																							
	D3	8		280	62,72	10		10		6				5	1	1		2	2	1	4	1	1					
8.T3				300	72,00																							
						A	124	12	108	9	47	7	0	3	41	5	12	9	0	15	5	11	17	12	0	38	14	3
						136			117																			
						36,07%			31,03%											31%	10%	23%	35%	18%	0%	57%	21%	4%

Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.6 EXPLICITAÇÃO DAS APRENDIZAGENS

Baseado nos estudos realizados e nas análises, podemos realizar um diagnóstico qualitativo de cada um dos cômodos que compõem os leiautes estudados, propondo alternativas para otimizar seu desempenho em relação aos mesmos critérios da Avaliação, contribuindo com o caráter prescritivo da pesquisa. Devido à impossibilidade de realizar simulações com as alternativas geradas e as demais variáveis presentes neste estudo, apresentam-se estas alternativas de maneira isolada, sendo possível sua aplicação em qualquer leiaute proposto. O Quadriculado decimal funciona como referência dimensional e a periferia do módulo, ocupando 0,10m, continua dedicada à estruturação e aos painéis de fechamento.

A racionalidade técnica, derivada do positivismo presente na fundação da universidade moderna se mostra insuficiente diante de determinadas situações da vida real. A pesquisa e ensino do Projeto Arquitetônico apresentam características de singularidade, variabilidade e subjetividade que tornam o seu desenvolvimento muito dependente de simulações práticas. Neste contexto, a reflexão-na-ação, teoria desenvolvida por Schön (2000), conduz o pesquisador a soluções para problemas complexos, produzindo um repertório de novos conhecimentos tácitos.

Alguns critérios de lançamento desses leiautes não estão presentes nas Normas anteriormente citadas, mas fazem parte de um conhecimento tácito, adquirido ao longo da vida profissional e acadêmica do pesquisador, inerente a sua condição de participante no desenvolvimento da pesquisa. Entre essas definições estão as lógicas de circulação dentro das unidades, espaço livre de mobiliário para acessar esquadrias externas e possibilidade de posicionamento de cama de solteiro com a lateral encostada na parede. Além disso, observa-se a legislação da cidade de Caxias do Sul em relação à dimensão mínima de esquadrias ($1/7$ da área de piso), portas internas (0,80m nos cômodos principais) e porta de acesso (0,90m).

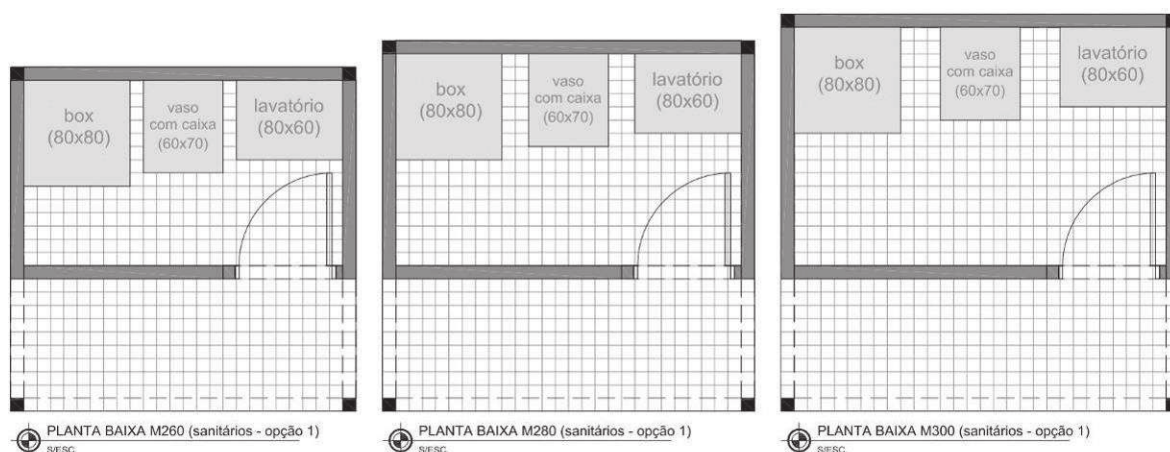
Serão utilizados os exemplos dos cômodos presentes na Norma de Desempenho na explicitação das aprendizagens. Não temos o objetivo de esgotar as possibilidades de leiaute, mas de utilizar o processo de desenvolvimento dos artefatos para demonstrar soluções específicas nesses cômodos. A importância dessa análise reside na demonstração de que a rigidez compositiva do MVP não sugere limitações no desenvolvimento de soluções específicas. A manutenção do quadriculado decimal no piso ao invés de leiautes cotados e hachurados pretende

conferir à leitura do trabalho a experiência de reflexão sobre as decisões de projeto e a simulação de alternativas.

4.6.1 Sanitários

Para fins deste estudo, os sanitários foram desenvolvidos no formato retangular, onde a largura é a largura interna de cada módulo, e a profundidade é a dimensão do módulo descontado 0,90m de circulação, e a parede, de 0,10cm. Na Figura 111, observa-se a configuração padrão dos sanitários nos leiautes estudados.

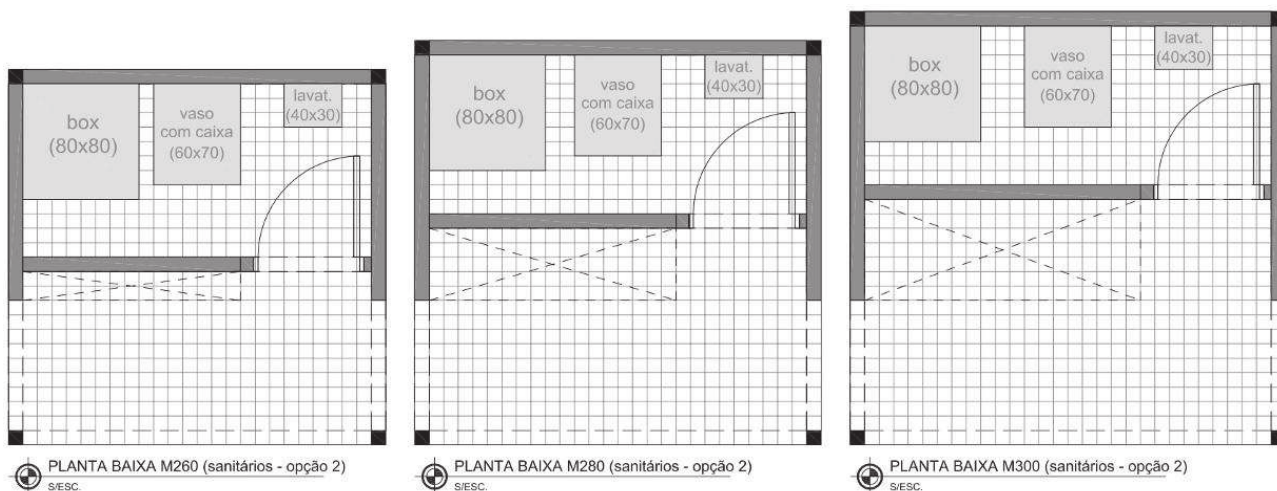
Figura 111 – Sanitários – leiaute padronizado no estudo



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Verifica-se que os módulos possuem profundidade maior que o mínimo exigido pela norma de desempenho (1,1m), especialmente os módulos M280 e M300. Assim, buscou-se alternativas para otimizar este leiaute dentro das mesmas regras de divisão do módulo entre sanitário e circulação para não comprometer o regramento dos estudos realizados. Na Figura 112, podemos ver a alternativa de substituir o lavatório de balcão por um lavatório mínimo contemplado na Norma de Desempenho, assim como reduzir a profundidade dos sanitários para o mínimo exigido. Essa alteração aumentaria o espaço de circulação íntima do apartamento, sendo possível a utilização como rouparia ou espaço de trabalho.

