André Poças Gaspar

CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO EM LIGHT STEEL FRAMING

ALTERNATIVA VIAVEL À CONSTRUÇÂO TRADICIONAL

FACULDADE DE COMUNICAÇÃO, ARQUITECTURA, ARTES E TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO

Porto

2013

André Poças Gaspar

CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO EM LIGHT STEEL FRAMING

ALTERNATIVA VIAVEL À CONSTRUÇÂO TRADICIONAL

Dissertação apresentada na Universidade Lusófona do Porto para obtenção do grau de Mestre em Arquitectura

Orientador: Prof. Eng. Rui Furtado

UNIVERSIDADE LUSÓFONA DO PORTO

FACULDADE DE COMUNICAÇÃO, ARQUITECTURA, ARTES E TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO

Porto

2013

Agradecimentos

O caminho até este ponto nunca teria sido possível sem a ajuda de todos aqueles que, de uma maneira ou de outra, me motivaram e acompanharam ao longo deste percurso.

Começo por agradecer aos meus pais por todo o apoio que me deram ao logo de todo este tempo e que sem a sua ajuda nunca teria conseguido atingir os meus objetivos.

Agradeço ao orientador, Eng. Rui Furtado, por todo o apoio que me deu durante a elaboração desta dissertação.

Aos professores que durante estes últimos anos partilharam os seus conhecimentos de arquitetura e que contribuíram para a minha formação.

Um especial obrigado à Isabel e à Joana pela sua amizade e pelo grande contributo que me deram na realização desta dissertação.

Obrigado a todos os meus amigos e colegas, que ao longo dos anos me acompanharam neste percurso académico.

Índice

Folha de Rosto…… I

Agradecimentos…… III

Índice…… V

Índice de Figuras…… IX

Índice de Tabelas…… XVII

Resumo…… XIX

Abstract…… XXX

Lista de Abreviaturas…… XXIV

1. Introdução

1.1. Apresentação do objeto de estudo…… 3

1.2. Objetivos…… 3

1.3. Contextualização e Justificação do Tema…… 3

1.4. Metodologia e Estrutura do Trabalho…… 4

2. Contextualização e evolução dos sistemas construtivos em Portugal

2.1. Da Pré-história à Atualidade…… 9

2.1.1. Construção Tradicional…… 9

2.1.2. Construção com recurso ao Metal…… 10

2.2. Conceitos…… 12

2.2.1. Construção Industrial…… 12

2.2.2. Construção Pré-Fabricada…… 12

2.2.3. Construção Seca…… 13

2.2.4. Light Steel Framing…… 13

2.2.5. Strutural Steel Framing…… 14

3. Light Steel Framing

3.1. Materiais…… 17

3.1.1. Perfis Enformados a Frio …… 17

3.1.2. OSB…… 19

3.1.3. Lã-Mineral…….. 20
3.1.4. Gesso Cartonado…….. 21
3.2. Sistema Construtivo…….. 22
3.2.1. Painéis…… 24
3.2.1.1. Uniões de Painéis…… 24
3.2.1.2. Contraventamentos…… 26
3.2.1.3 Vãos…… 30
3.3.1. Métodos de Construção……... 32
3.3.1.1. Construção “Stick-Build”…… 32
3.3.1.2. Construção por Painéis……... 32
3.3.1.3. Construção Modular…… 32
3.3.2. Variantes Construtivas…… 34
3.3.2.1. “Balloon Framing”…… 34
3.3.2.2. “Platform Framing”…..……..... 34
3.4. Vantagens……..…… 36
3.4.1. Rapidez…….. 36
3.4.2. Custos…… 36
3.4.3. Qualidade Térmica e Acústica…… 37
3.4.4. Sustentabilidade…… 37
3.5. Segurança……... 39
3.5.1. Resistência contra o Fogo……... 39
3.5.2. Desempenho Perante Sismos…… 40

4. Elementos constituintes do LSF

4.1. Paredes……... 45
4.1.1. Paredes Estruturais…… 46
4.1.2. Paredes de Fachada…… 46
4.1.3. Paredes Divisórias…… 48
4.2. Lajes…… 50
4.2.1. Piso…… 50
4.2.2. Cobertura…… 51

4.3. Fundações…….. 52

4.3.1. Ensoleiramento geral……. 54

4.3.2. Sapata corrida……... 54

5. LSF como alternativa á construção tradicional

5.1. Comparação de metodologias……. 56

5.1.1. Estrutura……. 56

5.1.2. Paredes…….. 62

5.1.2.1 Exteriores……. 62

5.1.2.2. Divisórias……... 66

5.1.2.3. Infraestruturas…….. 69

5.1.3. Lajes…… 70

6. Caso prático

6.1. Introdução……... 76

6.2. Local de Implantação……..... 76

6.3. Projeto……. 78

6.3.1. Implanta, Volumetria e Escala……. 78

6.3.2. Programa e Circulações…….. 80

6.3.3. Sistema construtivo e a sua relação com a imagem do edifício……... 82

6.3.4. Fundações……. 84

6.3.5. Paredes…….. 84

6.3.5.1. Paredes de Fachada..…… 84

6.3.5.2. Paredes Divisórias……... 86

6.3.6. Lajes…… 88

6.3.6.1. Laje Piso……... 88

6.3.6.2. Laje de Cobertura…… 90

7. Conclusão

7.1. Considerações finais……. 95

Referencias Bibliográficas

Bibliografia…… 99

Revistas e Publicações…… 99

Teses e Dissertações…… 100

Referencias Online…… 100

Anexos…… 102

Índice de Imagens

Figura. 1.1. - Exterior da Biblioteca de Ste. Geneviève, Paris, França
Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Bibliothèque_Sainte-Geneviève

Figura. 1.2. - Interior da Biblioteca de Ste. Geneviève, Paris, França
Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Bibliothèque_Sainte-Geneviève

Figura. 1.3. - Exterior do Mercado Ferreira Borges, Porto, Portugal
Fonte: http://cyberdemocracia.blogspot.pt/2012/01/o-porto-e-o-liberalismo.html

Figura. 1.4. - Exterior do edifício Home Insurance Building, Chicago, Estados Unidos da America
Fonte: http://www.mrakodrapy.com/2012/02/new-york-life-insurance-building_25.html

Figura. 1.5. - Desenho da construção do edifício Home Insurance Building, Chicago, Estados Unidos da America
Fonte: http://www.mrakodrapy.com/2012/02/new-york-life-insurance-building_25.html

Figura. 2.1. - Placa de OSB
Fonte: http://www.builderdepot.co.uk/osb-board-18mm-x-2440mm-x-1220mm.html

Figura. 2.2. - Orientação das fibras da placa de OSB
Fonte: Rego, D. J. M. (2012) Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa – p. 16

Figura. 2.3. - Painéis rígidos
Fonte: http://construindo.org/la-de-rocha/

Figura. 2.4. - Flocos
Fonte: http://www.fiberseals.com.br/flocos-de-la-de-rocha

Figura. 2.5. - Mantas leve flexível
Fonte: http://www.shoplombardelli.it/it/isolanti-termici/679-lana-di-vetro-rotolo-mq-9-isolante-termico-acustico-cm-5.html

Figura. 2.6. - Mantas semirrígidas papel kraft aluminizado
Fonte: http://www.arcotec.com.br/portfolio/manta-la-de-vidro-1”denc16kgm³-creforco/

Figura. 2.7. - Placa de Gesso Cartonado Standard (Cor Branca)
Fonte: http://www.obras.phonodis.com/producto/placas/placa-foc

Figura. 2.8. - Placa de Gesso Cartonado hidrófugo (Cor Verde)
Fonte: http://www.obras.phonodis.com/producto/placas/placa-foc

Figura. 2.9. - Placa de Gesso Cartonado Ignífugo (Cor Rosa)
Fonte: http://www.obras.phonodis.com/producto/placas/placa-foc

Figura. 2.10. - Exemplo de esquema de construção de edifício em LSF
Fonte: Crasto, R. C. M. & Freitas, A & Santiago, A (2012) Steel Framing: Arquitetura. 2ª ed Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço

Figura. 2.11. - Edifício residencial de quatro pisos, usando o sistema LSF como estrutura
Fonte: http://www.otimiza.biz/galeria/

Figura. 2.12. - Painel estrutral de LSF
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.13. - União de painéis adjacentes
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.14. - União de dois painéis de canto
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.15. - União em “T” de dois painéis
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.16. - União cruzada de três painéis: opção 1
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.17. - União cruzada de três painéis: opção 2
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.18. - Alinhamentos dos perfis de piso com os de montantes das paredes (correto na esquerda e incorreto na direita)
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.19. - Contraventamento em sistema de cruz
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.20. - Alinhamentos das placas de revestimento estruturais (incorreto na esquerda e correto na direita)
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.21. - Contraventamento em sistema de cruz
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.22. - Configuração do lintel e conexão com a ombreira
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.23. - Configuração do Montante auxiliar ou "*King*" – "*King*" simples; "*King*" duplo; "*King*" triplo
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.24. - Montagem dos painéis na obra 1
Fonte: http://www.futureng.pt/portfolio:moradia-louredo

Figura. 2.25. - Montagem dos painéis na obra 2
Fonte: http://www.futureng.pt/portfolio:moradia-modelo-angola

Figura. 2.26. - Montagem dos painéis na fábrica
Fonte: http://www.northbaybusinessjournal.com/28064/codding-steel-plans-second-shift-amid-big-revenue-growth/

Figura. 2.27. - Transporte dos painéis para a obra
Fonte: http://www.pdpars.ir/tarahi.htm

Figura. 2.28. - Transporte de módulo completo para a obra
Fonte: http://www.icarus-steel.com/modular-case-studies.php?id=23&/Generic-Modular-Units

Figura. 2.29. - Desenho módulo completo
Fonte: http://www.icarus-steel.com/modular-case-studies.php?id=23&/Generic-Modular-Units

Figura. 2.30. - Esquema de "Balloon Framing"
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 2.21. - Esquema de “Platform Framing”
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 3.1. - Montagem dos painéis estruturais 1
Fonte: http://www.futureng.pt/portfolio:moradia-louredo

Figura. 3.2. - Montagem dos painéis estruturais 2
Fonte: http://www.futureng.pt/portfolio:moradia-louredo

Figura. 3.3. - Montagem dos painéis estruturais 3
Fonte: http://www.futureng.pt/portfolio:moradia-louredo

Figura. 3.4. - Montagem dos painéis na obra
Fonte: http://www.futureng.pt/portfolio:moradia-louredo

Figura. 3.5. - Montagem das placas OSB 1
Fonte: http://www.futureng.pt/portfolio:moradia-louredo

Figura. 3.6. - Montagem das placas OSB 2
Fonte: http://www.futureng.pt/portfolio:moradia-louredo

Figura. 3.7. - Vigas de piso
Fonte: http://www.futureng.pt/portfolio:moradia-louredo

Figura. 3.8. - Vigas de piso cobertas por OSB
Fonte: http://www.futureng.pt/portfolio:moradia-louredo

Figura. 3.9. - Fundação de Ensoleiramento Geral
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 3.10. - Fundação de Sapata Corrida
Fonte: ConsulSteel. (2002). Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos. Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

Figura. 4.1. - Imagem exterior do edifício Park 4200
Fonte: http://www.concept-casa.com/multi-andares/

Figura. 4.2. - Estrutura de LSF do edifício Park 4200
Fonte: http://www.concept-casa.com/multi-andares/

Figura. 4.3. - Vista exterior do edifício Bourbon Lane 1
Fonte: http://www.archdaily.com/243155/bourbon-lane-cartwright-pickard-architects/

Figura. 4.4. - Vista exterior do edifício Bourbon Lane 2
Fonte: http://www.archdaily.com/243155/bourbon-lane-cartwright-pickard-architects/

Figura. 4.5. - Vista exterior do edifício Bourbon Lane 3
Fonte: http://www.archdaily.com/243155/bourbon-lane-cartwright-pickard-architects/

Figura. 4.6. - Estrutura de ALQ do edifício Bourbon Lane
Fonte: http://www.tatasteelconstruction.com/en/sustainability/case_studies/bourbon_lane/

Figura. 4.7. - Montagem dos painéis de parede exterior do Bourbon Lane
Fonte: http://www.tatasteelconstruction.com/en/sustainability/case_studies/bourbon_lane/

Figura. 4.8. - Corte pela fachada
Fonte: http://www.bcarchitectes.com/architecture-acier-construction-0109/

Figura. 4.9. - Vista exterior do edifício Brightwell Court
Fonte: http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/publications/acoustics/

Figura. 4.10. - Montagem dos painéis de parede exterior do edifício Brightwell Court
Fonte: http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/publications/acoustics/

Figura. 4.11. - Parede de meação dos apartamentos
Fonte: http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/publications/acoustics/

Figura. 4.12. - Infraestruturas seladas apos montagem em alvenaria de tijolo
Fonte: http://www.ufrgs.br/eso/content/?cat=13

Figura. 4.13. - Montagem infraestrutura em parede de LSF
Fonte:

Figura. 4.14. - Composição de laje seca
Fonte: http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/publications/acoustics/

Figura. 4.15. - Conexão entre a laje e a parede de meação
Fonte: http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/publications/acoustics/

Figura. 4.16. - Paragon Project – imagem exterior
Fonte: http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/publications/acoustics/

Figura. 4.17. - Paragon Project – imagem exterior
Fonte: http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/publications/acoustics/

Figura. 4.18. - Montagem do módulo
Fonte: http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/publications/acoustics/

Figura. 4.19. - Estrutura do módulo
Fonte: http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/publications/acoustics/

Figura. 4.20. - Componentes da Laje piso
Fonte: http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/publications/acoustics/

Figura. 5.1. - Planta de localização
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.2. - Planta de implantação
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.3. - Alçado volumétrico do edifício na Rua Augusto Rosa
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.4. - Corte transversal do volumétrico do edifício
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.5. - Fotográfica da maquete do edifício implantada no local de intervenção
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.6. - Planta do Piso 2/3/4 – Pisos de Habitação
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.7. - Planta do Rés-do-chão – Comercio e acesso ao pátio interior e acesso ao interior do quarteirão
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.8. - Planta do Piso -1 - Garagem
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.9. - Estrutura do edifício 1
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.10. - Estrutura do edifício 2
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.11. - Estrutura do edifício 3
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.12. - Estrutura do edifício 4
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.13. - Planta estrutural dos Piso 2/3/4
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.14. - Planta de fundações – Piso da garagem
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.15. - Corte transversal ao nível da garagem
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.16. - Planta da fachada para o interior do pátio, virada para a galeria de acessos
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.17. - Planta da fachada para exterior, virada para a Rua Augusto Rosa
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.18. - Cortes pelas fachadas exteriores e interiores
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.19. - Planta da interior da habitação. Paredes divisórias de compartimentos e parede meação de habitações
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.20. - Pormenor do piso e parede exterior
Fonte: André Poças Gaspar

Figura. 5.21. - Pormenor da cobertura e parede exterior
Fonte: André Poças Gaspar

Índice de Tabelas

Tabela 1.1. - Designação dos perfis de aço formados a frio e as suas medidas
Fonte: Crasto, R. C. M. & Freitas, A & Santiago, A (2012) Steel Framing: Arquitetura. 2ª ed Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço e Rego, D. J. M. (2012) Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

Tabela 1.2. – Legenda de perfil
Fonte: Rego, D. J. M. (2012) Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

Tabela 2.1. - Junção das paredes de flanqueamento com as paredes de compartição
Fonte: Braine-Bonnaire, T. (2005) European Lightweight Steel-Framed Construction, 2ª ed. Luxembourg: Arcelor

Tabela 3.1. - Perfis de Aço Laminado a Quente

Tabela 3.2. - Relação da espessura parede com Isolamento acústico e térmico
Fonte: Braine-Bonnaire, T. (2005) European Lightweight Steel-Framed Construction, 2ª ed. Luxembourg: Arcelor

Tabela 3.3. - Exemplos de paredes exteriores e seu comportamento térmico
Fonte: Braine-Bonnaire, T. (2005) European Lightweight Steel-Framed Construction, 2ª ed. Luxembourg: Arcelor

Tabela 3.4. Tabela comparativa de vários tipos de paredes secas e paredes de alvenaria de tijolo
Fonte: Pfau, J. & Tichelmann, K. (2008) Detail Practice - Dry Construction: Principles, Deatils, Examples. 1ª ed Berlim: Birkhauser

Tabela 3.5. – Tabela comparativa de Lajes Secas e Laje de Aligeirada de Betão
Fonte: Braine-Bonnaire, T. (2005) European Lightweight Steel-Framed Construction, 2ª ed. Luxembourg: Arcelor

Resumo

Ao longo do seculo XX o betão armado foi ganhando espaço na construção portuguesa como o principal material para uso estrutural. Este espalhou-se a todos os géneros de construção, independentemente se era a solução mais eficiente para cada caso específico. Fora de Portugal o betão armado tem que concorrer com outros sistemas construtivo, que em muitos dos casos são mais eficientes. Um desses sistemas é o *Light Steel Framing,* usado um pouco por todo o mundo como uma alternativa ao betão armado.