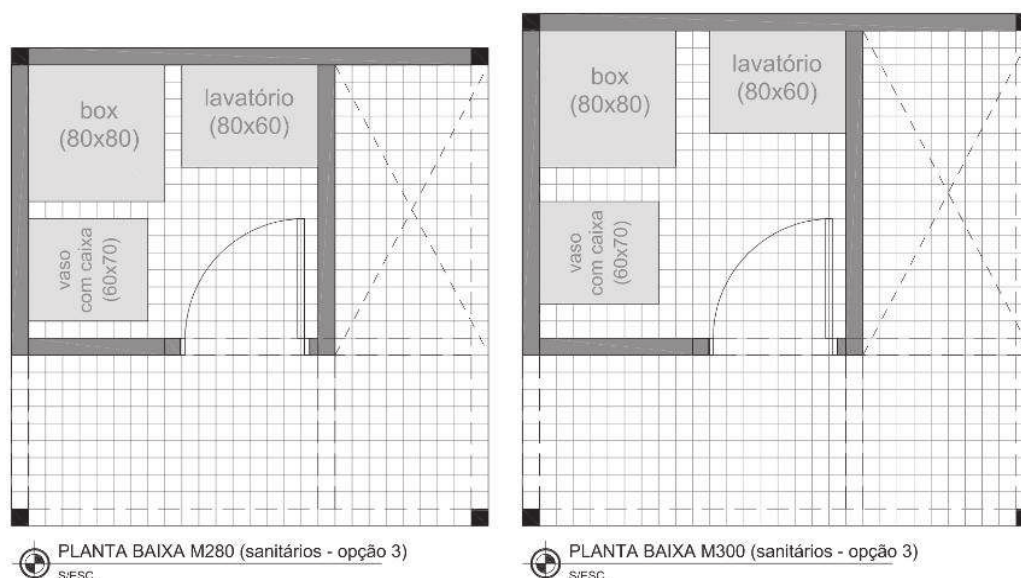
Figura 112 – Sanitários – opção 02



Fonte: Desenvolvido pelo autor

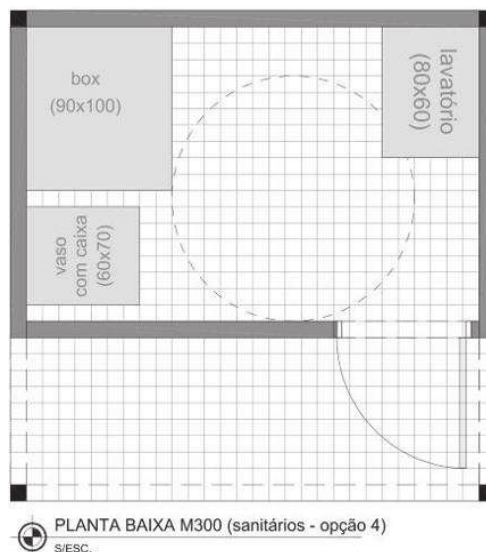
Para os módulos M280 e M300, a Figura 113 apresenta a possibilidade de execução de sanitários de formato quadrado, permitindo uma circulação íntima em “L” ou um espaço destinado à ampliação de área contígua, um depósito ou um local de trabalho.

Figura 113 – Sanitários – opção 03



Fonte: Desenvolvido pelo autor

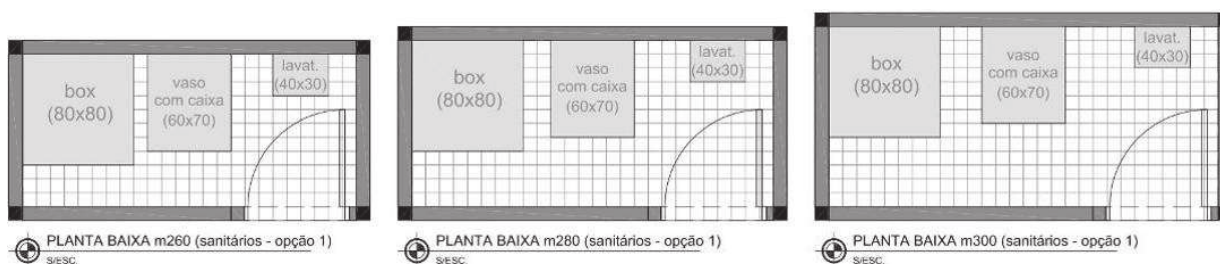
Figura 114 – Sanitários – opção 04



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Finalizando a análise dos sanitários, qualquer um dos meio módulos estudados (m260, m280 e m300) poderia receber um sanitário de acordo com a Norma de desempenho, conforme Figura 115. Ressaltamos que a largura útil de 1,10m do módulo m260 contempla a exigência da Norma de Desempenho.

Figura 115 – Sanitários – meio módulos



Fonte: Desenvolvido pelo autor

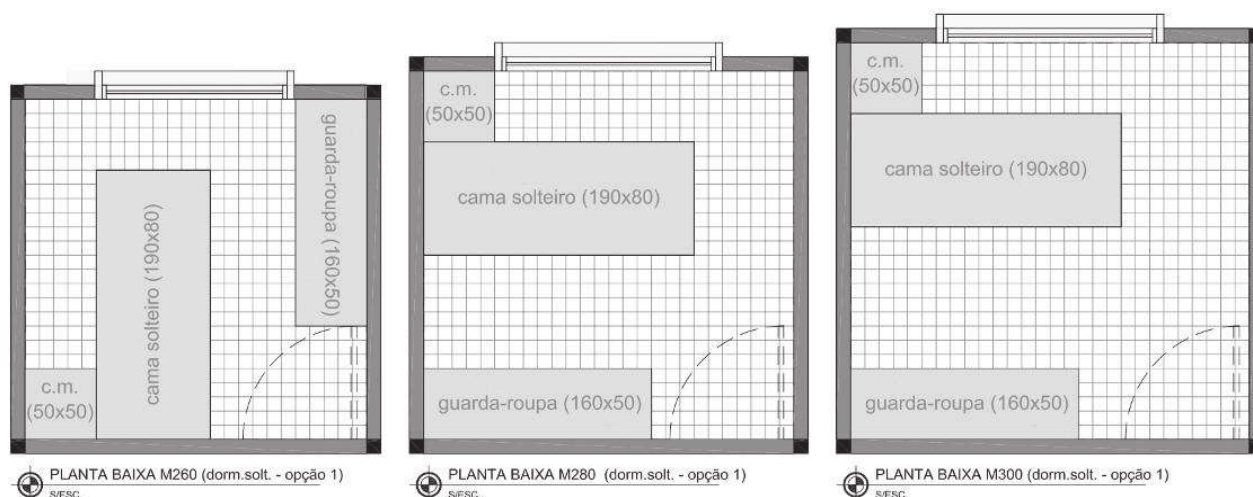
Conclui-se que qualquer um dos módulos propostos está adequado à execução de instalações sanitárias dentro do regramento estabelecido, cada um com suas peculiaridades em relação a limitações e alternativas.

4.6.2 Dormitórios de solteiro

Os dormitórios de solteiro são classificados pela Norma de Desempenho, como segundo e terceiro dormitórios, sendo exigidas duas e uma cama de solteiro respectivamente. Para o segundo dormitório, além das duas camas de solteiro, é exigido um guarda-roupa e um criado mudo. Uma bancada de trabalho e um segundo criado mudo são opcionais. Para o terceiro dormitório, é admitida a substituição por um guarda-roupa menor. Espaços de utilização e de circulação necessários são de 0,50m, exceto entre as camas, que é de 0,60m.

Analisando a composição do leiaute e considerando apenas um módulo da Figura 116, conclui-se que é possível a colocação de uma cama, um criado mudo e um guarda-roupa nas três opções de módulos estudados. No M260, as opções de distribuição do mobiliário no cômodo são mais restritas, e M280 e M300 apresentam mais opções de distribuição, porém sem a possibilidade de incluir outro item de mobiliário descrito pela Norma, aumentando apenas espaços de circulação e de utilização.

Figura 116 – Dormitório de Solteiro – leiaute padronizado no estudo utilizando 1 módulo.

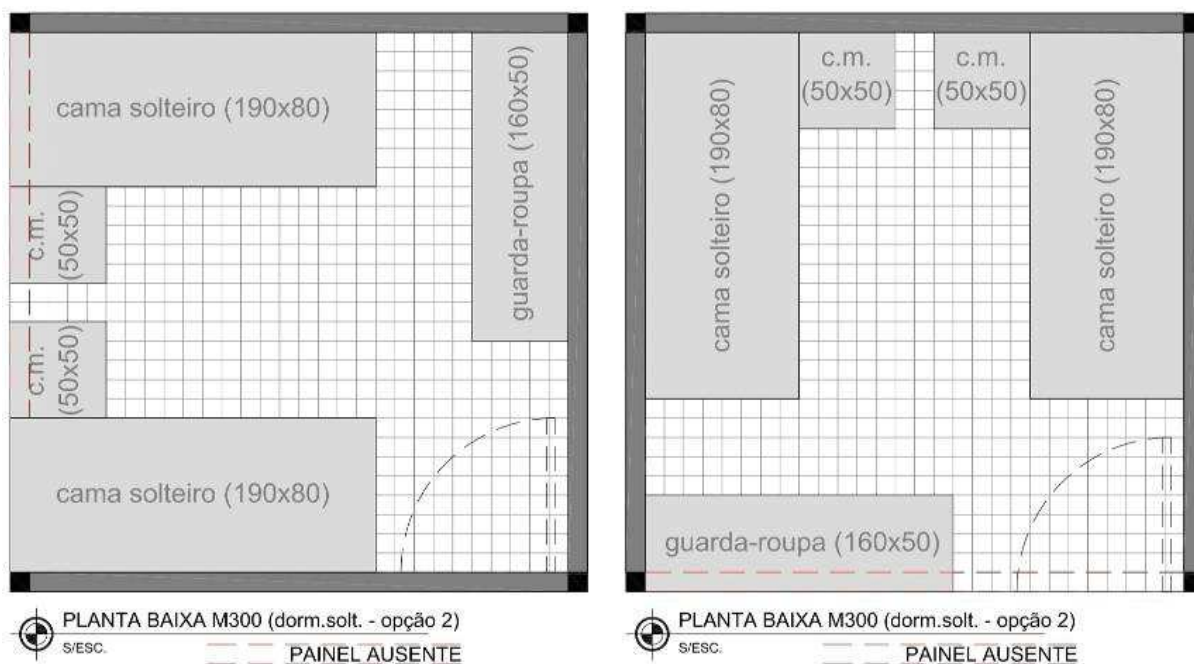


Fonte: Desenvolvido pelo autor

Sempre que dois módulos são associados dentro do mesmo leiaute, ou apartamento, um dos painéis de fechamento pode ser retirado, restando apenas um painel para fazer a divisão interna. Neste caso, em M300, a retirada de um painel, de

qualquer um dos 3 lados (exceto painel da janela), poderia viabilizar um leiaute com duas camas e um roupeiro, conforme Figura 117.

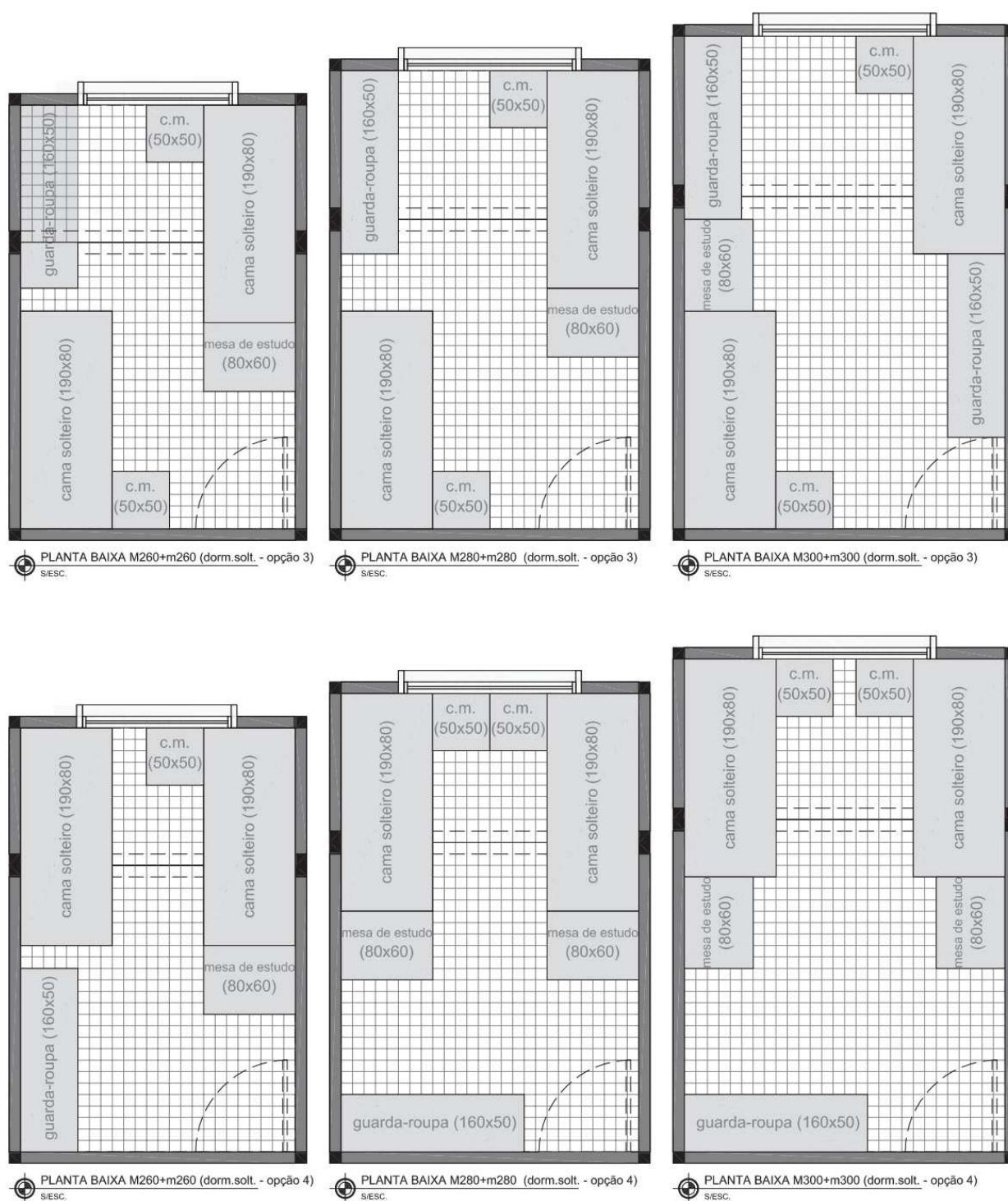
Figura 117 – Dormitório de Solteiro – opção de um módulo com 2 camas apenas com M300 e retirando um painel de fechamento.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