Hoje em dia procura-se encontrar soluções para uma construção mais sustentável e amiga do ambiente. Neste campo o betão armado começa a perder valias face a outros sistemas construtivos mais eficientes e racionais. Essas soluções, em muitos dos casos, são mais económicas para se construir e para se manter.

O ritmo acelerado dos dias de hoje também se reflete na construção. Sistemas racionais como Light Steel Framing permitem uma construção muito mais rápida, eficiente e com poucos desperdícios. A qualidade de construção deste tipo de edifícios vai-se refletir na qualidade de vida dos seus ocupantes.

Ter uma alternativa credível á construção tradicionalmente feita em Portugal é o primeiro passo para um futuro mais económico, sustentável e de qualidade.

Palavras Chave: Light Steel Framing; Betão armado; Sustentabilidade; Rapidez; Qualidade de vida; Racionalidade

Abstract

Throughout the twentieth century, concrete was the main structural material used in Portuguese construction. In that time concrete spread to all kinds of construction, regardless if it was the most efficient solution for each specific case. Outside Portugal the concrete has to compete with other constructive systems, which in many cases are more efficient. One of those systems is the Light Steel Framing, which is used all over the world as an alternative to concrete.

Nowadays we try to find a construction system solution more sustainable and friendly to the environment. In that field concrete begins to lose to other building systems that are more efficient and rational. Those solutions, in many cases, are more economical to build and to maintain.

The fast pace of today is reflected in the construction. Rational systems such Light Steel Framing allow to build much more quickly, efficiently and with little waste. The quality of construction of such buildings will be reflected in the quality of life of the occupants.

Having a credible alternative to the traditionally construction made in Portugal is the first step to a brighter future economically, sustainable and with quality.

Keywords: Light Steel Framing, Concrete, Sustainability, Speed, Quality of life; Rationality

Lista de Abreviaturas

ALQ: Aço Laminado a Quente

GC: Gesso Cartonado

LSF: Light Steel Framing

OSB: Oriented Strand Board

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação do Objeto de Estudo

A pressente dissertação pretende debruçar-se sobre o estudo de uma nova solução construtiva em estrutura metálica, o *Light Steel Framing* (LSF), focando-se em novos edifícios habitacionais. Este estudo passará pela análise do sistema construtivo proposto e sua comparação com a solução construtiva mais corrente usada em Portugal, o betão armado e a alvenaria de tijolo. Após esta análise, será apresentado um caso pratico, para esta nova solução construtiva, desenvolvido no âmbito das disciplinas de Projeto III e Projeto IV, do ano letivo 2012/2013.

O caso prático apresentado é de um edifício de habitação coletiva, localizado na Rua Augusto Rosa, freguesia da Sé, concelho do Porto, fazendo o fecho do quarteirão.

1.2. Objetivos

A presente dissertação tem como objetivo apresentar uma nova maneira de construir e tentar compreender como o *Light Steel Framing* pode mudar o paradigma da construção em Portugal.

Começando por tentar desmistificar o uso de soluções estruturais metálicas e pré-fabricadas na construção habitacional, passando pela apresentação e clarificação do sistema construtivo LSF e, por fim, através de um estudo comparativo do sistema de Light Steel Framing com a construção realizada nos dias de hoje em Portugal, tentando então perceber os pontos fortes, os pontos fracos e as vantagens e desvantagens deste novo sistema.

1.3. Contextualização e Justificação do Tema

Os processos construtivos tradicionais de alvenaria e betão armado, em Portugal, tem uma longa história. Embora tenha evoluído em diversos aspetos, a sua conceção básica manteve-se a mesma. Continua a ser um processo pouco racional e que provou ao longo dos anos ser ineficiente em relação à racionalização dos materiais de construção.

Atualmente ao percorrermos uma obra, uma das visões mais recorrentes que temos é o desperdício de material. Estes desperdícios advêm de processos construtivos incoerentes que dificilmente podem mudar. Passando pelo impacto ambiental que o desperdício indevido de matérias-primas implica e o consequente incremento no preço final da obra. Há que começar a refletir sobre esta problemática e procurar encontrar alternativas viáveis para a construção tipicamente feita em Portugal.

Analisando o que é feito fora do nosso país, verificamos que existem alternativas á construção feita em Portugal. Países como os Estados Unidos da América, Canadá, Austrália e países do norte da Europa, já nos mostraram que existem alternativas viáveis, eficientes e até economicamente mais interessantes.

Dependendo do tipo de construção, as alternativas mais recorrentes nesses países são feitas em estruturas de madeira ou em estruturas de aço. Ambas têm os seus pontos fortes e fracos, mesmo em comparação com construções de betão e alvenaria.

Contudo a escolha de qual sistema construtivo utilizar não deve ser descurada. Embora seja possível uma grande variedade criativa arquitetónica em todos os sistemas, as limitações inerentes dos materiais utilizados em cada sistema construtivo limita-nos nessa mesma criatividade arquitetónica. A madeira já mostrou ser um material muito versátil na construção e vem sendo utilizada durante muitos milénios, mas já demonstrou também as suas limitações, especialmente no que diz respeito á altura máxima possível que um edifício pode atingir.

Usar um sistema em aço, como alternativa ao betão armado, pode ser a escolha mais viável para o nosso país. Os sistemas construtivos em aço podem seguir dois caminhos. O uso de um sistema estrutural em aço laminado a quente como alternativa ao betão é o mais comum em Portugal, já que segue os mesmos princípios de pilares e vigas para criar a estrutura de um edifício. Um outro caminho é usar um sistema em estrutura de aço leve, pouco conhecido e utilizado em Portugal, conhecido por “Light Steel Framing” (LSF), um sistema de perfis enformados a frio de aço galvanizado de pouca espessura. Este é um sistema que se assemelha mais às construções em madeira e á construção tradicional em alvenaria de pedra, por usar uma estrutura de painéis autoportantes. Um dos pontos de interesse deste processo construtivo é a possibilidade de criar uma construção seca, ou seja uma construção desprovida da utilização de argamassas. Este conceito de construção a seco, pode valer a pena prosseguir e explorar, devido à racionalidade do sistema, dos materiais e porque permite uma elevada sustentabilidade. O sistema LSF em conjugação com estrutura de aço pesado (Aço Laminado a Quente), poderá ser uma alternativa para a construção tipicamente feita em Portugal.

1.4. Metodologia e Estrutura do Trabalho

A pesquisa referente a este estudo iniciou-se pela recolha de informação visitando diversos locais, como bibliotecas públicas, bibliotecas académicas e livrarias, com o intuito de encontrar informação gráfica e textual relevante ao tema a ser estudado. Foi feita também pesquisa *online* em *sites* relacionados com o tema, consulta e recolha de teses em repositórios *online*.

A fase inicial de investigação dividiu-se em duas partes. A primeira passou pela recolha, e consequente organização e arquivamento do material reunido. Na segunda parte foi feita a análise dos dados recolhidos, e a organização da estrutura do estudo face à informação analisada. Por fim, foi feita a sistematização, síntese e tiradas conclusões com base na informação recolhida.

A estrutura deste trabalho divide-se por sete capítulos. O primeiro é o capítulo introdutório onde se faz apresentação do objeto de estudo, dos objetivos propostos a alcançar, da contextualização e justificação do tema. Neste capítulo são ainda apresentadas a metodologia e estrutura do trabalho.

O segundo capítulo é referente á contextualização e evolução dos sistemas construtivos. Neste capítulo é apresentada uma pequena evolução histórica da construção, passando pela construção tradicional feita em Portugal de betão armado e pela construção com recurso a estruturas metálicas. Ao longo do capítulo, são também apresentados conceitos que serão abordados durante deste estudo. Esses conceitos são referentes a construção industrial, construção pré-fabricada, construção seca, *light steel framing e e*struturas metálicas em aço.

O terceiro capítulo apresenta o sistema construtivo, em que este estudo se foca, o *light steel framing.* O capítulo começa por introduzir o sistema construtivo e os seus métodos de construção e são mencionados os materiais mais utilizados na construção de LSF e as suas características. De seguida são apresentadas as vantagens que o sistema possui e por fim os conteúdos relativos à segurança do LSF.

No quarto capítulo são descritos os elementos constituintes do sistema LSF e como estes funcionam. Esses elementos são as paredes, as lajes e as fundações.

O quinto capítulo faz um estudo comparativo entre o sistema de LSF e a construção corrente feita em Portugal de betão armando e alvenaria de tijolo vazado, apresentando o LSF como alternativa, recorrendo a diversos casos de estudo. Neste capítulo, são então comparados os dois sistemas construtivos e os elementos que os constituem, com vários exemplos de paredes e lajes utilizados em cada um. Esta comparação baseia-se em valores referentes às caraterísticas de qualidade que cada elemento apresenta.

No sexto capítulo é apresentado um caso pratico onde são aplicadas as soluções que foram estudadas nos capítulos anteriores, tentando apresentar uma solução coerente e justificada.

No sétimo e último capitulo, são apresentadas as conclusões finais referentes ao estudo realizado.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO E EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS

2.1. Da Pré-história à Atualidade

Em toda a história do Homem, este sempre procurou abrigar-se contra as adversidades da natureza, seja contra as intempéries ou contra os animais que o ameaçavam. Inicialmente o Homem utilizou como abrigo o que a natureza lhe providenciava, as cavernas. Com o evoluir dos tempos passou a construir os próprios abrigos, utilizando os materiais que conseguia recolher na natureza. Com o tempo os abrigos foram ganhando uma maior complexidade face às crescentes exigências de qualidade para habitar, pretendidas pelo Homem. Como tal, os materiais de construção utilizados tiveram que evoluir, passando de apenas serem recolhidos na natureza a serem transformados e adaptados para melhor corresponderem às exigências construtivas.

Apesar de com o tempo a complexidade e tamanho dos edifícios fossem aumentando as matérias-primas para essas construções mantiveram-se as mesmas. Pedra e madeira foram durante grande parte da história do Homem os materiais base para a construção

2.1.1. Construção Tradicional

No final do século XIX surge um novo material que veio revolucionar a construção, o betão. A utilização deste novo material veio trazer grandes mudanças ao panorama arquitetónico. Em Portugal o betão armado foi introduzido no início do seculo XX e foi substituindo aos poucos a alvenaria de pedra como elemento estrutural.

Durante a década de 30, o betão armado começou a ser introduzido aos poucos em edifícios de alvenaria de pedra, substituindo os pavimentos de madeira por lajes maciças de betão, em locais como cozinhas, quartos de banho e varandas. É também no decorrer desta década que surgem os primeiros edifícios com estrutura totalmente feita em betão armado, mas é apenas em meados de 1950 que este tipo de estrutura passa a ter uma grande expressão no edificado português. No decorrer deste período e até meados da década de 60 banalizou-se o tipo de construção. É neste período que começam a aparecer e a ser usadas as estruturas porticadas de betão armado com lajes de betão e fechamento com paredes duplas de alvenaria de tijolo.[1]

Toda esta mudança no paradigma da construção portuguesa que o betão armado proporcionou, veio dar resposta às carência e limitações que os materiais até ai utilizados apresentavam. O betão armado tem sido até os dias de hoje o material que melhor responde as necessidades estruturais dos edifícios, quer a nível de resistência, de economia e durabilidade.

Embora o betão armado seja hoje em dia a solução mais viável e competitiva na construção em Portugal, apresenta também desvantagens. O seu processo de produção é dispendioso, requer grandes consumos energéticos e necessita grandes quantidades recursos naturais, que são

[1] ***NESDE - Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas (2007)*** disponível em: http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol_tipol.html

limitados. Estes problemas de nível ambiental estendem-se também à demolição das estruturas de betão armado, devido a existirem grandes dificuldades na reciclagem da maioria dos resíduos dai provenientes.

2.1.2. Construção com recurso ao Metal

A construção com recurso ao metal, ou arquitetura do ferro, teve o seu grande impulso e desenvolvimento no decorrer dos séculos XIX e XX. O advento da revolução industrial gerou uma nova realidade socioeconómica e tecnológica, mudando assim a forma de pensar das pessoas. O desenvolvimento da indústria metalúrgica, a par do surgimento da máquina a vapor e de novas fontes energéticas como a eletricidade e o petróleo, veio refletir-se na arquitetura.

O grande impulsionador da arquitetura do ferro foi, em grande parte, o desenvolvimento dos caminhos-de-ferro, já que com este veio a necessidade da construção de pontes, grande parte em ferro, e edifícios de suporte, como as estações de comboio. Durante o século XIX, o uso do metal na arquitetura estendeu-se para lá das pontes e estações ferroviárias, a edifícios de caracter utilitário, como mercados, grandes armazéns e aos pavilhões das exposições mundiais, muito em voga nesse século.

Com o evoluir dos conhecimentos técnicos e construtivos, das estruturas em ferro, os arquitetos puderam começar a focar-se cada vez mais na estética dos edifícios. Começam então a surgir edifícios públicos de grande dimensão e relevância, que tiram partido das possibilidades estruturais do ferro. Exemplo disso é a biblioteca de Ste. Geneviève (1843-50), em Paris, França, do arquiteto Henri Labroust ou o Mercado Ferreira Borges (1885-1888), no Porto, Portugal, do arquiteto João Carlos Machado.

Nos Estados Unidos da América em 1871 dá-se o grande incendio de Chicago, que destrói a maioria da cidade. Chicago nessa altura era um polo industrial e um grande centro financeiro, fazendo com que houvesse uma grande necessidade de reconstrução. Á data a arquitetura nos Estados Unidos da América copiava maioritariamente o modelo de construção dos países europeus, em que grande parte dos edifícios era de construção de madeira.

Face à grande necessidade de reconstruir, aliada à especulação imobiliária, os edifícios começam a ser projetos em altura, respondendo á carência crescente de terrenos nessa época. Surge então um novo modo de construir apoiado na indústria do ferro existente nas proximidades da cidade. Esta nova linguagem usa o aço como material estrutural e o vidro como o principal elemento das fachadas. Aliada ao desenvolvimento do elevador permite que os edifícios cresçam em altura, criando uma nova forma de projetar.

O arquiteto e engenheiro William Le Baron Jenney foi o primeiro a construi um edifício em arranha-céus, ficando conhecido como um dos pioneiros da chamada Escola de Chicago. Esse edifício, considerado o primeiro arranha-céus, foi o *Home Insurance Building* construído em 1884 e demolido em 1931. Este foi também o primeiro edifício a usar uma estrutura totalmente em aço. É

importante referir nomes como Daniel Burnham, Dankmar Adler e Louis Sullivan, já que estes tiveram uma grande influência no desenvolvimento desta nova forma de construir.

Fig.1.1. Exterior da Biblioteca de Ste. Geneviève, Paris, França

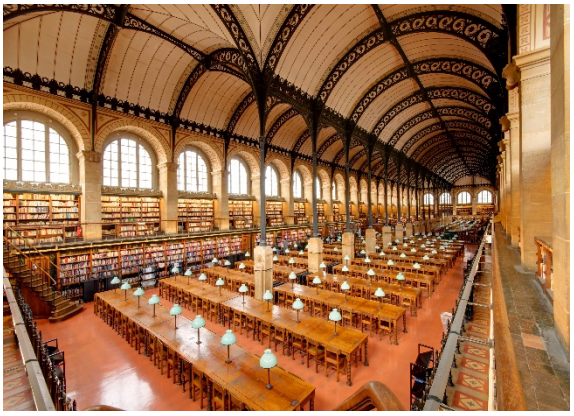


Fig.1.2. Interior da Biblioteca de Ste. Geneviève, Paris, França

Fig.1.3. Exterior do Mercado Ferreira Borges, Porto, Portugal

Fig.1.4. Exterior do edifício Home Insurance Building, Chicago, Estados Unidos da America

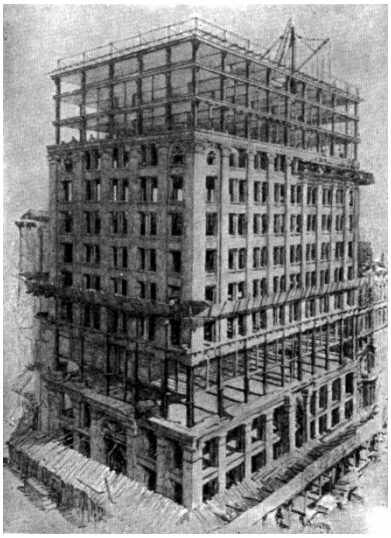


Fig.1.5. Desenho da construção do edifício Home Insurance Building, Chicago, Estados Unidos da America

2.2. Conceitos

2.2.1. Construção e Industrialização

A possibilidade de se poder criar materiais de construção de forma repetida, mecânica e facilmente, veio impulsionar a construção. As mudanças que a revolução industrial gerou refletiram-se em muito na arquitetura. Desde o aumento da qualidade e controlo dos materiais de construção, passando pela pré-fabricação de elementos estruturais como peças de betão pré-esforçado ou estruturas completas de aço, à maior facilidade de construção e transporte, possibilitada pelas máquinas vapor.

A industrialização na construção civil está ligada a um processo racionalização da mesma. Está racionalização facilita os processos de construção, desde a fase de produção dos materiais à fase de construção na obra. Com a industrialização veio também a standardização dos materiais, facilitando assim a construção, já que os seus elementos base são sempre similares.

2.2.2. Construção Pré-Fabricada

A pré-fabricação na construção passa por realizar a maior quantidade possível de trabalho fora do local da obra. Este processo consiste em criar módulos de partes individuais do edifício ou elementos individuais, como paredes, pisos e coberturas, agregando-os á posteriori no local de construção.

Através do processo de pré-fabricação de módulos é possível fabricar partes individuais do edifício parcial ou totalmente acabadas, como por exemplo casas de banho. Estes módulos podem já vir com os acabamentos interiores e exteriores e como no caso das casas de banho vir com o mobiliário fixo já no seu local respetivo.

O processo de pré-fabricação pode ser também ser parcial. Neste caso, ao invés de unidades completas apenas temos partes individuais, com paredes, pisos ou coberturas. Assim, partes pequenas dos edifícios são pré-montadas em fábrica e transportadas posteriormente para a obra onde serão montadas.

O conceito de Pré-fabricação e de industrialização estão muitos ligados entre si, já que a pré-fabricação passa normalmente por processo de montagem industrializado.

2.2.3. Construção Seca

Construção seca caracteriza-se como sendo um tipo de construção que nunca ou quase nunca necessita de água. Ao contrário da construção tradicional, esta não utiliza argamassas e betão na sua conceção. A construção seca é também associada à uma construção mais limpa devido à ausência de grandes quantidades de entulho na obra, característica presenta na construção tradicional.

Geralmente este tipo de construção está associado a processos de construção pré-fabricados e industrializados, em que os materiais usados nesses sistemas são normalmente o aço ou madeira. Em combinação com outros materiais, também eles industrializados, como placas de gesso acartonado, placas cimentícias, lãs-minerais, derivados de madeira, etc. consegue-se executar uma obra sem a necessidade de água e argamassas.

2.2.4. Light Steel Framing

Light Steel Framing é a expressão usada a nível mundial quando se fala de estruturas de aço enformado a frio. A expressão de Light Steel Framing é traduzida para o Português como Estrutura Ligeira em Aço, que por si mesma expressa o caracter deste sistema construtivo.

Dissecando a expressão Light Steel Framing pelas suas palavras constituintes, em que Light corresponde a Leve, Steel corresponde a Aço e Framing a Estrutura, podemos perceber então como este sistema funciona.

Light (Leve) – É um tipo de estrutura leve, constituída por perfis de baixo peso. Esses perfis são feitos á partir de chapas de aço de baixa espessura e moldados a frio, com o intuito de lhes dar uma forma que permite sustentar cargas. Os perfis dai resultantes vão ser os elementos resistentes da estrutura do edifício.

Steel (Aço) – Aço é o material que compõem os perfis deste sistema construtivo, concedendo a este uma versatilidade e facilidade de produção. O aço usado neste sistema possui características próprias e especificas a este tipo de estrutura, como por exemplo o de passar por um processo de galvanização que lhe confere proteção contra a corrosão e consequentemente um longo tempo de vida.

Framing (Estrutura) – A palavra *Framing* é utilizada na língua inglesa para definir o tipo de estrutura usada neste género de construção. Este tipo de estrutura os perfis leves em aço galvanizado são unidos e usados em conjunto para criar um género de esqueleto do edifício, definindo a sua forma e suportando o edifício.

2.2.5. Estruturas Metálicas em Aço

Quando se fala em construções de aço em Portugal as pessoas associam rapidamente essas construções a estruturas metálicas em aço. Este tipo de sistema estrutural em aço pesado é o que mais se assemelha ao sistema estrutural de betão armado, já que na base da conceção de ambos está um sistema estrutural porticado, composto de pilares e vigas. No caso das estruturas metálicas em aço estas são compostas por perfis pré-fabricados de aço laminado a quente (ALQ), estes perfis são vulgarmente conhecido por perfis I ou H.

Este tipo de estrutura, está normalmente associado a edifícios de carater industrial, como pavilhões, fábricas, pontes, edifícios de grandes dimensões e que necessitam de grandes vãos livres. Contudo podem e são usadas em edifícios de habitação, embora tendo pouca expressão no total das construções habitacionais realizadas em Portugal.

3. LIGHT STEEL FRAMING

3.1. Materiais

3.1.1. Perfis Enformados a Frio

Os perfis usados no LSF são fabricados a partir de chapas de aço galvanizado que adquirem a sua forma por um processo de moldagem a frio. O processo de galvanização ao qual as chapas são sujeitas é importante devido a conferir ao aço uma elevada durabilidade, protegendo-o contra as ações de corrosão. O aço usado nestas chapas tem ainda características próprias que lhe conferem a devida resistência, permitindo que seja usado como material construtivo e resistente a cargas elevadas.

É através do processo de moldagem que as chapas de aço vão adquirir a resistência necessária para poderem ser usadas como elemento estrutural. Os perfis resultantes desse processo, são usados para a construção de painéis que vão constituir as paredes exteriores e interiores do edifício, como também as lajes de piso e cobertura. No LSF são usados essencialmente três tipos de perfis. Os diferentes perfis têm uma secção próprio e são usados para funções destintas. Esses perfis são designados por perfis C, Ue ou Montantes, perfis U ou Canais e Perfis L ou Cantoneiras. Cada perfil vai ser usado para uma função específica.

Os perfis de secção Ue ou Montantes são moldados de forma a poderem resistir a cargas e como tal usados como montantes estruturais. Estes perfis vão constituir os elementos estruturais da construção e vão suportar as cargas do edifício. Na construção de LSF, normalmente são usados perfis Ue com secções de 90, 150, 200 e 250 mm, sendo os perfis com secção de 90 e 150 mm usados para criar os painéis de paredes interiores e exteriores, respetivamente, enquanto os perfis de secção de 200 e 250 mm são usados para a criação das lajes de piso e cobertura. Este tipo de perfis, preferivelmente, nunca devem ter uma espessura inferior a 1,5 mm, no caso dos perfis de 90 e 150 mm de secção, nunca menos de 2 mm para os perfis de 200 mm e 2,5 mm para os perfis de 250 mm.[1]

Perfis de secção U, ou canais, são usados para ligar as extremidades dos perfis Ue e assim formarem os painéis. Este tipo de perfis não servem para suportar cargas verticais, apenas têm a função de transmitir esforços horizontais. As suas dimensões de secção são ligeiramente superiores ás dos perfis Ue já que estes últimos vão encaixar nos perfis de canais.

Por fim, os perfis L ou cantoneiras servem para reforçar as várias conexões ou conectar perfis paralelos uns aos outros. As suas duas abas têm geralmente as mesmas dimensões e variam de tamanha entre os 50 ou 100 mm, tendo uma espessura de 1,5 mm.

[1] **Futureng** (2013) Disponível na internet em: www.futureng.pt/perfis-de-aco-galvanizado

O uso destes perfis em aço galvanizado apresenta as seguintes vantagens[2]:

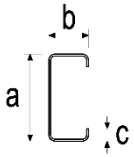
- Elevada relação resistência-peso
- Facilidade de manuseamento e transporte
- Processo de fabrico simples, o que permite produção em massa
- Flexibilidade na conceção arquitetónica
- Harmonia com os restantes materiais de construção

Existem também perfis com as mesmas seções dos perfis anteriores mas que não têm a função de estruturantes. Esses têm espessura igual ou inferior a 0,6 mm e são usados apenas em paredes divisórias não estruturais.

Tabela 1.1. - Designação dos perfis de aço formados a frio e as suas medidas[3]

Secção Transversal	Designação	Utilização	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm
	U Enrijecido *Ue* Montantes	Bloqueador Enrijecedor de Alma Montante Verga Viga	90	43	1,5
			150		1,5
			200		2
			250		2,5
	U Simples *U* Canais	Guia Ripa Bloqueador Sanefa	93	43	1,5
			153		1,5
			204		2
			255		2,5
	Cantoneira de Abas *L*	Cantoneira Reforço de conexões	50	50	1,5
			100	100	1,5

Tabela 1.2. – Legenda de perfil

Perfil	a	b	c
	Alma	Banzo	Borda

[2] **Rego, D. J. M. (2012)** *Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing*, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa – p. 12

[3] Tabela adaptada de: **Crasto, R. C. M. & Freitas, A & Santiago, A (2012)** *Steel Framing: Arquitetura.* 2ª ed Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço - p. 23 e **Rego, D. J. M. (2012)** *Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing*, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa – p. 14

3.1.2. OSB

Oriented Strand Board, ou OSB, são placas estruturais compostas por lamelas de madeira orientadas com cerca de 10 cm de comprimento. As lamelas são misturadas com resinas e cera, sendo depois prensadas a alta pressão e altas temperaturas, unindo-as e conferindo-lhes resistência à humidade. As placas resultantes deste processo são então dispostas em três camadas, perpendiculares entre si, conferindo ao painel final uma maior resistência e estabilidade.

Devido às características que placas de OSB apresentam, como grande resistência, baixo peso, fácil manuseio e instalação, estas apresentam uma grande versatilidade de uso, "podendo ser utilizadas em forros para telhados, bases para paredes e pisos de construções residenciais, empacotamento, armações para mobiliários, tapumes e divisórias, decks e plataformas, entre outros." [4]

Como referido anteriormente, devido às suas características, o OSB é usado como base para revestir as estruturas de LSF. Mas não deve estar exposto às intempéries e como tal tem que ser revestido com um acabamento impermeável.

Para além de ser um material estrutural, as suas características permitem-lhe que melhore as propriedades de isolamento térmico e acústico do edifício, quando são usadas como base de fachadas, pisos e coberturas.

Fig. 2.1. - Placa de OSB

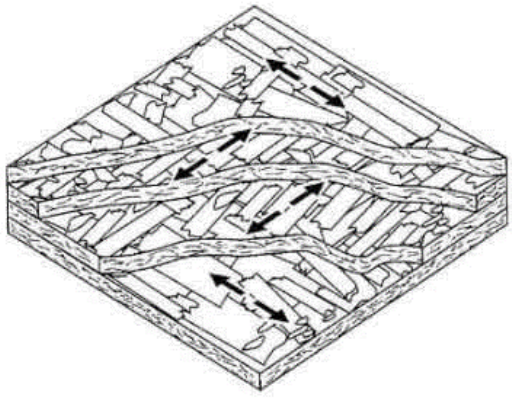


Fig. 2.2. - Orientação das fibras da placa de OSB

[4] **Rego, D. J. M. (2012)** *Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing*, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa – p. 16 e 17

3.1.3. Lã-Mineral

Lãs-minerais, tais como lã-de-rocha e lã-de-vidro, são usadas na construção como isolamentos acústicos e térmicos. No sistema LSF é recorrente usar a lã-de-rocha em detrimento da lã-de-vidro, já que esta última necessita de cuidados de manuseamento acrescidos, como o uso de óculos, mascara de proteção e evitar ao máximo que esta entre em contacto com a pele já que pode provocar irritação.

A lã-de-rocha é criada através de um processo de centrifugação a temperaturas de 1500^0 a partir de rochas basálticas e outros minerais. Deste processo resultam fibras minerais que são então aglomeradas com resinas orgânicas para ciar algo semelhante a lã.

Este material apresenta algumas vantagens, em comparação com outros tipos de isolamentos:

- "É incombustível e tem estabilidade mecânica até à temperatura de 750°C;
- Não liberta gases tóxicos e não provoca alergias;
- Excecional nível de absorção acústica e excelente comportamento térmico;
- Não retém água devido à sua estrutura não capilar;
- Não se altera com o passar dos anos;
- Permite a passagem do ar;
- Recupera sempre a espessura original após retirada a força deformadora;" [5]

Como material construtivo encontramos a lã-de-rocha em vários formatos, com funções específicas. Entre esses formatos temos; "Painéis rígidos de alta densidade - indicados para proteção ao fogo em estruturas metálicas; Flocos amorfos - indicados para sistemas com difícil acesso; Mantas leves e flexíveis - indicados para isolamentos termo-acústicos;" [6] Mantas semirrígidas com papel kraft aluminizado, indicadas para isolamento de superfícies não lineares.

Fig. 2.3. - Painéis rígidos

Fig. 2.4. - Flocos

Fig. 2.5. - Mantas leves e flexíveis

Fig. 2.6. - Mantas semirrígidas papel kraft aluminizado

[5] **Fibrosom** (2013) Disponível na internet em: www.fibrosom.com/materiais.aspx?art=6

[6] **Rego, D. J. M. (2012)** *Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing*, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa – p. 18

3.1.4. Gesso Cartonado

As placas de gesso cartonado (GC) são compostas, essencialmente, por gesso, alguns aditivos e cartão. Estas placas são fabricadas prensando uma pasta composta pelo gesso, água e aditivos entre duas camadas de cartão. Após secagem, a placa resultante deste processo, é cortada com as medidas desejadas. Normalmente as placas de gesso cartonado têm medidas de 120 mm de largura por 1800 a 3000 mm de comprimento e espessuras de 9.5, 12.5 e 15 mm.

Este tipo de placas não são estruturais e devem estar protegidas contra as intempéries. Normalmente são usadas no interior dos edifícios para o revestimento de estruturas de LSF e "*Draywalls*". Estas são fixas aos perfis metálicos do LSF através de parafusos ou coladas diretamente a paredes de alvenaria de tijolo. Após a sua fixação são feitos os acabamentos finais, em que as juntas entre as placas são seladas com uma pasta própria e uma tira de papel ou rede. As juntas são depois lixadas, finalizando assim a plano de parede em gesso cartonado. A partir dai a parede fica pronta para receber um acabamento de pintura ou para qualquer outro tipo de revestimento desejado.

Existem também três variantes de placas de GC, cada uma com a sua própria função. Gesso cartonado *standard*, gesso cartonado hidrófugo e gesso cartonado ignífugo. As placas de GC *standard* são usadas em áreas secas, as placas de GC hidrófugo são aplicadas em zonas sujeitas a humidades e as placas de GC ignífugo são aplicas em zonas secas e apropriadas para o uso em paredes com necessidade de maior resistência ao fogo.

Fig. 2.7. - Placa de Gesso Cartonado Standard (Cor Branca)

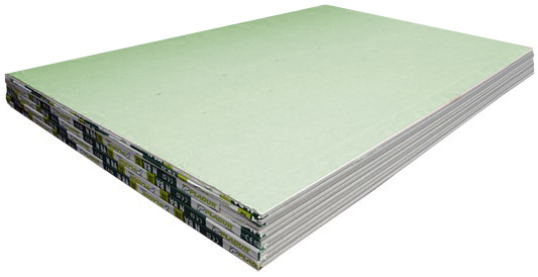


Fig. 2.8. - Placa de Gesso Cartonado hidrófugo (Cor Verde)

Fig. 2.9. - Placa de Gesso Cartonado Ignífugo (Cor Rosa)

3.2. Sistema Construtivo

O Light Steel Framing é um sistema estrutural racional composto por vários perfis leves de aço galvanizado formados a frio. Este sistema divide as cargas do edifício por diversos elementos estruturais que, funcionando em conjunto, vão formar painéis que compõem a estrutura do edifício.