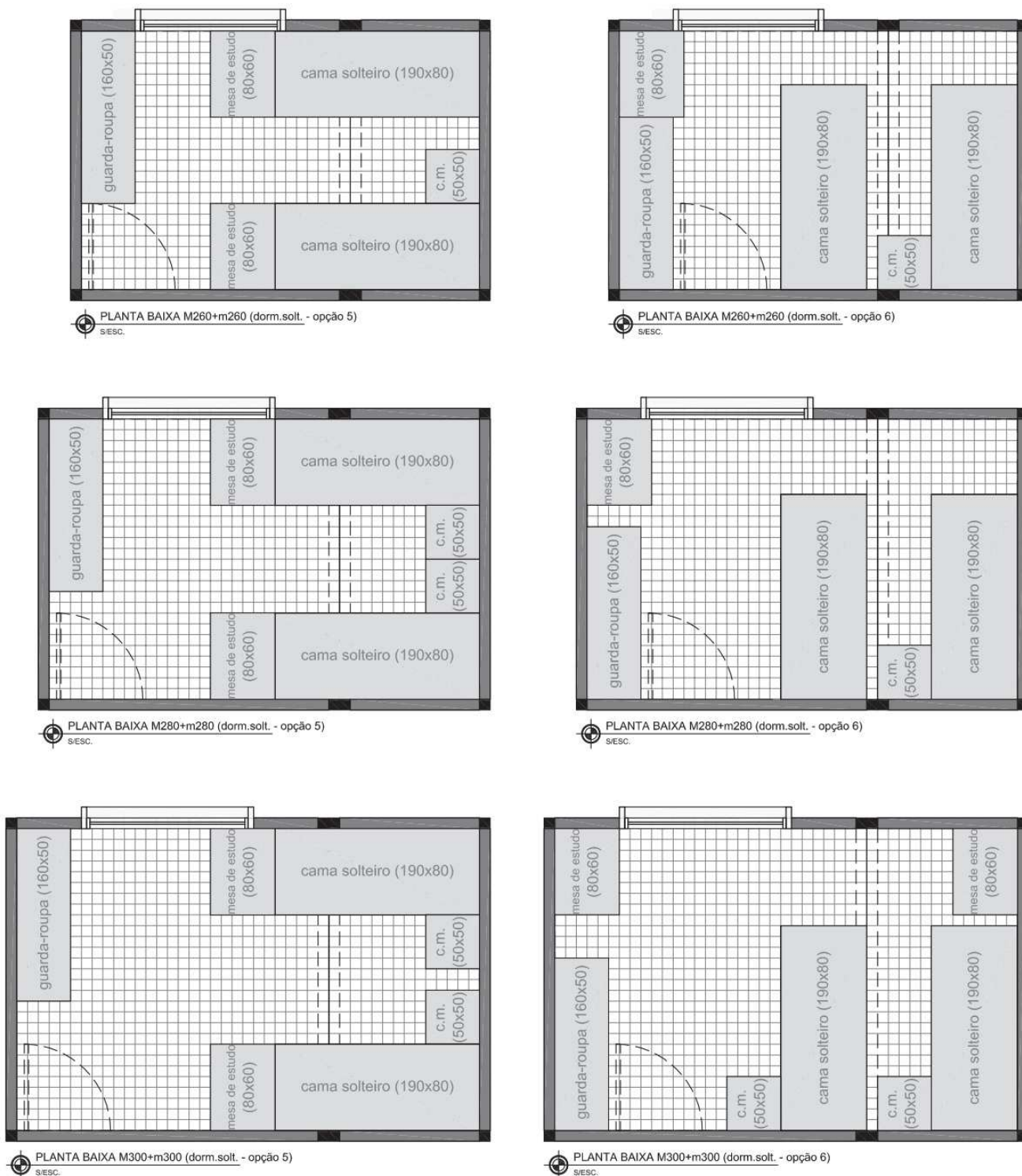
A norma não prevê a utilização de beliche, restando o aumento da área dos dormitórios como possibilidade para a colocação de uma segunda cama em um ou dois deles. As simulações das Figura 118 e 119 mostram que a configuração do dormitório com 1,5 módulos ou com um módulo e um meio módulo permite a configuração de dormitório com duas camas, guarda-roupas, criados-mudos e mesas de trabalho, em qualquer uma das opções. Dependendo da disposição do mobiliário, é possível a colocação de uma ou duas mesas de trabalho e criados-mudos em qualquer uma das opções.

Figura 118 – Dormitório de Solteiro – opções com um módulo e meio.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 119 – Dormitório de Solteiro – opções com um módulo e meio.



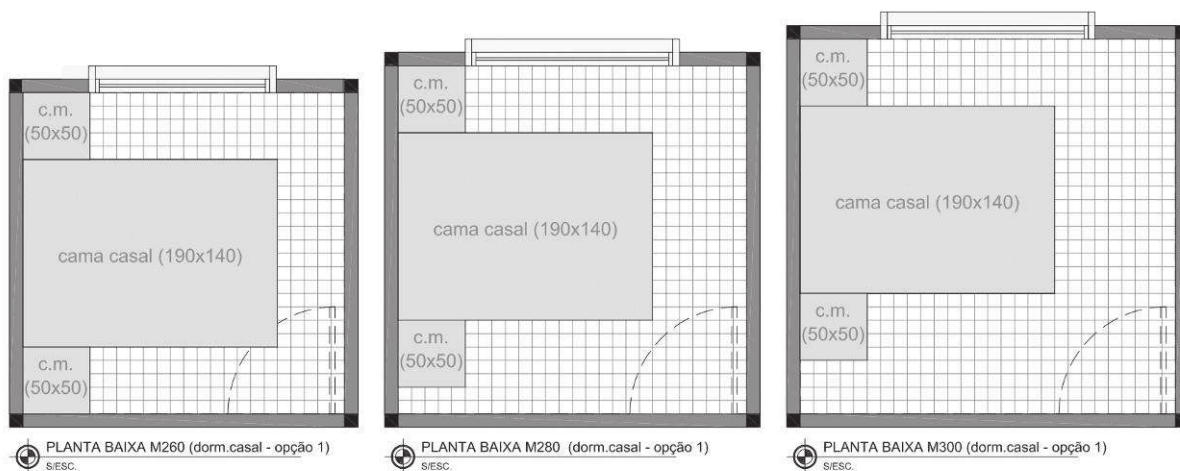
Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.6.3 Dormitório de casal

Os dormitórios de casal são classificados pela Norma de Desempenho, como primeiro dormitórios, sendo exigida uma cama de casal, um guarda-roupa e um

criado mudo, um segundo criado é opcional. Espaços de utilização e de circulação necessários são de 0,50m entre mobiliários ou entre mobiliário e parede. Analisando a composição do leiaute de apenas um módulo da Figura 120, conclui-se que é possível a colocação de uma cama de casal e dois criados mudos nas opções M280 e M300. Em nenhuma dessas opções seria possível colocar o guarda-roupa.

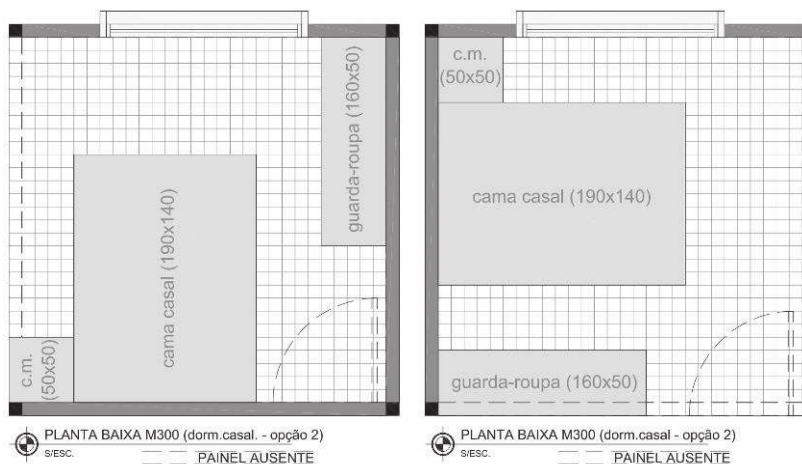
Figura 120 – Dormitório de Casal – leiaute sem guarda-roupa utilizando 1 módulo.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Sempre que dois módulos são associados dentro do mesmo leiaute, ou apartamento, um dos painéis de fechamento pode ser retirado, restando apenas um painel para fazer a divisão interna. Neste caso, em M300, a retirada de um painel, de qualquer um dos 3 lados (exceto painel da janela), poderia viabilizar um leiaute com uma cama de casal, um criado mudo e um roupeiro, conforme Figura 121.