Para perceber como o sistema de LSF funciona é preciso saber quais são os elementos que o constituem: [7]

- Bloqueador: Perfil usado para travamento lateral de montantes e vigas;
- Canal ou perfil U: Perfil usado na base e topo dos painéis de parede e no encabeçamento de vigas;
- Fita Metálica: Fita de aço galvanizado usada para o contraventamento de painéis e vigas;
- Lintel: Perfis usados, na horizontal, sobre as aberturas dos painéis para suportar a estrutura;
- Montante: Perfil vertical usado na constituição dos painéis de parede;
- Viga: Perfis usados nas lajes de piso e coberturas planas;
- Reforço de Alma: Perfil usado na vertical para reforçar o apoio das vigas de piso;
- Revestimento Estrutural de Fechamento Externo: Placa estrutural de revestimento externo do edifício, usualmente OSB;
- Revestimento de Fechamento Interno: Placa usada para revestir os painéis do interior do edifício, sendo normalmente gesso cartonado;

[7] **Rego, D. J. M. (2012)** *Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing*, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa – p. 9

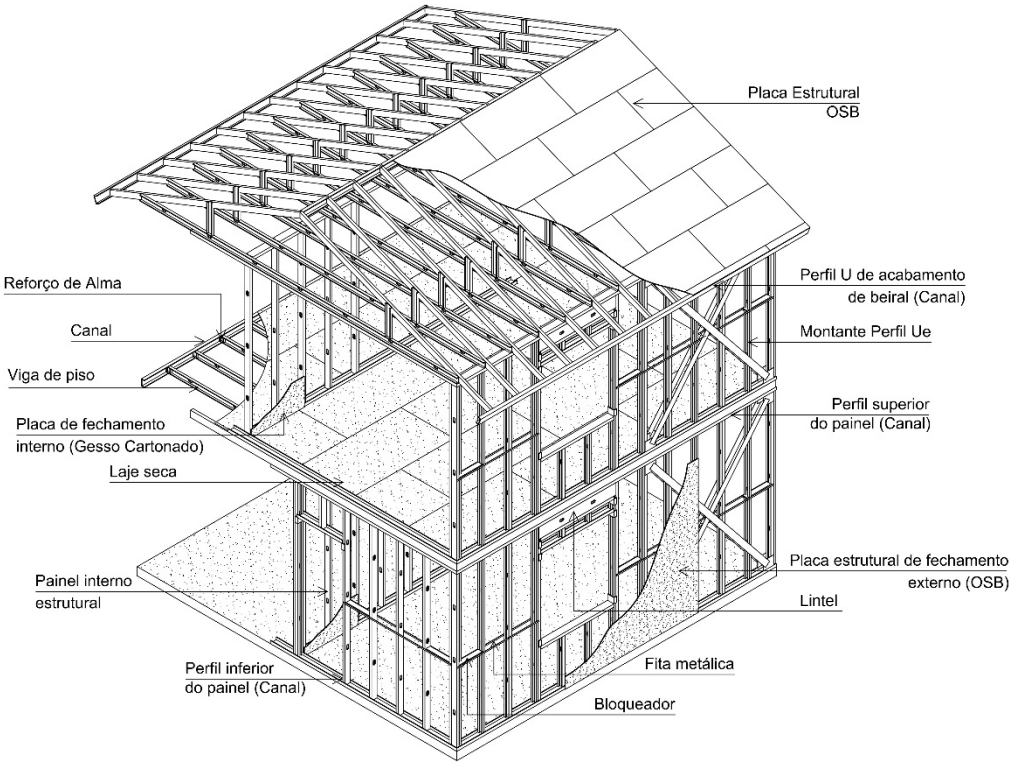


Fig. 2.10. - Exemplo de esquema de construção de edifício em LSF

Fig. 2.11. Edifício residencial de quatro pisos, usando o sistema LSF como estrutura

3.2.1. Painéis

Para os perfis trabalhem em conjunto estes são unidos, usando parafusos específicos para o efeito, formando painéis estruturais que serão as paredes do edifício. Os painéis são compostos por perfis Ue (montantes) e U (canais). Os montantes são os perfis verticais dos painéis e são estes, que vão transmitir as cargas verticais exercidas na estrutura até às fundações. Os canais são usados para unir os montantes nas suas extremidades fazendo com que estes trabalhem em conjunto e vão transmitir as cargas horizontais exercidas na estrutura.

Como referido anteriormente, este é um sistema racional e como tal, os painéis seguem uma modulação específica. A modulação é referente ao espaçamento que os montantes têm entre si, variando o espaçamento entre os montantes 400 ou 600 mm, chegando em casos extremos aos 200 mm.[8] Quanto maior for o espaçamento entre montantes, maior é a carga que cada um tem que suporta individualmente. Na maioria dos casos a modulação não é consequência do nível carga que o painel tem que suportar, mas consequência da distância que os perfis que compõem as lajes têm que vencer.[9]

3.2.1.1. Uniões de Painéis

A união de painéis estruturais é um facto importante para que o sistema funcione como um todo. As uniões são feitas de diversas formas, conforme o alinhamento e quantidade de painéis a ser unidos, usando parafusos estruturais (parafusos sextavados). Essas uniões são:

a) União de painéis adjacentes:

Painéis adjacentes são unidos encostando as almas dos dois montantes externos de cada painel e depois aparafusando-os um ao outro. É de referir que ao se montar um painel os montantes das extremidades têm que estar virados para dentro do painel, estando a face da alma do perfil voltada para fora do painel.

b) União de dois painéis de canto

[8] **Crasto, R. C. M. & Freitas, A & Santiago, A (2012)** *Steel Framing: Arquitetura.* 2ª ed Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço
p. 32 *"A distância entre os montantes ou modulação, geralmente de 400 ou 600 mm, é determinada pelas solicitações que cada perfil será submetido"* e p. 33 *"Há casos em que essa modulação pode chegar a 200 mm quando ocorre dos painéis suportarem grandes cargas…"*

[9] **ConsulSteel. (2002).** *Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos.* Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com.
p. 59 *"A mayor separación entre montantes, mayor será la carga que cada uno de ellos deberá resistir. En muchos casos, tal modulación depende básicamente de las dimensiones de las placas…"*

Para fazer união de dois painéis de canto são usados 2 perfis Ue unidos pela alma. Estes dois perfis são fixos no interior de um dos painéis e serem para que o segundo painel se fixe ao primeiro. (ver fig. 2.14.)

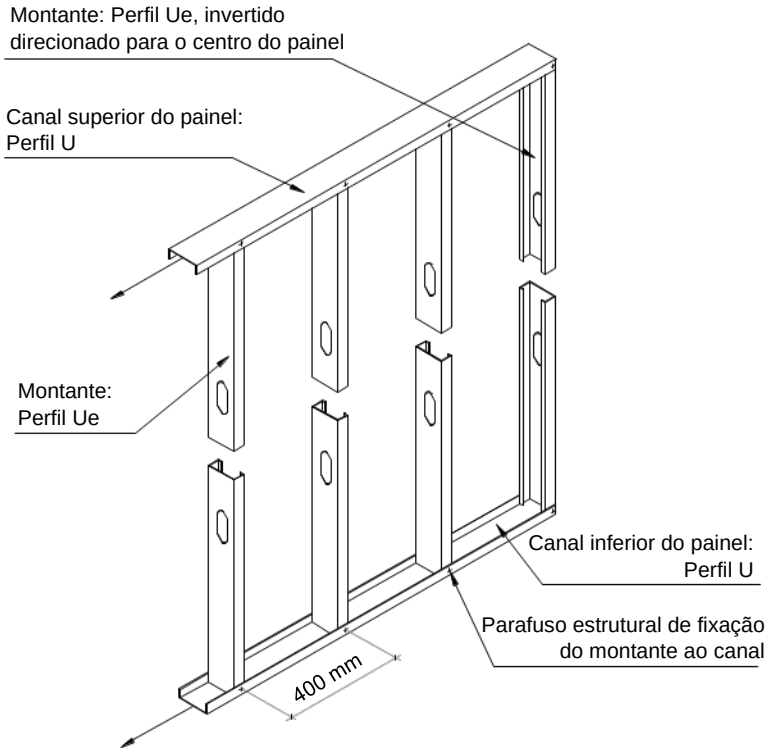


Fig. 2.12. - Painel estrutral de LSF

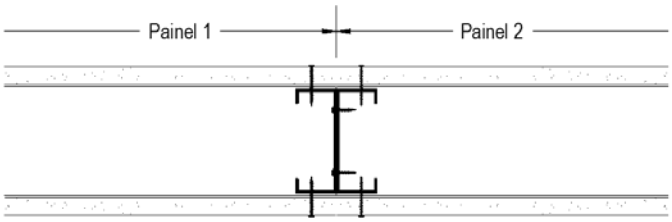


FIg. 2.13. - União de painéis adjacentes

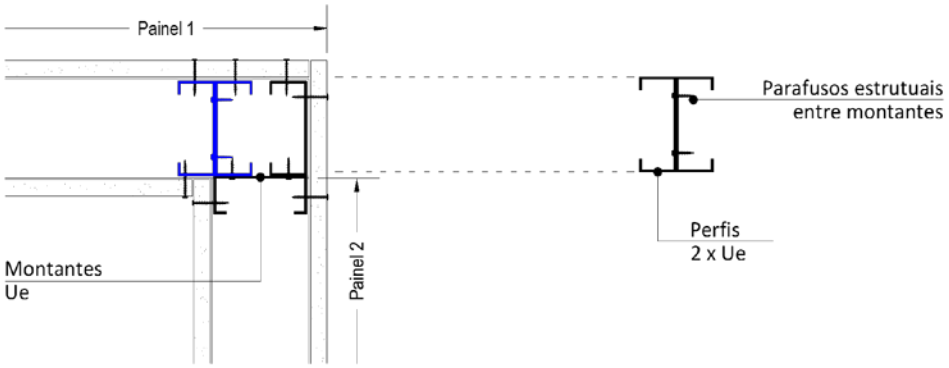


Fig. 2.14. União de dois painéis de canto

c) União em “T” de dois painéis

Na ligação em “T” são usados três perfis Ue, em que dois dos perfis são colocados perpendicularmente ao terceiro e unidos pela alma a cada um dos seus banzos. Este conjunto de perfis é então fixo ao interior do painel, no local onde o segundo painel vai encostar. (ver fig. 2.15.)

d) União cruzada de três painéis

Nas uniões cruzadas são usadas conexões semelhantes às duas uniões anteriores. Para fazer a união entre três painéis podem ser usadas dois tipos de conexões, usar em duplicado as uniões da alínea b), como mostrado na fig. 2.16., ou usar uma variante da conexão da alínea c), em que em vez de serem usados três perfis, são usados quatro na mesma configuração (fig. 2.17)

Para além da união entre painéis estruturais há que ter em atenção de como é feita a união entre os painéis de parede e as vigas das lajes. Para haver uma correta transferência de forças entre os perfis da laje e os painéis estruturais das paredes é preciso garantir um alinhamento perfeito entre as almas dos perfis de ambos. Este alinhamento tem ainda mais importância quando existe outro painel pousado sobre a lajes, sendo necessários estarem alinhados os três perfis. Podemos ver como devem ficar alinhados estes perfis na fig. 2.18.

3.2.1.2. Contraventamentos

Embora os perfis de canais façam com que os montantes do painel funcionem em conjunto, este pode deformar-se quando está sujeito a forças. Para manter a estabilidade dos painéis, especialmente quando estão sujeitos a esforços horizontais, são usados dois tipos de contraventamentos, um contraventamento de cruz e/ou um contraventamento de diafragma rígido.

O sistema de cruz consistem em estabilizar o painel usando fitas de aço galvanizado formando um “X” e fixando essas fitas as faces do painel, evitando que o painel se deforme (ver fig. 2.19.). Usar este sistema permite então que as cargas horizontais sejam transmitidas para as fundações. Este tipo de contraventamento tem a desvantagem de não poder ser usado se a solução arquitetónica possuir muitas aberturas na fachada. Nesse caso usa-se outro tipo de contraventamento em “K”, que consiste em colocar entre os montantes perfis Ue formando uma treliça. Este tipo de contraventamento em “K” deve ser evitado já que é de difícil execução e necessita de perfis montantes mais robustos nos painéis a sotavento.[10]

[10] **Crasto, R. C. M. & Freitas, A & Santiago, A (2012)** *Steel Framing: Arquitetura.* 2ª ed Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço - *p. 38 “o contraventamento em “X”, que consiste em utilizar fitas em aço galvanizado fixadas na face do painel…”,*
p. 39 “Para se evitar o efeito de rotação que pode ocorrer nos montantes duplos onde estão fixadas as diagonais, deve se prever a colocação do contraventamento nas duas faces do painel.”, “Quando o uso do contraventamento em “X” não é o mais apropriado, devido ao projeto arquitetônico prever muitas aberturas em uma fachada, uma alternativa é o contraventamento em “K”. Esse sistema utiliza perfis Ue fixados entre os montantes…” e p. 40 “As principais dificuldades nesse tipo de sistema são as condições de suas conexões, a necessidade de montantes adjacentes mais robustos em painéis

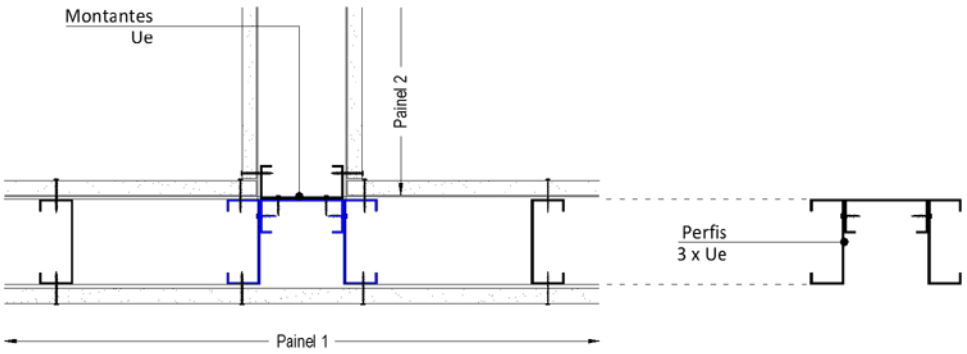


Fig. 2.15. - União em “T” de dois painéis

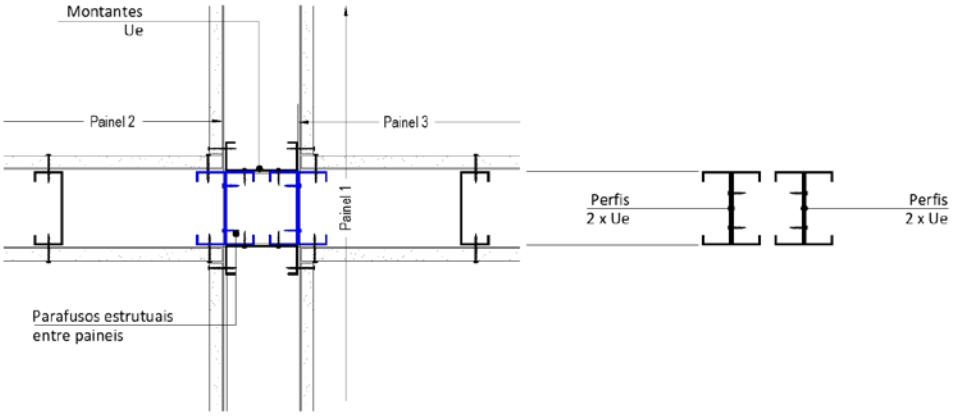


Fig. 2.16. - União cruzada de três painéis: opção 1

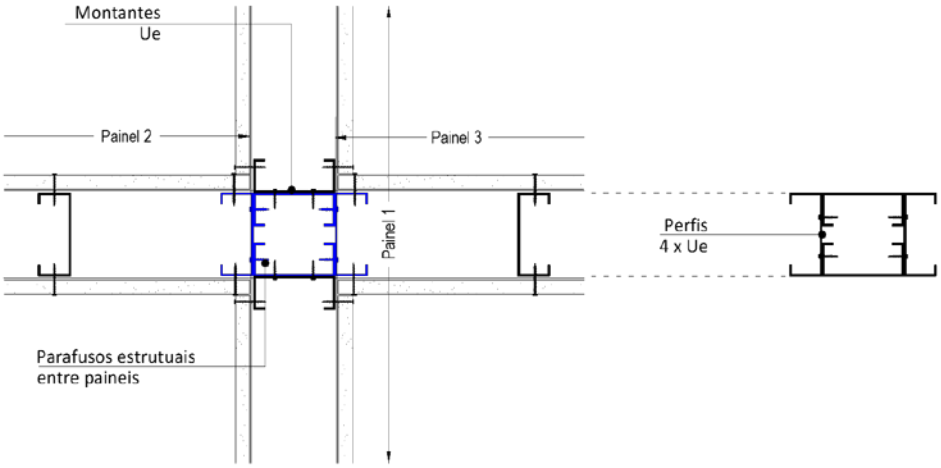


Fig. 2.17. - União cruzada de três painéis: opção 2

a sotavento e significativas excentricidades que podem ser geradas nos painéis. Por esses motivos, esse sistema só é usado quando o contraventamento em “X” não é possível.”

Outra maneira de conseguir estabilizar os painéis é usando o sistema de diafragma rígido. Este sistema consiste em usar placas estruturais rígidas, geralmente placas de OSB, nos painéis de fachada, pela face exterior. Usando este tipo de placas o painel passa a ter uma maior rigidez estrutural, resistindo melhor a caras laterais, provenientes de ventos ou sismos. Para se usar este sistema é necessário respeitar algumas regras para o bom funcionamento dele. As regras a aplicar são:[11]

- Para que as placas usadas como diafragma regido tenham a melhor desempenho possível contra forças laterais, nunca devem ter menos de 120 cm de largura em todo o comprimento da placa.
- As placas devem ser colocadas na vertical, paralelas à direção dos montantes.
- A borda de uma placa nunca deve coincidir com a abertura de um vão, mas sim sobrepor-se a ele, retirando o excedente de placa sobreposta ao vão. (ver fig. 2.20.)
- A fixação de duas placas estruturais adjacentes deve ser feita num único montante, dividindo o banzo desse montante. Os parafusos, usados na fixação das placas, devem estar desfasados entre as placas, para evitar que o montante seja perfurado em dois locais muito próximos entre si, enfraquecendo-o.
- Deve-se evitar, sempre que possível, que a união entre duas placas estruturais coincida com a união entre dois painéis. Se tal for inevitável, união das placas deve ser feita num dos montantes, de um dos dois painéis adjacentes, dividindo o seu bazo.
- As placas devem sobrepor-se na união das esquinas, ocultando por completo os perfis dos painéis
- Para que os painéis, em conjunto com as placas, tenham o melhor desempenho possível, os parafusos que unem as placas aos painéis têm que estar dispostos na melhor configuração possível. Assim, os parafusos usados no perímetro das placas não devem estar distanciados mais de 10 cm entre si, enquanto os parafusos que fixam a placa aos montantes interiores não devem ter uma distância superior a 20 cm entre si, independente se esses montantes estão a 40 ou 60 cm de distância uns dos outros.

[11] **ConsulSteel. (2002).** *Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos.* Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com.
p. 78 a 79 (Tradução do texto em Espanhol) de *"Para que un panel emplacado con un…."* a *"…40 cm o 60cm entre centros."*

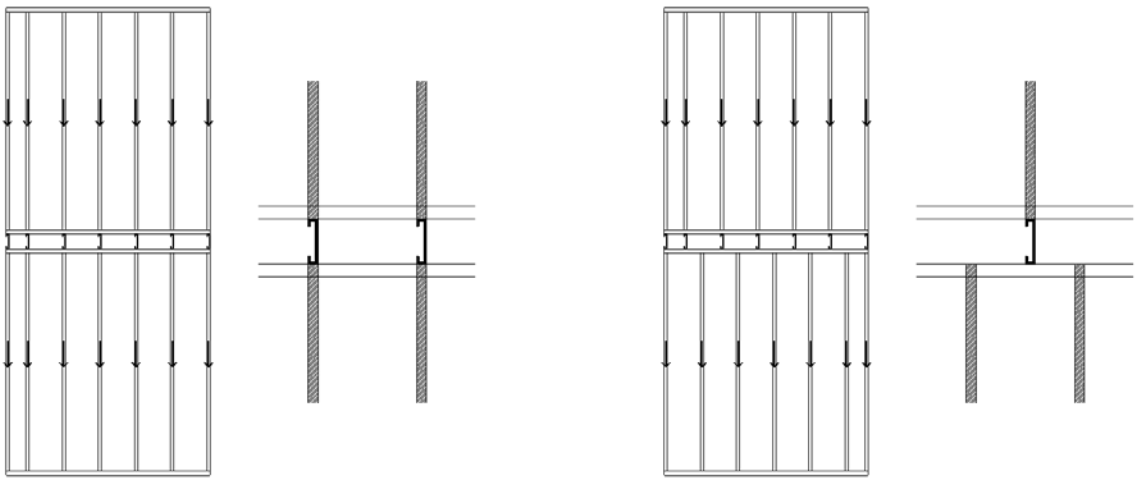


Fig. 2.18. - Alinhamentos dos perfis de piso com os de montantes das paredes
(correto na esquerda e incorreto na direita)

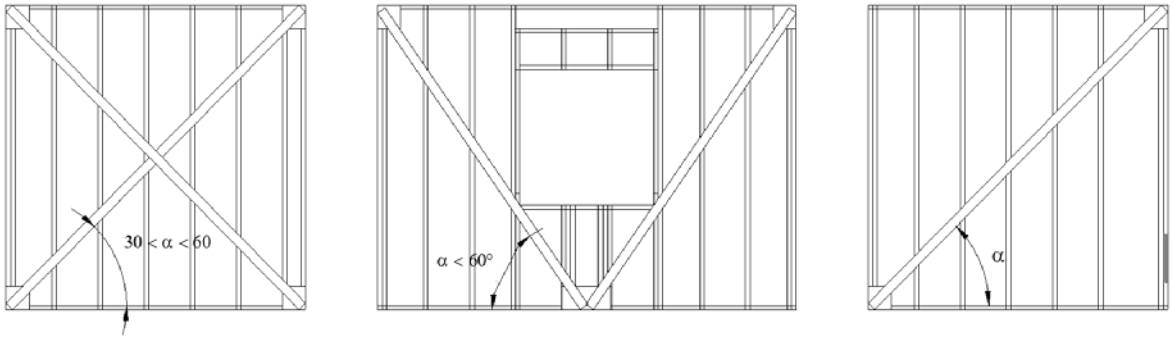


Fig. 2.19. - Contraventamento em sistema de cruz

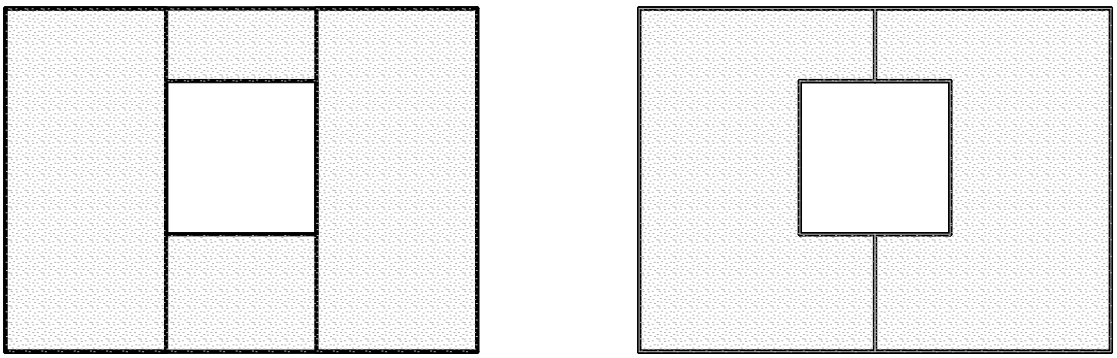


Fig. 2.20. - Alinhamentos das placas de revestimento estruturais
(incorreto na esquerda e correto na direita)

3.2.1.3 Vãos

Os painéis estruturais são montados com relativa facilidade, mas quando se acrescenta vãos nesse tipo de painéis é necessário ter alguns cuidados para que estes não percam as suas características estruturais. Assim sendo, quando se abre um vão num painel estrutural é necessário redirecionar as cargas, que deixam de ser suportadas devido à supressão dos montantes que estavam no seu lugar, para os restantes montantes.

Como usado nas construções tradicionais, a maneira de redirecionar as cargas sobre um vão é através uso de um lintel. No caso de LSF existem outros elementos que, em conjunto com o lintel, vão ajudar a redirecionar as foças. Esses elementos são:

- "Lintel (perfil disposto na horizontal sobre o vão de forma a desviar as cargas verticais para os montantes confinantes) "
- "Montante auxiliar ou king (perfil utilizado como apoio do lintel e que delimita lateralmente o vão", composto por um montante e uma ou mais ombreiras)
- "Verga ou header (perfil utilizado horizontalmente sobre as aberturas) "
- "Montante de ligação ou cripple stud (perfil utilizado verticalmente acima e abaixo das aberturas) " [12]

O lintel é o elemento que vai redirecionar as forças, afetadas pela abertura do vão no painel, para os montantes adjacentes, constituintes do "King". Embora existam varias maneiras de fazer o lintel, basicamente a sua forma é composta por um perfil U e dois perfis Ue. Os perfis Ue são fixos pelo banzo inferior à alma, na face de fora, do perfil U. O lintel é depois fixo às ombreiras do "king", conforme a figura 2.22.

É o montante auxiliar ou "*king*" que suporta as cargas redirecionadas pelo lintel. A sua configuração está dependente do numero de montantes que foram suprimidos para se fazer a abertura do vão. O *"king"*, como referido anteriormente, é composto por um montante e uma ou mais ombreiras. O número de ombreiras necessárias para suportar as cargas vindas do lintel é feito através de cálculos estruturais, mas geralmente o número necessário de ombreias é igual ao numero de montantes suprimidos com a abertura do vão a dividir por dois. Se esse número for impar acrescenta-se mais um perfil.[13]

[12] **Rego, D. J. M. (2012)** *Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing*, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa – p. 38

[13] **Crasto, R. C. M. & Freitas, A & Santiago, A (2012)** *Steel Framing: Arquitetura.* 2ª ed Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço

p. 35 *"A quantidade de ombreiras necessárias para o apoio é definida pelo cálculo estrutural e depende do tamanho da abertura" "…uma aproximação pode se estabelecer que o numero de ombreiras a cada lado da abertura será igual ao número de montantes interrompidos pela verga dividido por 2. Quando o resultado por ímpar deverá somar-se 1."*

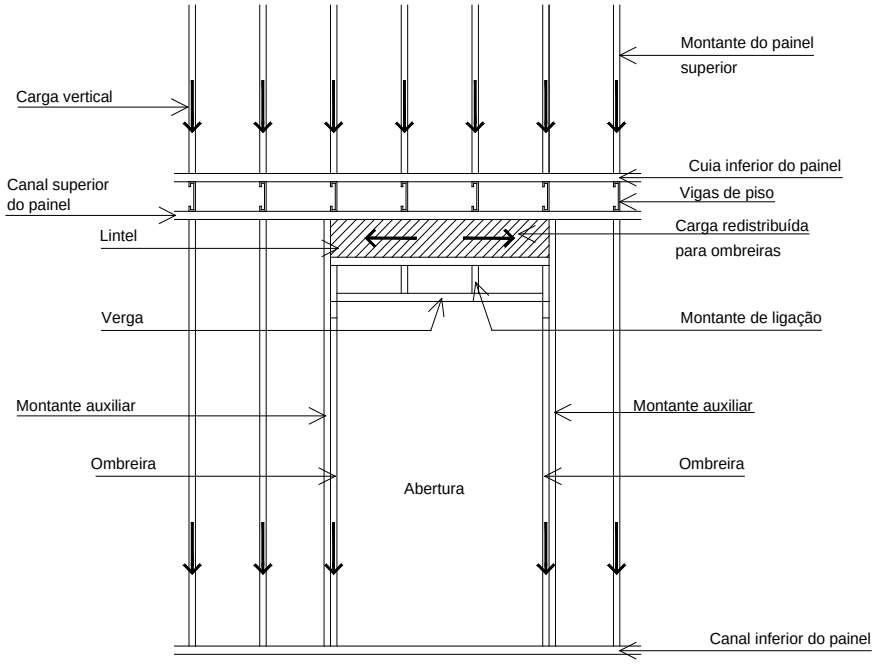


Fig. 2.21. - Contraventamento em sistema de cruz

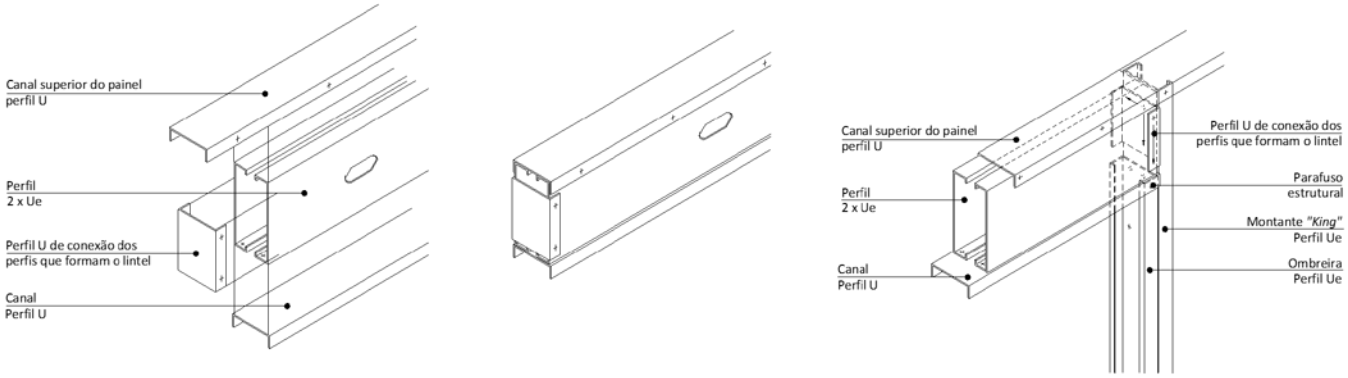


Fig. 2.22. - Configuração do lintel e conexão com a ombreira

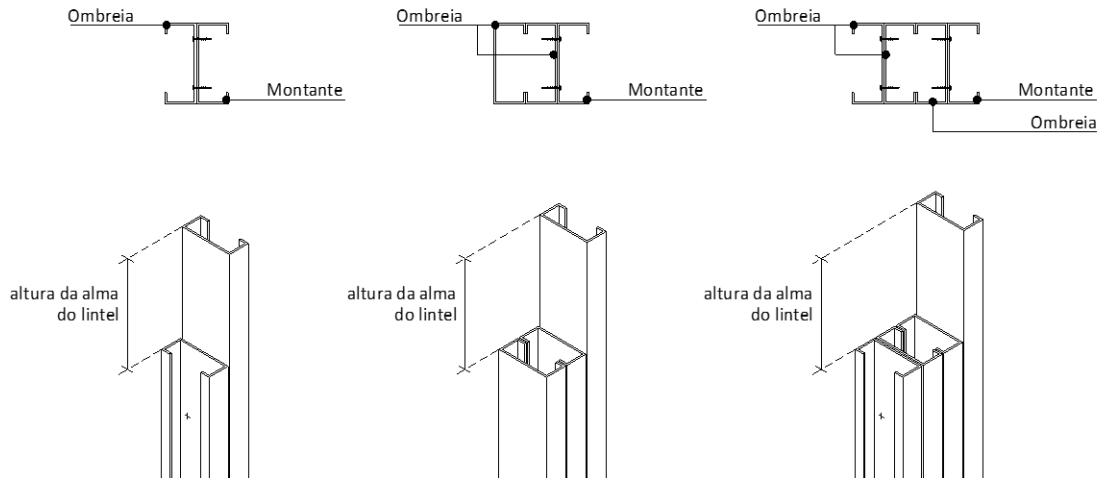


Fig. 2.23. - Configuração do Montante auxiliar ou "*King*" – "*King*" simples; "*King*" duplo; "*King*" triplo

3.3.1. Métodos de Construção

Na construção em LSF existem três métodos de construção:

3.3.1.1. *Construção "Stick-Build"*

No método de construção *"Stick-Build"* todo trabalho de construção é realizado na obra. Neste método construtivo os perfis são montados em obra, podendo estes vir de fábrica em bruto ou já cortados á medida e perfurados. As furações necessárias para a instalação das várias infraestruturas desde água, eletricidade e telecomunicações podem ser feitas em obra ou virem já perfuradas de fábrica, mas toda a montagem de paredes, lajes e cobertura é feita no local. Este método tem duas grandes vantagens. Em primeiro lugar o transporte dos perfis necessários para a obra é mais simples e em segundo não há a necessidade de o construtor ter um local exclusivo para a pré-montagem dos vários painéis.

3.3.1.2. Construção por Painéis

A construção por painéis consiste em trazer para a obra os painéis já pré-montados. Paredes estruturais e não estruturais, lajes de piso e cobertura, são pré-montados em um local destinado para tal e transportados á posteriori para a obra. Os vários painéis são então montados nos seus respetivos locais. Este método tem a vantagem de alguns dos elementos de fachada e de infraestrutura poderem vir já pré-montados da fábrica.

Este método é vantajoso devido a que apresenta, uma maior velocidade de montagem, um maior controlo de qualidade de montagem dos vários perfis e consequente aumento da precisão dimensional, minimização de trabalho na obra e também um menor espaço de estaleiro de obra.