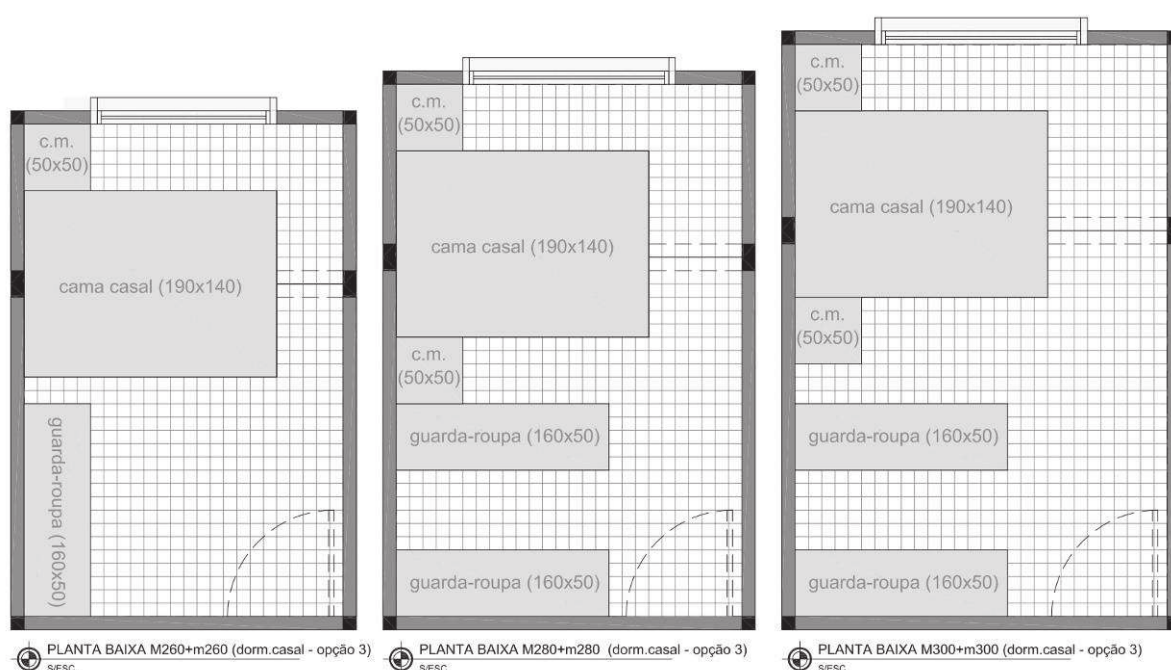
Figura 121 – Dormitório de Casal – M300 e retirando um painel de fechamento.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

As simulações das Figura 122 mostram que a configuração do dormitório com 1,5 módulos ou com um módulo e um meio módulo permite dormitórios com cama, guarda-roupas e criados-mudos em qualquer uma das opções dimensionais. Em M260 dependendo da posição da porta pode ser possível a colocação de dois criados-mudos, mas apenas de um guarda-roupa, com bastante espaço de utilização (ou ocioso). Em M280 e M300 é possível a colocação de dois guarda-roupas e dois criados mudos em qualquer disposição de portas e mobiliário. Em M300 os espaços de utilização também são maiores que o necessário gerando áreas ociosas.

Figura 122 – Dormitório de Casal – opção com um módulo e meio.



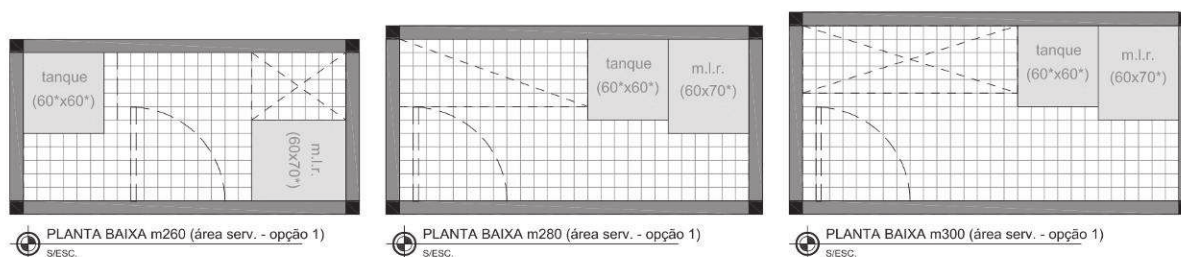
Fonte: Desenvolvido pelo autor

As opções com um módulo e meio também são válidas para a associação com um módulo inteiro com sanitário ou outras opções de configuração de posicionamento de porta e janela. Com dois módulos, qualquer uma das opções dimensionais poderia receber 2 guarda-roupas (ou um closet) e dois criados mudos, restando muita área de circulação e utilização, conforme verificamos em alguns leiautes do item 4.4.

4.6.4 Cozinha e Área de Serviço

Estes dois cômodos serão avaliados no mesmo item por normalmente estarem associados, especialmente em leiautes mais enxutos. Analisando separadamente, a Área de Serviço sempre seria viável em meio módulo. Conforme observa-se na Figura 123, a posição da porta de acesso e mobiliários não teria opções de posicionamento além do apresentado na opção m260. Nas demais opções dimensionais, a disposição interna de mobiliário e porta tem mais flexibilidade e nas 3 possibilidades seria possível a colocação de um móvel de apoio, representado em projeção. Por serem móveis e equipamentos baixos, a esquadria externa poderia estar em qualquer parede.

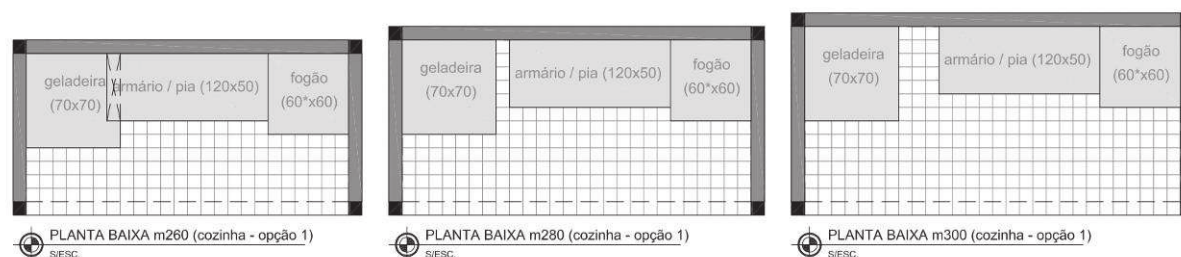
Figura 123 – Área de Serviço – leiaute utilizando meio módulo.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Pensando na cozinha isoladamente, meio módulo nunca seria adequado, já que a Norma de desempenho pede largura mínima de 1,5 metros. Porém, conforme Figura 124, se um dos lados maiores deste meio módulo for integrado a um ambiente contíguo, que pode ser estar ou jantar, m280 e m300 apresentam condições de receber os equipamentos mínimos da cozinha, considerando que as refeições serão realizadas na sala de jantar. Em m260 faltariam 10cm.

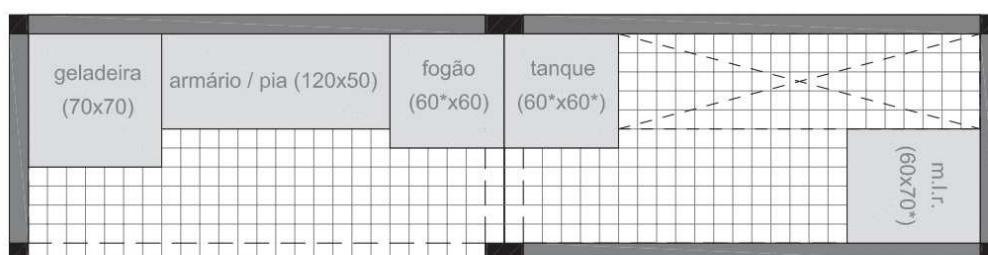
Figura 124 – Cozinha – leiaute utilizando meio módulo.



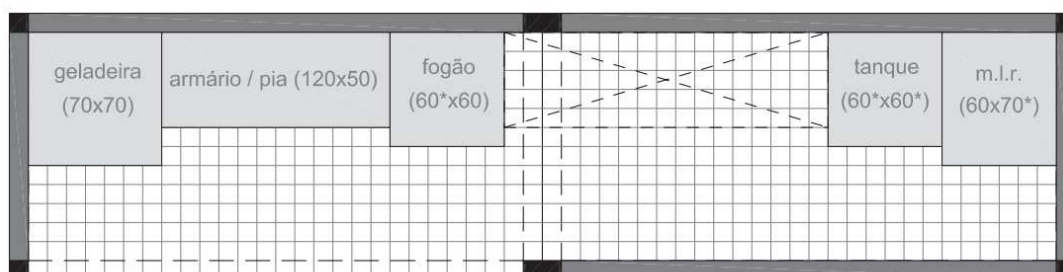
Fonte: Desenvolvido pelo autor

As simulações da Figura 125 mostram cozinha e área de serviços integradas em dois meio-módulos contíguos. Conforme citado anteriormente, a parte de cozinha precisa estar integrada a outro ambiente, preferencialmente sala de jantar. Neste caso, teríamos a vantagem de eliminar os fechamentos entre os dois meio-módulos, permitindo que o leiaute não tenha restrição em nenhuma das opções. O pontilhado indica espaço livre para armários.