3.3.1.3. Construção Modular

Este é o método que menos tempo de obra necessita já que grande parte do trabalho vem feito de fábrica. Unidades completas de um edifício podem vir para a obra já montadas com acabamentos, infra estruturas e até mesmo com mobiliário fixo, como no caso de casas de banho.

Embora este seja um método que apresenta grandes vantagens em relação ao tempo de obra é de salientar a maior dificuldade de transporte dos módulos, em relação aos painéis pré-montados ou aos perfis em bruto, como também a necessidade de haver um local de grande dimensão para o armazenamento dos módulos.

Fig. 2.24. - Montagem dos painéis na obra 1

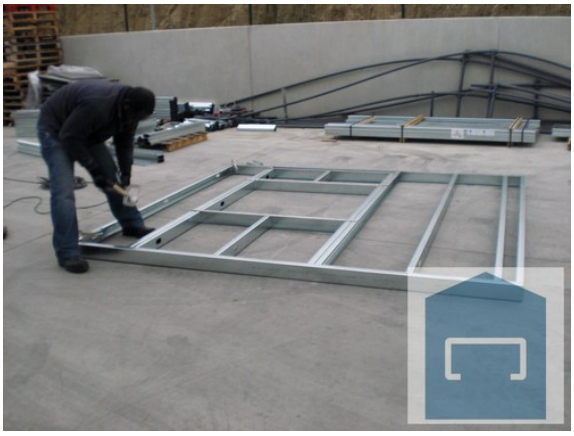


Fig. 2.25. - Montagem dos painéis na obra 2

Fig. 2.26. - Montagem dos painéis na fábrica

Fig. 2.27. - Transporte dos painéis para a obra

Fig. 2.28 - Transporte de módulo completo para a obra

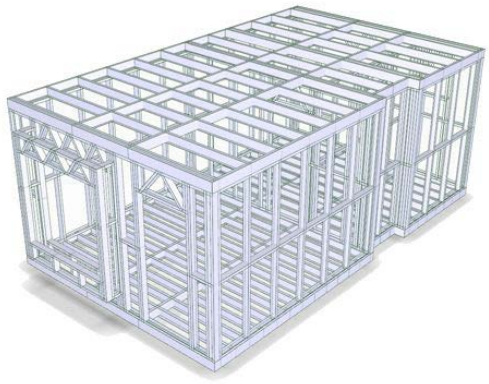


Fig. 2.29. – Desenho módulo completo

3.3.2. Variantes Construtivas

Apesar de os métodos de construção sejam os mesmos, existem duas variantes nas estruturas feitas em LSF. Estas duas variantes dizem respeito á ligação entre os painéis verticais das paredes com os painéis horizontais das lajes. Essas duas variantes dessigam-se por:

3.3.2.1. “Balloon Framing”

Nesta variante construtiva as vigas de pisos são fixas diretamente aos perfis das paredes estruturais. Os perfis das paredes estruturais, por seu lado, podem correr toda a extensão do edifício, desde o piso térreo até á cobertura ou apenas de laje a laje. Esta variante tem a vantagem de proporcionar uma maior estanquicidade e poupar material de conexão horizontal.

Contudo este método apresenta desvantagens tais como, facilitar a propagação do fogo entre pisos, haver a necessidade de trabalhar com perfis de maiores dimensões, falta de uma plataforma de trabalho para execução dos pisos superiores e maior défice de isolamento térmico entre compartimentos devido á ligação entre painéis interiores e exteriores.

3.3.2.2. “Platform Framing”

Platform Framing é neste momento o método de construção mais corrente nos Estados Unidos e Canada. Este método de construção consiste em erigir primeiro as paredes e de seguida fixar as lajes por cima destas, sendo as cargas do edifício transmitidas para os pisos inferiores por intermedio das lajes. Este processo repete-se sucessivamente por cada piso.

A grande vantagem deste método é o de se ter com uma plataforma independente por cada piso que se constrói, facilitando assim a construção dos pisos superiores. Este método facilita também a instalação das infraestruturas e acabamentos interiores apos a finalização de cada piso, já que cada piso pode ficar estanque e protegido das intempéries independentemente se o piso superior está a ser construído ou não.

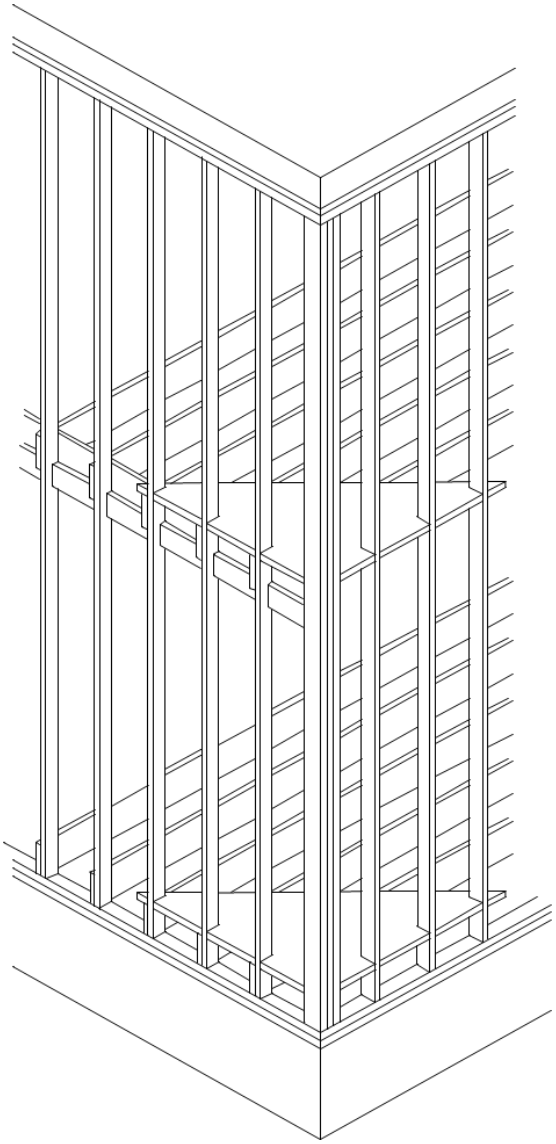


Fig. 2.30 – Esquema de “Balloon Framing”

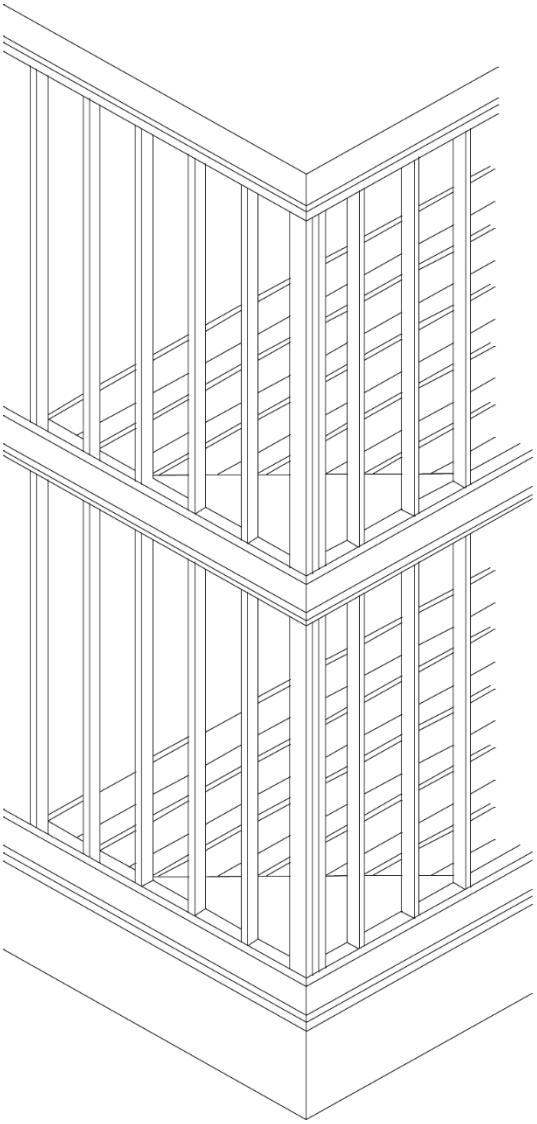


Fig. 2.30 – Esquema de “Platform Framing”

3.4. Vantagens

3.4.1. Rapidez

A vantagem que mais vezes é apontada quando se fala de LSF é a sua rapidez de construção. Esta rapidez é inerente aos materiais usados nestes tipos de construções, que sendo um material muito leves facilitam o seu uso e manuseamento em obra. A rapidez de construção deve-se também à sua montagem ser feita por um processo de fixação mecânico e simples.

Um edifício que demore entre dez meses a um ano a ser construído, usando os métodos correntes da construção atual portuguesa, consegue ser finalizado em seis meses, ou menos, usando o sistema de LSF.[14]

Em comparação com a construção corrente do nosso país, onde um uso de argamassas e betão é recorrente, no sistema LSF estes materiais não são usados, ou muito pouco usados, e assim não existe a necessidade de tempos de cura do betão ou de secagem das argamassas e montagem e desmontagem de cofragens, que penalizam a rapidez de construção.

Um exemplo claro da rapidez que se consegue atingir usando sistemas racionais de construção, em estrutura metálica, é o Hotel Ark, em Changsha, na China, com 15 pisos de altura. Este edifício tem uma estrutura em ALQ, sendo os restantes elementos, como paredes, lajes e painéis das fachadas, em LSF. Após serem feitas as fundações a estrutura do edifício foi erigida em apenas 46 horas, levando apenas mais 90 horas para se terminar o restante da obra, num total inferior a 6 dias de construção.[14]

3.4.2. Custos

Algo que pesa muito na escolha do tipo de sistema construtivo, especialmente hoje em dia, é o preço. No que diz respeito a custos, o sistema de LSF pode ser uma alternativa credível em comparação à construção usada tradicionalmente em Portugal, de betão e tijolo. Embora seja necessário o uso de mão-de-obra especializada para a construção de sistemas em LSF e sendo esta mão-de-obra mais cara que a tradicional, a rapidez deste tipo de construção vai fazer que o custo de mão-de-obra/tempo seja mais reduzido ou equivalente no final em comparação com a construção corrente feita em Portugal.

Este sistema tem a vantagem de os elementos que o constituem serem feitos por um processo industrializado, reduzindo assim o preço dos vários elementos, e tendo um grande nível de qualidade.

O sistema de LSF permite também ter um controlo elevado e preciso em relação á orçamentação da obra, já que todos os elementos usados são contabilizados unitariamente e precisamente, não havendo assim desperdícios de material.

[14] **Futureng** (2013) Disponível na internet em: www.futureng.pt/rapidez-de-construcao

3.4.3. Qualidade Térmica e Acústica

As qualidades de térmicas e acústicas de um edifício são hoje em dia das características mais relevantes na construção. Estas vão se refletir na qualidade habitacional de um edifício. Dar uma boa resposta a estes dois problemas é mais que uma necessidade como também uma obrigação, devido a regulamentos que cada vez mais exigentes e rigorosos.

Edifícios em LSF dão uma resposta eficaz e eficiente a estas problemáticas, devido à maneira como é concebido e também aos materiais que nele são empregues. Este sistema tem a vantagem de permitir incorporar isolamento acústico e térmico dentro da própria parede. Usando materiais como lã-minerais no interior das paredes, divisórias ou fechamento vertical, consegue-se uma elevada qualidade de isolamento térmico e acústico, sem a necessidade de aumentar a espessura da própria parede.

Em relação ao isolamento térmico do edifício a ambientes exteriores, este sistema é flexível o suficiente para permitir a combinação e uso de isolamentos mais convencionais como ETICs. Usar estes sistemas de isolamento, feito pelo exterior do edifício, em combinação com os isolamentos usados no LSF torna o edifício ainda mais eficiente termicamente.

3.4.4. Sustentabilidade

Hoje em dia a preocupação com o meio ambiente é essencial. Como tal é preciso encontrar novas soluções para minimizar o impacto que as construções causam no meio ambiente. Nesse sentido o uso de um sistema construtivo como LSF pode ser uma solução desejável, devido ao tipo de materiais que utiliza como na racionalização que faz desses materiais.

O termo sustentabilidade, aplicado à arquitetura, estende-se a preocupações ecológicas e económicas, englobando toda a vida útil do edifício, passando pela sua construção, uso e posterior demolição.

A maioria dos problemas, face à sustentabilidade, estão diretamente relacionados com as escolhas feitas na fase de projeto. Como tal, a escolha de um sistema construtivo adequado às necessidades do projeto, assim como o impacto que esta terão a nível da sustentabilidade, tem de ser ponderadas. Sistemas construtivos com carácter industrializado, como é o caso do LSF, são cada vez mais opções que fazem sentido.

Face às características dos materiais usados no Light Steel Framing, estes apresentam um fator maior de sustentabilidade, em comparação com os materiais usados nas construções tradicionais. O material mais usado no LSF é o aço e como tal, apresenta a grande vantagem de ser 100% reciclável. Esta vantagem estende-se também á produção dos perfis, que constituem o sistema LSF, devido á fácil reciclagem desperdício e sobras no seu fabrico. Quando o edifício finda a sua vida útil e é necessário demoli-lo, a vantagem de se poder reciclar o aço é uma mais-valia.

Sendo o sistema LSF um sistema racional, em que grande parte dos componentes necessários para a construção de um edifício são fabricados e montados num ambiente industrial, consegue-se atingir uma percentagem de desperdícios gerados muito reduzida, chegando em certos casos a menos de 1%. Dependendo do nível de pré-fabricação do edifício na obra consegue-se uma redução de desperdícios que varia entre os 40% e 70%, comparando com a construção tradicional.[15]

Nas obras o uso do LSF também previne desperdícios acidentais já que ao existirem menos materiais em bruto no local a probabilidade de os danificar inadvertidamente também é menor. A diminuição de resíduos na obra aumenta também a segurança dos trabalhadores, para além de facilitar os trabalhos em execução.

Toda a racionalidade que o sistema Light Steel Framing apresenta tem também um impacto no preço da obra. O controlo dos materiais necessários é maior, levando a que haja poucos excedentes ou desperdícios, facilitando o planeamento das fases da obra.

O impacto ambiental de um edifício com estrutura metálica também é menor. Devido à facilidade elevada de reciclagem dos materiais, menor uso de matérias-primas, menor uso energético na sua conceção e transporte e consequentemente reduzindo as emissões de CO2. Os materiais empregues nas construções têm também uma maior longevidade e/ou facilidade de readaptação face a novas necessidade, contribuindo para um menor impacto ambiental. [16]

[15] **WRAP (2013)** *Waste Reduction Potential of Light Steel Frame Construction,* Disponível na internet em: www.wrap.org.uk/content/site-construction-case-study-light-steel-frame

"Analyses of their manufacturing and installation process shows that material waste arisings are less than 1% of the total materials used, and that this waste is fully reused or recycled." "It has been shown that the use of LSF has been seen to reduce waste on construction sites to between 40 and 70% compared to traditional build depending on the extent of offsite fabrication."

[16] **SBI - Instituto Sueco de Construção em Aço (2009)** *Sustainability of steel framed buildings* Disponível na internet em: www.sbi.se

3.5. Segurança

3.5.1. Resistência contra o Fogo

Embora o aço seja um material não combustível o sua maior fraqueza é o fogo e temperaturas elevadas. A resistência estrutural do aço diminui drasticamente a partir dos 500° C, perdendo 50% da sua resistência por volta dos 550° C. Esta fraqueza faz com que uma estrutura em aço desprotegida raramente mantenha as suas características estruturais por mais de 30 minutos. [17]

Para prevenir que tal aconteça é necessário proteger a estrutura de aço contra as altas temperaturas provocadas pelo um fogo e assim prevenir deformidades e perda de resistência estrutural. São então usados materiais de revestimento para proteger a estrutura de aço. Esses materiais devem possuir as seguintes propriedades: [17]

- Elevada temperatura de fusão
- Boa capacidade para se deformarem sob a ação do calor
- Resistência às ações de origem térmica
- Condições de perfeita aderência às estruturas em que são aplicados
- Resistência ao longo do tempo aos agentes atmosféricos, químicos, choque, etc.

No Light Steel Framing os cuidados e ter com o fogo não podem ser descurados devido a haver uma grande quantidade de elementos estruturais e esses se estenderem por grande parte do edifício. É então necessário proteger por completo todas a paredes estruturais e lajes. Essa proteção pode ser feita de duas maneiras, usando uma proteção pontual chamada de proteção em caixão, que consiste em proteger os elementos estruturais pontualmente como pilares e vigas. Esta proteção é feita usando revestimentos de placas pré-fabricadas resistentes ao fogo como placas de betão celular, cimento, vermiculite, gesso, entre outras. A segunda maneira de proteção e mais comum é usar uma proteção continua, em que se protege todas as paredes e lajes. Esta segunda forma de proteger os elementos estruturais é conhecida por proteção por resguardos ou ecrãs, consistindo em usar o mesmo tipo de placas pré-fabricadas, mas que vão revestir todas as paredes e lajes.

Este segundo sistema tem a vantagem de juntar a proteção contra o fogo com características estéticas, de isolamento acústico e isolamento térmico. Isto é conseguido através dos vários materiais de revestimento que o sistema construtivo em LSF utiliza, como por exemplo o

---

[17] **Futureng** (2013) Disponível na internet em: www.futureng.pt/lsf-fogo

"De uma forma genérica, os elementos estruturais em aço perdem cerca de 50% da sua resistência mecânica quando aquecidos a uma temperatura de cerca de 550ºC." "A resistência à acção do fogo das estruturas metálicas, quando não protegidas, raramente é superior a 30 minutos."

"Aos materiais usados na proteção de estruturas contra incêndio devem ser exigidas as seguintes propriedades: - Elevada temperatura de fusão; - Boa capacidade para se deformarem sob a ação do calor; - Resistência às ações de origem térmica; - Condições de perfeita aderência às estruturas em que são aplicados; - Resistência ao longo do tempo aos agentes atmosféricos, químicos, choques, etc."

geso cartonado e a lãs-minerais. Estes dois materiais são usados recorrentemente em todo o edifício e por si só fornecem um excelente proteção contra o fogo. Usando apenas placas de gesso cartonado consegue-se atingir facilmente uma resistência contra o fogo acima dos 30 minutos, cumprindo assim o regulamento contra incêndios que prevê que os elementos estruturais, de uma habitação unifamiliar ou um edifício de habitação multifamiliar até 9 metros de altura, deva manter as suas característica estruturais durante pelo menos 30 minutos. Os isolamentos em lãs-minerais usados no vazio das paredes, sejam elas estruturais ou não, vão fazer com que a temperatura dos 500° C demore mais tempo a ser atingida. No caso das paredes divisórias, a lã-mineral vai ajudar também a prevenir que o fogo se alastre para as divisões adjacentes.

Consegue-se então, sem grandes compromissos arquitetónicos, atingir um nível satisfatório de proteção contra o fogo, usando materiais que possuem caraterísticas de resistência ao fogo e têm também funções estéticas. Mesmo usando alguns materiais desenhados especificamente para o efeito, como por exemplo gesso cartonado ignífugo, ou duplicando as placas de gesso cartonado comum, consegue-se aumentar o tempo de proteção contra o fogo, exponencialmente.

3.5.2. Desempenho Perante Sismos

A imprevisibilidade dos sismos, desde a sua magnitude, frequência, duração e localização são factos que tendemos a ignorar. Para prevenir a que se volte a repetir a tragedia ocorrida em 1775, com o terremoto de Lisboa, há que projetar edifícios tendo em conta este fator.

Em primeiro lugar, temos que perceber como as forças de um terramoto afetam um edifício. As foças geradas por um terramoto são irregulares e elevadas, movimentando o edifício lateralmente e para cima e para baixo. É a combinação da ação das forças do terramoto com inercia do edifício que vai provocar os danos nas estruturas. Quando as forças laterais do terramoto começam a afetar o edifico a parte superior deste tem relutância em se movimentar, a par com parte inferior do mesmo. Estas ações invertem-se quando a parte inferior do edifício começa a para e a parte superior resiste a parar. No outro sentido, as forças verticais fazem com que o edifício se erga do solo, e em combinação com a inercia do edifício, fazem com que este no movimento de ascensão comprima a estrutura e no movimento descendente estica essa mesma estrutura.[18]

Como vai então um edifício em LSF responder a um terramoto? Num edifício de LSF a resistência estrutural é essencialmente garantida pelos perfis e aço galvanizado. Como referido

[18] **Steel Framing Alliance (2003)** disponível na internet em: www.steelframing.org/seismic.html

"The earthquake (seismic) forces that can destroy a house are produced by strong and erratic side-to-side and up-and-down movements in the ground (see Earthquake movements). Structural damage is typically caused by "inertia", or the reluctance of the upper portions of a structure to begin moving once the ground has shifted, and then conversely, to stop moving once the structure has begun moving."

"When the earth shifts sideways, the effect of inertia on a house is similar to that experienced by players in the game "crack the whip." If the movement is vertical, inertia causes the structure to be compressed as the earth rises and "telescoped" as the ground stops moving."

anteriormente, esses perfis estão espalhados por todo o edifício, constituindo os painéis que foram as paredes, distribuindo assim as cargas do edifício por todo perímetro, ao contrário da construção tradicional que o faz pontualmente através dos pilares. Estra distribuição uniforme das cargas por todo o edifico, a par com o baixo peso das estruturas de LSF, evita que as forças e tensões exercidas na estrutura pelo sismo se concentrem em portos específico, dissipando assim a energia por todo o edifício. Os perfis de aço usados nestas construções são também uma mais-valia já que estes têm uma elevada ductilidade, permitindo que o edifício se deforme, ao invés quebrar e ruir. O sistema de Light Steel Framing confere também ao edifício uma grande flexibilidade, já que a sua estrutura não possui conexões rígidas, facilitando a que a estrutura do edifício se adapte as movimentações provocadas pelas forças sísmicas, prevenindo fissuras e reduzindo o risco de quedas como colunas ou placas.

Embora o LSF apresente características que o tornam resistente a forças sísmicas é necessário ter alguns cuidados e projetar os edifício para tal. Para minimizar o efeito das forças horizontais, os componentes estruturais das lajes de cobertura e de piso devem estar conectados aos painéis das paredes, permitindo que as forças possam per transmitidas continuamente por toda a estrutura até as fundações. Sendo a movimentação e consequente perda de esquadria das paredes um dos fatores leva o edifico sofrer de maior falhas estruturais, estas devem ser mitigadas. Para tal, os painéis das paredes estruturais devem receber um revestimento estrutural, em OSB, e assim unindo todos os perfis, obrigando-os a funcionar em conjunto e fixando à sua função estrutural.

4. ELEMENTOS CONSTITUINTES DO LSF

4.1. Paredes

As paredes de LSF são compostas por um a estrutura de perfis metálicos que formam painéis estruturais e não estruturais. Esses painéis são revestidos nas suas faces por variados tipos de placas, formando assim a parede. A estrutura de perfis que compõem os painéis deixam um espaço vazio no interior dos mesmos, esse espaço vazio é usado para a colocação de materiais de isolamento térmico, acústico e contra fogo.

Este sistema apresenta uma grande flexibilidade no que à personalização das paredes diz respeito, adequando-as às necessidades específicas do projeto. Como tal este tipo de paredes tem vantagem em relação às paredes típicas de alvenaria de tijolo, presentes na construção corrente em Portugal:

- Facilidade de personalizar uma parede para necessidades específicas, como alto isolamento acústico ou térmico, tanto em paredes divisórias como de paredes fecho de fachada. Criar paredes corta-fogo ou parede para enclausurar a caixa de escadas, entre outras.
- Reduzida espessura da parede, mantendo a qualidade acústica e contra fogo e assim aumentar a área útil de construção
- Facilidade de instalação e manutenção de infraestruturas de eletricidade, água, telecomunicações, etc.
- Fácil desmonte de paredes existentes.
- Flexibilidade e facilidade de execução de elementos arquitetónicos, como paredes curvas ou outras formas, luz interna, etc.

No sistema de construção em LSF a maioria das paredes são estruturais e como tal suportam cargas verticais relacionadas com o peso próprio da estrutura, das lajes de piso e cobertura como também das cargas de utilização normal, entre elas pessoas, mobiliário, águas da chuva, etc. A estrutura também está sujeita cargas horizontais relacionadas com ventos ou em casos mais extremos sujeitas a cargas de abalos sísmicos.

4.1.1. Paredes Estruturais

Como referido anteriormente, o sistema de LSF é um sistema estrutural racional composto por perfis leves que trabalham em conjunto para criar painéis estruturais que por si formam as paredes. Os painéis são compostos por montantes verticais unidos por calhas no seu topo e base. Para suportarem cargas e como tal serem paredes estruturais, os montantes verticais que constituem os painéis têm que ter uma modulação específica. Essa modulação normalmente varia em espaçamentos de 400 ou 600 mm, chegando em casos extremos de subcarga aos 200 mm.[1]

Sendo este um sistema autoportante são as paredes que suportam as cargas do edifício. Essas cargas são provenientes do peso próprio das paredes e todos os elementos que a constituem, de cargas provenientes do uso do edifício, como pessoas que o habitam, mobiliário, etc. e cargas externas provenientes da força do ventou ou de forças sísmicas.

Embora a maioria das paredes do edifício tenham função estrutural nem todas têm as mesmas dimensões de perfis. Devido ao seu maior peso próprio, as paredes exteriores usam perfis de dimensão maiores em comparação com as paredes interiores. Esta diferença de peso e consequente diferença de dimensão é devida as paredes exteriores terem que suportar camadas de maior dimensão de isolamento térmico e acústico e elementos revestimento usualmente mais pesados na sua fachada.

4.1.2. Paredes de Fachada

As paredes de fachada são as que mais importância têm num edifício, em especial no caso do LSF. Em primeiro são estas que mais cargas vão suportar e em segundo vão ser estas a proteger o edifício contra os elementos. Como tal devemos ter cuidados acrescidos na sua conceção. Este tipo de parede deve então respeitar um conjunto de premissas para o seu correto funcionamento e apresentar características de:

- Resistência estrutural
- Segurança contra Incendio
- Estanquicidade à água
- Isolamento à temperatura e ao som
- Resistência e durabilidade

[1] **Crasto, R. C. M. & Freitas, A & Santiago, A (2012)** *Steel Framing: Arquitetura.* 2ª ed Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço - p. 32 e 33

"A distância entre os montantes ou modulação, geralmente de 400 ou 600 mm, é determinada pelas solicitações que cada perfil será submetido."

"Há casos em que essa modulação pode chegar a 200 mm quando ocorre dos painéis suportarem grandes cargas coo as de caixas d'águas"

Fig. 3.1. - Montagem dos painéis estruturais 1

Fig. 3.2. - Montagem dos painéis estruturais 2

Fig. 3.3. - Montagem dos painéis estruturais 3

Fig. 3.4. - Montagem dos painéis na obra

Fig. 3.5. - Montagem das placas OSB 1

Fig. 3.6. - Montagem das placas OSB 2

Fig. 3.7. - Vigas de piso

Fig. 3.8. - Vigas de piso cobertas por OSB

Embora este tipo de paredes se adeque a qualquer tipo de revestimento exterior, geralmente usa como base placas de OSB para fazer o fechamento do edifício e torna-lo estanque aos elementos. Os revestimentos usados, respeitando os princípios da construção seca, poderem ser feitos em sistemas de fachadas ventiladas e por painéis de revestimento, mas o uso de sistemas com rebocos, como é o caso dos sistemas mais correntes do tipo ETIC, é também possível.

Nas paredes de fachada deve-se ter especial atenção ao isolamento térmico, em conjunto com a estanquicidade, este é o aspeto mais relevante da sua conceção. Apesar de normalmente se colocar isolamento térmico à base de lãs-minerais no espaço vazio existente entre os perfis da parede este não é suficiente. Como tal, colocar isolamento extra é imperativo, sendo que a solução mais eficiente para isolar os espaços interiores é que o mesmo seja colocado pela face exterior do edifício.

4.1.3. Paredes Divisórias

Em Portugal o uso de paredes divisórias de construção seca, “DryWalls”, na construção é amplamente conhecido, embora o seu uso seja menor comparado com o de paredes em alvenaria de tijolo. No sistema de LSF estas paredes normalmente são paredes estruturais, mas já não o são no caso de serem usadas em conjunto com estruturas metálicas em aço laminado a quente ou betão armado. Embora este tipo de paredes possa ser ou não estrutural os perfis nelas usados, têm normalmente uma secção de 90mm, variando apenas a espessura do perfil, conforme o tipo de parede.

Sendo a função destas paredes compartimentar o interior dos edifícios, têm que responder a necessidades específicas, especialmente isolar o melhor possível o som entre compartimentos. Tal como nas paredes de fachada, a utilização do espaço vazio que os painéis de parede têm no seu interior é uma mais-valia, já que permite usar este espaço para colocar matérias de isolamento, sem incrementar a espessura final da parede. Embora seja usado o mesmo material de isolamento no interior da parede, lãs-minerais, este têm uma função primária diferente. Ao contrário das paredes de fachada em que a função do isolamento é isolar termicamente o edifício, no caso das paredes divisórias a sua função é isolar acusticamente, prevenindo que o som se propague entre compartimentos.

O comportamento sonoro da parede vara não só em função do tipo de material de isolamento usado na sua conceção, como também com número de camadas e tipo de materiais de revestimento da parede. Outro fator que vai influenciar o seu comportamento é a forma como os diferentes planos de parede se intercetam entre sim.

Estes mesmos fatores vão influenciar o comportamento que a parede tem em relação ao fogo. Ter ou não isolamento no interior da parede, o tipo e quantidade de camadas de revestimento da parede, vão influenciar o tempo que a parede consegue suportar sobre altas temperaturas.

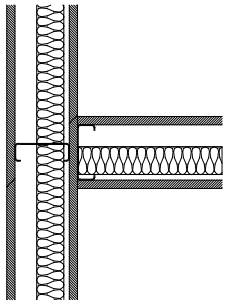
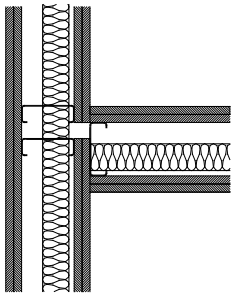
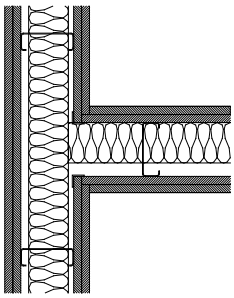
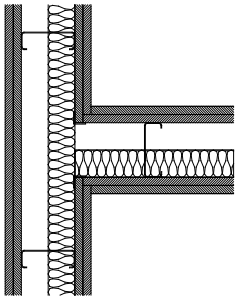
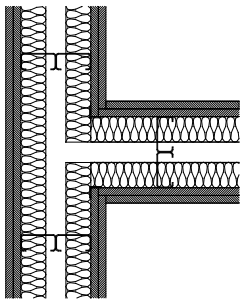
Junção das paredes de flanqueamento com as paredes de compartição	Coeficiente R de transmissão longitudinal do som das paredes flanqueamento	Coeficiente R de isolamento do som das paredes de compartição	Resultados de isolamento do coeficiente R
	53 dB Placa Gesso Cartonado	42 dB Placa Gesso Cartonado	41 dB
	57 dB Placa Gesso Cartonado de fribra	52 dB Placa Gesso Cartonado de fribra	49 dB
	57 dB Placa Gesso Cartonado	52 dB Placa Gesso Cartonado	49 dB
	62 dB Placa Gesso Cartonado de fribra	57 dB Placa Gesso Cartonado de fribra	54 dB
	75 dB Placa Gesso Cartonado	54 dB Placa Gesso Cartonado	54 dB
	75 dB Placa Gesso Cartonado de fribra	60 dB Placa Gesso Cartonado de fribra	59 dB
	75 dB Placa Gesso Cartonado	60 dB Placa Gesso Cartonado	59 dB
	75 dB Placa Gesso Cartonado de fribra	64 dB Placa Gesso Cartonado de fribra	63 dB
	76 dB Placa Gesso Cartonado	64 dB Placa Gesso Cartonado	63 dB
	76 dB Placa Gesso Cartonado de fribra	68 dB Placa Gesso Cartonado de fribra	66 dB

Tabela 2.1. Junção das paredes de flanqueamento com as paredes de compartição

4.2. Lajes

Como em todo o sistema do LSF as lajes seguem os mesmos princípios dos perfis das paredes. As vigas de piso utilizam perfis de secção Ue, tal como as paredes, mas com uma secção de maior dimensão, 200 ou 250 mm. A modulação usada nas lajes é a mesma que no resto da estrutura, mantendo os perfis de piso o alinhamento com os perfis de parede, para uma melhor transmissão das cargas.

Dependendo do vão a vencer a seção dos perfis das lajes vai aumentando, assim como a sua espessura. Em casos que em que os vãos são demasiado grandes para um único perfil, ao invés de se aumentar a seção e espessura do perfil, são usadas vigas compostas. Este tipo de vigas é composto por uma combinação de 2 ou mais perfis, que trabalhando em conjunto fornecem resistência extra sem ser necessário aumentar a espessura total da laje.