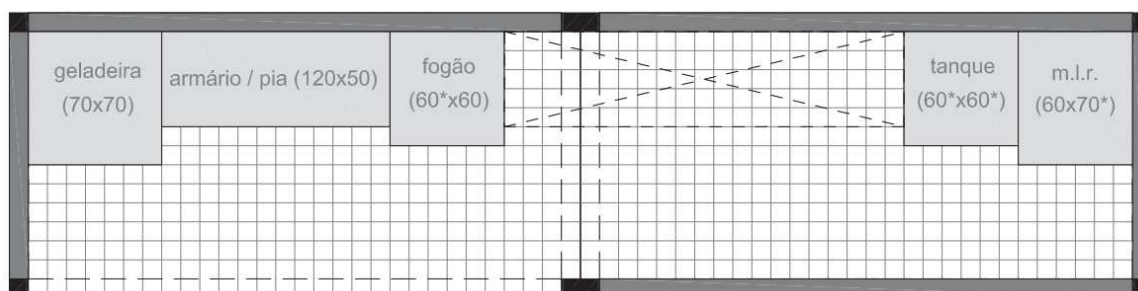
Figura 125 – Cozinha e área de serviço – opção com dois meio módulos.



PLANTA BAIXA m260 x 2 (coz./a.serv. - opção 1)
S/ESC.



PLANTA BAIXA m280 (coz./a.serv. - opção 1)
S/ESC.

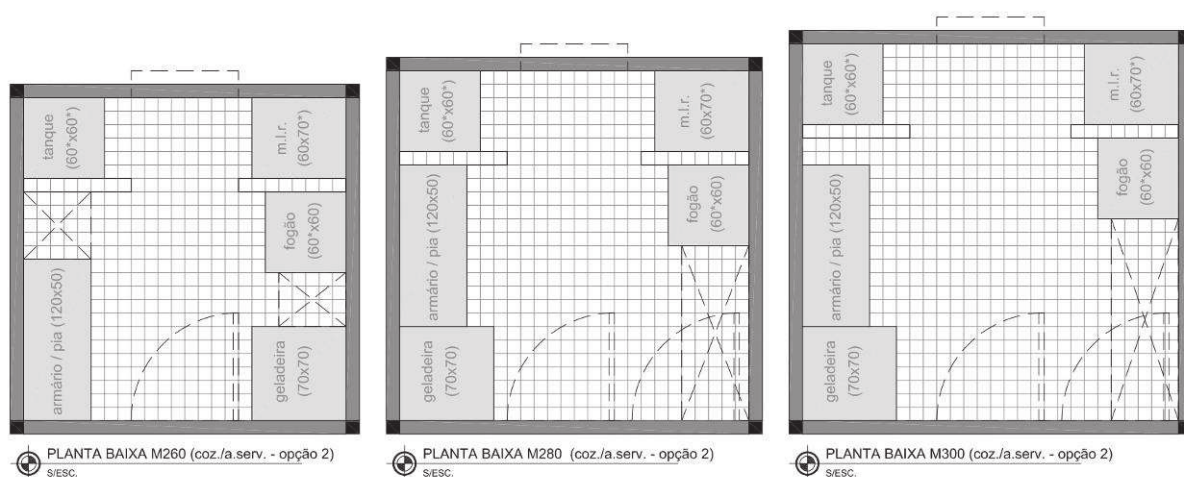


PLANTA BAIXA m300 (coz./a.serv. - opção 1)
S/ESC.

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 126, cozinha e área de serviços estão integradas em um módulo inteiro. Neste caso a cozinha não precisa estar integrada a outro ambiente, podendo ser fechada. As 3 opções dimensionais acolhem as necessidades, aumentando a flexibilidade de posicionamento e inclusão de mais mobiliário conforme o aumento da dimensão do módulo. Neste caso, teríamos a vantagem de eliminar os fechamentos entre os dois meio módulos, permitindo que o leiaute não tenha restrição em nenhuma das opções. Os pontilhados indicam espaço livre para armários e posições possíveis de porta interna e esquadria externa. Esta opção de leiaute também pode estar integrada a sala de estar ou jantar.

Figura 126 – Cozinha e área de serviço – opção com um módulo.

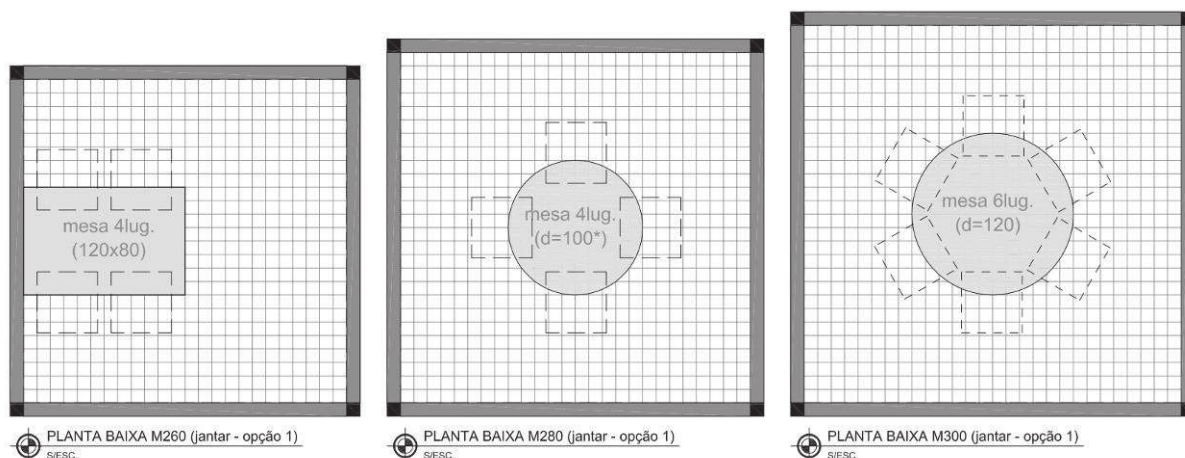


Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.6.5 Sala de Estar e Jantar

Estes dois cômodos serão avaliados no mesmo item por normalmente estarem associados, mas a análise será individual, apenas para demonstrar a relação entre a dimensão dos módulos e do mobiliário, já que as combinações possíveis, que incluiriam a cozinha integrada seriam muitas. Na Figura 127, apresenta-se um módulo com 4 fechamentos cegos hipotéticos para o leiaute de uma sala de jantar. Verifica-se que em M260 coloca-se apenas uma mesa de 4 lugares encostada na parede, enquanto em M280 tem-se a possibilidade de mesa quadrada ou redonda de 4 lugares e em M300 mesa redonda de 6 lugares. Em M260 caberia um balcão na parede oposta a mesa.

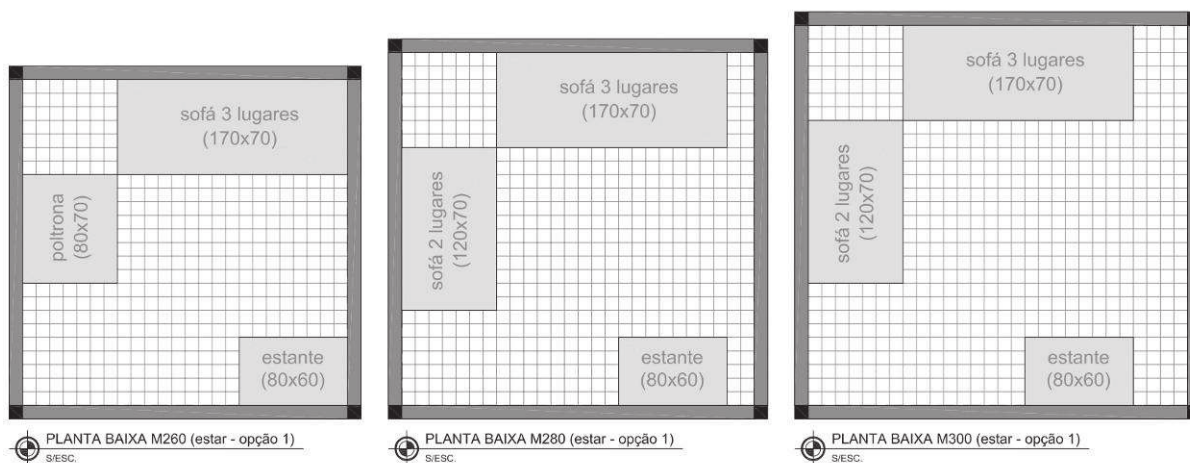
Figura 127 – Sala de Jantar – leiaute utilizando um módulo.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Já na Figura 128, utiliza-se a mesma base de um módulo com 4 fechamentos cegos hipotéticos para lançar o mobiliário de sala de estar. Nas 3 opções dimensionais coloca-se sofá de 3 lugares e estante, em M260 acrescenta-se uma poltrona, enquanto em M280 e M300 acrescenta-se um sofá de 2 lugares.

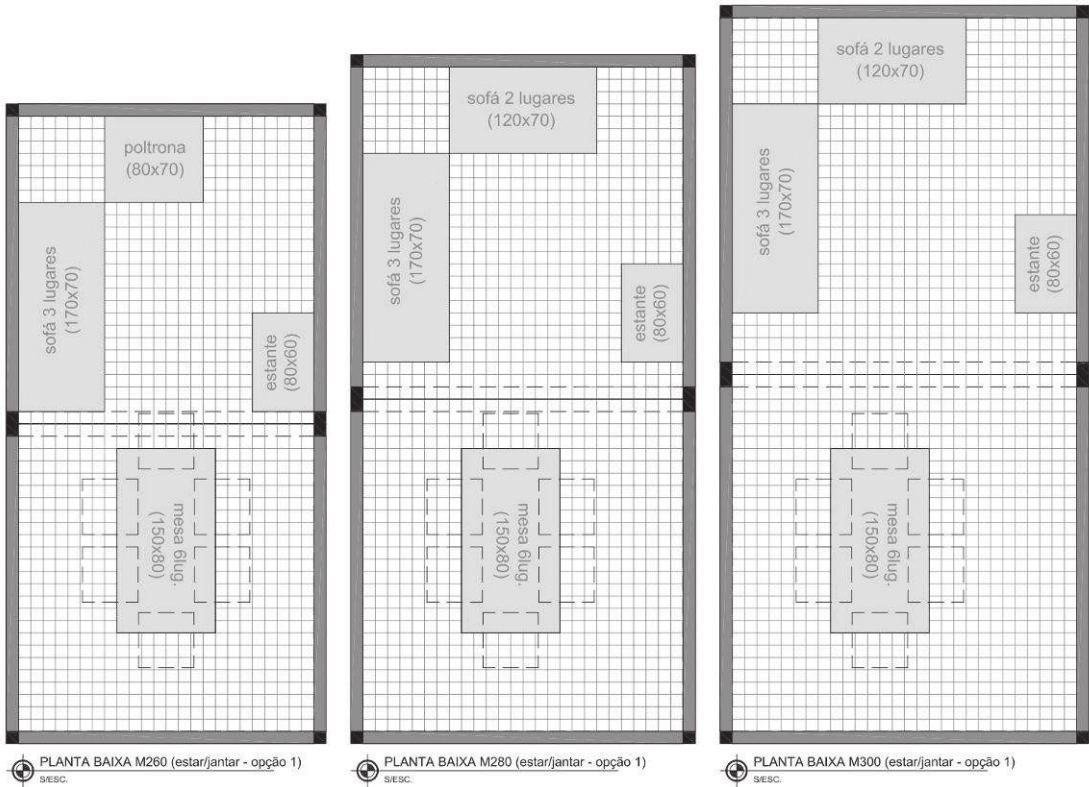
Figura 128 – Sala de Estar – leiaute utilizando um módulo.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 129 apresenta-se uma possibilidade de leiaute de Salas de Estar e Jantar com dois módulos integrados. Considera-se o leiaute da sala de estar apresentado anteriormente e na sala de jantar a maior mesa descrita na Norma de Desempenho (NBR15575-1) para exemplificar o ganho que se tem ao integrar os ambientes.

Figura 129 – Estar / jantar – opção com dois módulos.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Arquitetura Modular Volumétrica é apresentada como uma possibilidade real de inserir conceitos de produção mais industrializada na realidade da construção civil. O simples fato de produzir com menos variabilidade em um ambiente controlado torna esse sistema adequado para a realização de estudos que busquem identificar alternativas viáveis. O processo de industrialização na construção civil encontra um grande obstáculo no baixo custo e na qualificação da mão de obra deste setor, o que nos indica que soluções de construção seca e industrializada precisam considerar a variável do custo para se viabilizarem, o que se verifica em qualquer composição de custos específicos.

Além desta questão do custo, a prática de ensino e desempenho profissional da Arquitetura está muito ligada a soluções únicas e autorais, e em alguns casos sem a preocupação com modulações, com a industrialização ou mesmo com a própria execução. Mudar essa forma de ver as coisas depende de soluções que, mesmo industrializadas e eficientes, garantam a possibilidade de projetos de composição volumétrica livre e funcionalmente flexíveis.

Este trabalho apresentou como tema o desenvolvimento de Módulos Volumétricos Pré-fabricados, de três dimensões diferentes, associados entre si para formarem leiautes residências de um, dois e três dormitórios. O problema e objetivos do trabalho estavam ligados unicamente à variável funcional dos produtos desenvolvidos, o que não foi um impeditivo para que se avançasse sobre questões importantes de materialidade, como a composição do chassi básico ou a lógica de composição dos painéis de fechamento.

A análise funcional dos módulos propostos foi entendida como o primeiro elemento necessário para validar e definir os melhores caminhos para a sequência do desenvolvimento de um sistema modular volumétrico. De nada adiantaria estudos avançados sobre a materialidade, estruturação, processo de produção ou mesmo custos, se não tivermos ideia clara da possibilidade de funcionamento dos módulos para os usos indicados.

Conclui-se que as restrições apresentadas em relação a funcionalidade, propostas na Norma de Desempenho, influenciam na pontuação objetiva dos módulos no item 4.5. Conforme demonstrado no item 4.6, na avaliação individual dos cômodos, os itens que não são cumpridos nos leiautes propostos poderiam ser

sanados com o acréscimo de meio-módulo ou alterações na disposição de mobiliários, circulações e/ou mesmo fechamentos internos. Desse modo, as três possibilidades dimensionais de Módulos Volumétricos Pré-fabricados podem ser utilizadas em leiautes residenciais. Observando a pontuação final obtida no item 4.5, especialmente observando N5 e N6, percebe-se que MVP260 apresenta menos áreas ociosas, sendo mais indicado para leiautes mais econômicos, enquanto MVP300 apresenta mais flexibilidade no leiaute. A pontuação geral do MVP300 foi levemente superior, mas muito semelhante aos demais, não permitindo concluir por uma vantagem absoluta deste Módulo perante os demais.

No item 4.3, onde foram desenvolvidas as Matrizes de Leiautes esquemáticos, ficou comprovada a possibilidade de flexibilidade e de variabilidade das soluções adotadas que, se somadas aos aprendizados do item 4.6, conduz a soluções quase infinitas de combinações, tudo a partir de peças padronizadas e produzidas com controle rigoroso.

A metodologia utilizada neste trabalho, a *Design Science Research*, se mostrou muito adequada por trabalhar com o desenvolvimento de artefatos, com a participação efetiva do pesquisador e com seu caráter prescritivo de pesquisa, podendo chegar ao final indicando uma série de caminhos para a utilização ou mesmo adaptação dos artefatos gerados. O conhecimento produzido em cada etapa de desenvolvimento da pesquisa serviu como informação para retroalimentar os passos seguintes ou retroagir em definições que se mostraram equivocadas.

Esta pesquisa é importante por demonstrar a viabilidade funcional dos Módulos Volumétricos Pré-fabricados estudados na composição de unidades residenciais e poderá ter sequência em frentes distintas. Na questão funcional, cada um dos módulos estudados poderá ser aprofundado gerando um catálogo de leiautes mais adequado e específico, considerando definições e produtos que vão além do especificado na Norma de Desempenho. Na questão formal/compositiva, poderá ser feita uma investigação do potencial arquitetônico dos leiautes propostos associados entre si, formando edifícios. Na questão tecnológica, cabe o aprofundamento na investigação do sistema estrutural, encaixes, instalações, fechamentos, viabilidade econômica, adequações legais e processos industriais.

REFERÊNCIAS

AGENCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Manual da Construção Industrializada**. Brasília, 2015.

ANDERY, M. A. et al. Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica. Rio de Janeiro: Editora EDUC, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873**: Coordenação Modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL. **Coordenação Modular na Construção**. Rio de Janeiro: BNH/IDEG, 1976.

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

ÇAĞDAŞ, V.; STUBKJÆR, E. Design research for cadastral systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 35, p. 77-87, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2010.07.003>

CROSS, N. Designerly Ways of Knowing: **Design Discipline Versus Design Science**. In: *Design Issues*. v. 17, n° 3, Cambridge: MIT Press Journals. 2001. pp. 49-55.

DORST, K. 2003. **The problem of Design Problems**. In: *Design Thinking Research Symposium*. Sydney: Sydney University of Technology, 2003..

FLUSSER, V. **O mundo codificado. Por uma Filosofia do design e da comunicação**. 1ª ed. São Paulo: Cosac Naify, 2007.

FRIEDMAN, K. **Theory construction in design research: criteria: approaches, and methods**. *Design Studies*, 24, 2003, (507-522).

GARRISON, J.; TWEEDIE, A. **Kullman Design Guide**: Kullman Buildings Corp. 2008.

HAMBRICK, D. C. The Field of Management's Devotion to Theory: Too Much of a Good Thing? *Academy of Management Journal*, v. 50, n. 6, p. 1346-1352, 2007. <http://dx.doi.org/10.5465/AMJ.2007.28166119>

KIERAN, S.; TIMBERLAKE, J. **Refabricating Architecture: How**

Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction. McGraw-Hill Professional, 2003.

LACERDA, Daniel Pacheco et al. Design Science Research : método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & Produção*, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.

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

MANSON, N. J. Is operations research really research? *Orion*, v. 22, n. 2, p. 155-180, 2006. <http://dx.doi.org/10.5784/22-2-40>

MARCH, Salvatore T.; SMITH, Gerald F. Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems* 15, v. 15, n. 4, p.251-266,1995.

MBI. **Permanent Modular Construction.** 2011 Annual Report.: Modular Building Institute 2011.

MIZOGUCHI, I. **A Formação do Arquiteto.** Porto Alegre: Corag/CAU-RS, 2016.

MULLENS, M. A. **Factory Design for Modular Homebuilding.** Constructability Press, 2011. ISBN 0983321205.

POLANYI, M. **The Tacit Dimension.** Garden City, N.Y.: Anchor Books, 1967.

ROITMAN, Rocío. **Moradias pré-fabricadas.** Revista PLOT. Buenos Aires, edição 38, páginas 28-81, 01 de setembro de 2017.

ROMME, A. G. L.; DAMEN, I. C. M. Toward Science- Based Design in Organization Development. *The Journal of Applied Behavioral Science*, v. 43, n. 1, p. 108-121, 2007. <http://dx.doi.org/10.1177/0021886306297011>

ROMME, A. G. L. Making a difference: Organization as Design. *Organization Science*, v. 14, n. 5, p. 558-573, 2003. <http://dx.doi.org/10.1287/orsc.14.5.558.16769>

SCHÖN, D. A. **Educando o Profissional Reflexivo.** Porto Alegre: Artmed, 2000.

SIMON, H. A. **As ciências do artificial.** Coimbra: Armênio Amado, 1981.

SMITH, R. E. **Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction.** Wiley, 2010b. 400 ISBN 0470275618.

TERIBELE, A. **Arquitetura com sistema pré-fabricado modular volumétrico: modelo generativo e diretrizes de fixação.** 2016. (DOUTORADO). Arquitetura, UFRGS, Porto Alegre.

VAN AKEN, J. E. Management research on the basis of the design paradigm:

The quest for field-tested and grounded technological rules. *Journal of Management Studies*, v. 41, n. 2, p. 219–246, 2004.

VENABLE, J. R. The Role of Theory and Theorising in Design Science Research. *DESRIST*, v. 24-25, p. 1-18, 2006.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ALCHEMY. **Alchemy Architects | Home of the weeHouse**. 2015. Disponível em: < <http://www.weehouse.com/> >.

ALSHAYEB, M. J. **Lean production using modular construction**. 2011. (Master). Engineering Management Program, The University of Kansas

ARCHITECTURE; RESOLUTION. **The Modern Modular**. 2015. Disponível em: < <http://re4a.com/the-modern-modular/> >.

CAIADO, K. D. F. **Estudo e Concepção de Edifícios em Módulos Pré-Fabricados Estruturados em Aço**. 2005. (Mestrado). Engenharia Civil da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto

CHING, F. D. K. (2010). **Técnicas de construção ilustradas** (4ªed.). Porto Alegre: Bookman, 9.26-9.30.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Resolução numero 1**. Brasília, 14 de janeiro de 2016.

FONYAT, M. D. A. R. **A pré-fabricação e o projeto de arquitetura**. Dissertação de mestrado. UFRGS. Porto Alegre, 2013.

GARDINER, J. Exploring Prefabrication - International Study of Prefabrication Within Aerospace, Shipbuilding, Automotive and Construction Industries | Architecture Insights. 2009?. Disponível em: <http://architectureinsights.com.au/resources/exploring-prefabrication-international-study-of-prefabrication-within-aerospace-shipbuilding-automotive-and-construction-industries/>

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas 2010.

GREVEN, Hélio Adão e BALDAUF, Alexandra Staudt Follmann. **Introdução à coordenação modular de construção no Brasil: uma abordagem atualizada**. (Coleção HABITARE/FINEP). Porto Alegre: ANTAC, 2007.

JACOBS, K. **The Prefab Decade**. Dwell, 2010. Disponível em: < <https://www.dwell.com/article/the-prefab-decade-3c53c45c> >.

KNIGHT, Terry Weissman. **Transformations in design : a formal approach to stylistic change and innovation in the visual arts**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

MAYER, Rosirene. **A gramática da habitação mínima : análise do projeto**

arquitetônico da habitação de interesse social em Porto Alegre e Região Metropolitana. 2012. Tese (DOUTOR).

MITCHELL, W. J. Prefácio. In: (Ed.). **Personalizar a Habitação em Série. Uma Gramática Discursiva para as Casas da Malagueira do Siza.** Fundação Calouste Gulbenkian. Fundação para a Ciencia e Tecnologia. Portugal, 2007. ISBN 978-972-31- 1181-1.

Neufert, P. (2009). **Arte de projetar em arquitetura** (17a ed.). São Paulo: Gustavo Gili, 246-251.

ROCHA, C. G. **A conceptual framework for defining customisation strategies in the house-building sector.** 2011. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SCHREINER, F. R. **Gramática de formas e o mobiliário modular multifuncional : um estudo de caso.** 2009. Dissertação (MESTRADO). UFRGS

SIT, M. S. SIT :: Modular Solutions - Construções e Soluções Modulares, Casas Modulares, Modular Homes, Bungalows, Módulos Pré-fabricados - Catálogo. 2015. Disponível em: < <http://www.siturbandesign.com/modular/pt/catalogo> >.

TERIBELE, A. **Arquitetura com madeira roliça: processo generativo de superfícies e articulações.** 2011. (MESTRADO). Arquitetura, UFRGS, Porto Alegre.

TREMBLAY, J.-R.; INC., C. P. **Modular construction system 2010.** Patente: WO 2010/142032 A1