As lajes LSF podem também ser usado em conjugação com estruturas de aço laminado a quente, mantendo a modulação usada no sistema de LSF, sendo apenas necessário a utilização de um conector específico para o efeito.

4.2.1. Piso

Sendo as lajes compostas por perfis horizontais, existe a necessidade de criar uma plataforma horizontal onde irão assentar as paredes interiores. Normalmente são utilizadas placas de OSB para fazer o revestimento dos perfis da laje, mas existem outros materiais adequados para o efeito. Exemplo disso temos placas cimentícias que são usadas em zonas como os quartos de banho, devido á sua maior resistência á humidade. Tanto as placas de OSB como as placas cimentícias podem ser substituídas por outro tipo de placas estruturais, tais como placas do tipo *“sandwich”.* Este género de placas conjuga os dois tipos de placas anteriores, já que o seu revestimento é do tipo cimentício e o seu núcleo em OSB, possuindo assim as vantagens de ambas. Estas placas para além de serem resistentes á humidade trazem também o benefício de serem resistentes ao fogo e proporcionarem isolamento extra ao som.

No caso das lajes de piso é necessário ter cuidados acrescidos com o isolamento acústico, em especial em relação a sons de precursão. Relativamente ao isolamento a sons aéreos a sua resolução é relativamente simples. Normalmente basta colocar isolamento à base de lã-de-rocha entre as vigas do piso e o revestimento do teto, para termos um nível de isolamento sonoro satisfatório. Em relação as sons de precursão este é problema mais difícil de resolver, mas geralmente quando este problema é solucionado os resultados referentes ao isolamento sonoro são bastante satisfatórios. A melhor maneira de resolver o isolamento de sons de precursão, devido a passos ou queda de objetos, passa por isolar o máximo possível a camada superior de pavimento, das restantes camadas inferiores que constituem a laje. Esta separação deve ser feita através da inclusão de pavimentos flutuantes e pela inserção obrigatória de telas resilientes. A ligação entre o

pavimento e as paredes, em especial se estas forem paredes estruturais, deve ser também isolada e amortecida, já que essas paredes podem servir como condutoras do som entre pisos.

4.2.2. Cobertura

Nas coberturas são usadas, essencialmente, dois tipos de soluções, coberturas planas ou coberturas inclinadas. No caso das coberturas planas a solução mais comum a ser utilizada passa por usar uma laje húmida, onde se resolve o caimento das águas com a variação da espessura do betão.[2] Embora esta seja uma solução simples e eficaz apresenta algumas desvantagens, em relação a uma laje seca, já que tem um peso consideravelmente superior, o que obriga ao reforço da estrutura devido ao aumento das forças exercidas sobre as paredes estruturais.[3] No caso de se usar coberturas planas de lajes secas a solução mais simples e adequada é usar um sistema de treliças, tendo a viga superior a inclinação necessária para fazer o escoamento das águas. Como nas lajes de piso, estas são depois revestidas por placas estruturais, como OSB ou placas cimentícias, onde serão assentes todas as camadas necessárias para fazer um correto isolamento acústico, térmico e estanquicidade à água. O sistema de treliças é usado também quando há a necessidade de vencer grandes vãos ou quando existem grandes cargas a ser suportadas pela laje.

As coberturas inclinadas, de LSF, usam um sistema de asnas, muito semelhante as asnas de madeira usadas na construção tradicional portuguesa. Neste caso as traves de madeira são substituídas por perfis se aço galvanizado. Em relação as asnas de LSF há que garantir que as almas dos perfis usados nas coberturas fiquem alinhadas com os montantes dos painéis das paredes estruturais, para garantir uma correta transmissão das cargas. Estando a estrutura da cobertura inclinada pronta é revestida igualmente com placas estruturais de OSB, dando assim uma base para as diferentes camadas de isolamento assentarem.

---

[2] **Crasto, R. C. M. & Freitas, A & Santiago, A (2012)** *Steel Framing: Arquitetura.* 2ª ed Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço

p. 64 - "*Apesar de serem menos comuns, as coberturas planas em Light Steel Framing são, na maioria dos casos, resolvidas como uma laje úmida onde a inclinação para o caimento da água é obtida variando a espessura do contrapiso de concreto…"*

[3] **Rego, D. J. M. (2012)** *Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing*, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

p. 41 e 42 – *"…o recurso a uma laje mista (chapa perfilada e betão armado). Esta última, considerada a solução de piso húmido, aumenta consideravelmente o peso da laje, resultando num aumento das ações, tanto verticais como horizontais, nos painéis de parede."*

4.3. Fundações

A construção dos edifícios começa pelas fundações e assim sendo, este é um dos componentes do edifício que mais cuidados devemos ter. Para além de suportar o edifício e transmitirem as forças deste para o terreno, esta é também barreira entre o interior do edifício e o terreno. Ter um bom isolamento das fundações é o primeiro paço para reduzir os consumos energéticos e evitar humidades relativas a infiltrações provenientes do solo.[4]

As fundações no LSF são realizadas da mesma forma que na construção corrente em Portugal, mas em vez de terem sapatas pontuais, na sequência dos pilares, possui uma sapata continua ao longo do perímetro do edifico, devido ao peso do edifico ser transferido, maioritariamente, pelas paredes exteriores.[5]

Devido às estruturas de LSF possuírem um peso próprio baixo, comparando ao das construções tradicionais, as suas fundações são também menos solicitadas. Face a isso, dois tipos de fundações são habitualmente mais utilizadas. Essas fundações são.[6]

- Ensoleiramento geral: é a fundação mais simples e rápida de realizar. Como resultado, esta solução é a menos afetada pela ação climática durante a sua execução. Este tipo de fundação exige também menos movimentação de terras e menos cofragens.

- Sapata corrida: consiste em elevar muros de fundação para suportar o piso térreo sobre o terreno. Esta solução tem a vantagem de permitir a circulação de ar por debaixo do edifício.

---

[4] **Rego, D. J. M. (2012)** *Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing*, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

p. 32 – *"…o isolamento cuidado das fundações contribui para a redução do consumo de energia e custos de manutenção futuros relativos a problemas de infiltração e humidade."*

[5] **Futureng** (2013) Disponível na internet em: www.futureng.pt/fundacoes

"As fundações de uma casa com estrutura em aço leve são efectuadas segundo os processos também usados na construção convencional. No entanto, não são construídas sapatas para suporte de cargas localizadas. Visto que todo o peso do edifício é distribuído pelas paredes exteriores, o alicerce deverá ser contínuo, formando um anel de fundação."

[6] **ConsulSteel. (2002).** *Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos.* Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

p. 45 – *"Dadas las características de peso propio de este tipo de estructuras, los sistemas de fundaciones más comúnmente utilizados, y por lo tanto los que desarrollaremos en este capítulo, son los siguientes:"*
"- Platea de Hormigón Armado sobre Terreno: es la fundación mas sencilla y rápida de ejecutar. Debido a ello, esta solución es la menos afectada por la acción del clima durante su ejecución."
"- Zapata corrida: consiste en muros de fundación elevados para soportar el nivel de planta baja por sobre el nivel del terreno. Esta solución tiene como ventaja principal permitir la circulación de aire debajo de la vivienda."

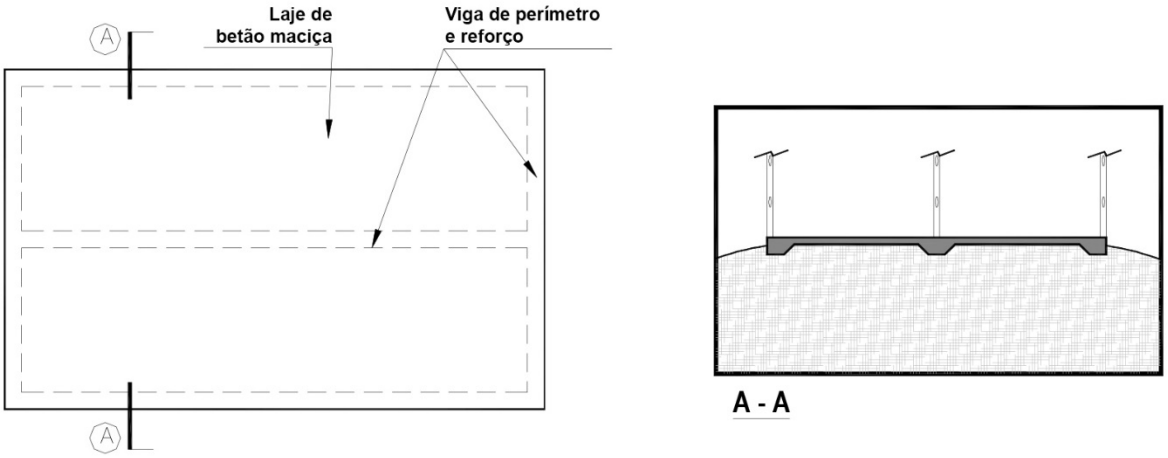


Fig. 3.9. – Fundação de Ensoleiramento Geral

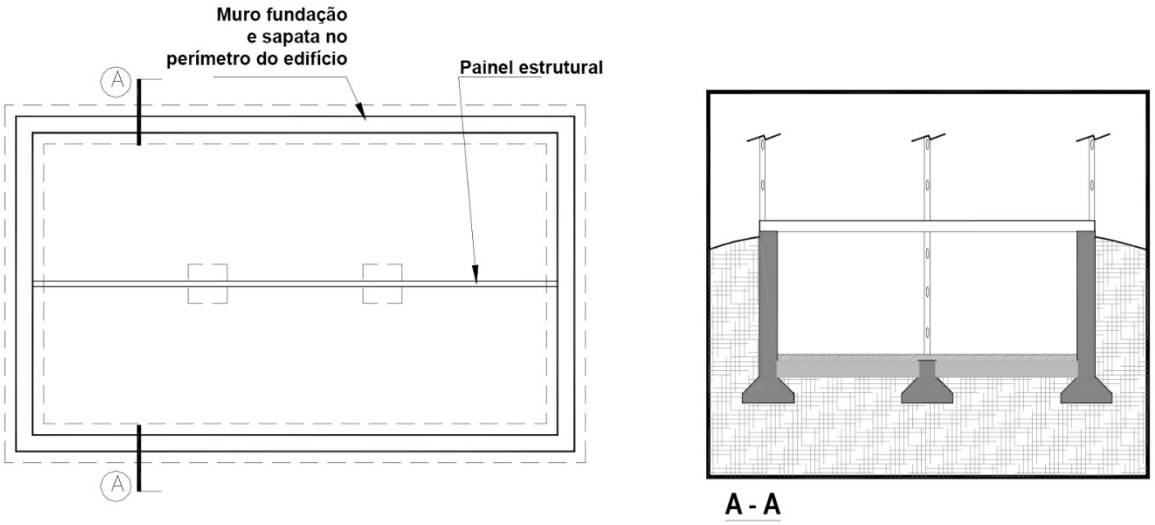


Fig. 3.9. – Fundação de Sapata Corrida

4.3.1. Ensoleiramento geral

O ensoleiramento geral passa por criar uma laje única cobrindo toda a área de implantação do edifício. Para dar estabilidade e rigidez à laje esta possui vigas em todo o seu contorno e no alinhamento das paredes estruturais do edifício. O correto isolamento térmico e isolamento a humidades neste tipo de laje é muito importante já que esta está assente diretamente sobre o terreno e tem a função de laje de piso do rés-do-chão. Usar este tipo de fundação implica ter em atenção à colocação correta das infraestruturas de águas e eletricidade, por estas terem de ser feitas previamente à betonagem da laje.[7]

4.3.2. Sapata corrida

Este tipo de fundação é constituído por dois elementos, a sapata e o muro fundação. Estes muros percorrem todo o perímetro da implantação do edifício e também o alinhamento das paredes estruturais interiores do edifício. Os muros de fundação sofrem diferentes cargas caso estejam no perímetro ou no interior da implantação. Aos muros que percorrem o perímetro é-lhes exigido que suportem tanto as cargas verticais do edifício como as cargas laterais, provenientes da retenção do terreno, enquanto os muros de fundação do interior apenas têm que suportar as cargas verticais do edifício.

A grande vantagem deste tipo de fundação é a de permitir a circulação de ar por debaixo do edifício e assim melhorar o isolamento do edifico, já que este não está em contacto direto com o solo. O isolamento térmico da laje de piso, usado neste tipo de fundação é igual ao dos pisos intermédios, já que a laje de rés-do-chão se encontra elevada do terreno. O espaço entre a laje de piso e o terreno devem ser acessível, deixando espaço suficiente entre as vigas de piso e o terreno para uma pessoa circular, já que muitas das vezes este espaço é usado para a passagem de infraestruturas, facilitando assim a sua manutenção. O terreno, onde as sapatas assentam, deve também ter uma boa drenagem, para evitar problemas com humidades.[8]

---

[7] **Rego, D. J. M. (2012)** *Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing*, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

p. 33 - *"Uma das vantagens face a outro tipo de fundações é a eliminação de um piso de LSF, ou seja, a laje de fundação é usada como piso térreo. Posto isto, é da maior importância o correto isolamento da laje…" "…por não haver outra barreira interior. Outro aspecto importante é a correta posição inicial das instalações sanitárias e elétricas, dado que se executam previamente à betonagem."*

[8] **ConsulSteel. (2002).** *Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos.* Buenos Aires: Consul Steel. Disponível na internet em: www.consulsteel.com

p. 53 – *"La principal ventaja de este tipo de fundación …" a "…general para el pasaje de la instalaciones."*
p. 54 – *"En este tipo de fundaciones, se recomenda…" "…no requiere un sistema de drenaje subterráneo."*

5. LSF COMO ALTERNATIVA Á CONSTRUÇÃO TRADICIONAL

5.1. Comparação de metodologias

5.1.1. Estrutura

A diferença entre o tipo estrutura usada na construção de *Light Steel Framing* e da construção tradição é bastante grande. Enquanto a primeira usa um sistema autoportante a segunda usa um sistema de pórticos. No primeiro as cargas exercidas sobre o edifício são dissipadas por um elevado número de perfis leves e o segundo fá-lo através elementos pontuais, usando pilares e vigas.

Embora haja estas diferenças de como a estrutura suporta a cargas, no que á imagem do edifício diz respeito, o sistema de LSF consegue ter resultados iguais aos sistemas tradicionalmente usados em Portugal. A conceção arquitetónica pouco é afetada já que a grande flexibilidade e adaptabilidade que o sistema possui permite-lhe adaptar-se a uma vasta maioria de linguagens arquitetónicas.

O edifício Park 4200 (fig. 4.1), em Dallas, Texas nos Estados Unidos da América, é um edifício de habitação coletiva que facilmente se enquadraria no panorama arquitetónico português. Este é um edifício com 9 pisos, sendo os três primeiros pisos em betão armado, destinados a garagens, e os restantes 6 piso, de habitação coletiva, são construídos em LSF. Ao ser usado LSF nos 6 pisos de habitação, em detrimento de uma estrutura completa em betão armado, fui possível poupar 45,20 USD por m^2 de construção, mais de 400.000 USD nos 9200 m^2 do edifício. No total houve uma redução de custos entre o 8 e 12% e uma redução de três meses de tempo de construção, em comparação com a construção total em betão armado.[1]

Quando o sistema estrutural de LSF não pode ser utilizado total ou parcialmente, como por exemplo no caso da limitação do número máximo de pisos que o sistema permite ou quando existem vãos livres demasiados extensos, usar uma estrutura de betão armado pode não ser a solução mais viável. Usar um sistema estrutural de perfis metálicos de ALQ pode ser a solução mais aconselhável. Embora este sistema, na sua conceção, seja semelhante às estruturas de betão armado, já que usa o mesmo princípio estrutural pontual de pilares e vigas, pode ter vantagens em relação ao betão armado.

[1] **Steel Framing Alliance (2013)** *Brochura - Park 4200 Condominium.* Disponível na internet em http://www.steelframing.org/cycletime.html

Fig. 4.1. – Imagem exterior do edifício Park 4200

Fig. 4.2. – Estrutura de LSF do edifício Park 4200

Sendo o sistema perfis metálicos de ALQ racional e industrializado, apresenta algumas vantagens em relação às construções feitas em betão armado. Entre essas vantagens destacam-se:

- Maior rapidez de construção, devido à inexistência cofragens, descofragens e tempos de secagem/cura.
- Peso próprio é mais reduzido e consequente redução de esforço nas fundações
- Maior precisão construtiva
- Maior controlo nas quantidades do material e menos desperdícios
- Maior segurança em obra e local de obra mais limpo
- Necessidade de estaleiro de obra mais reduzida
- Material 100% Reciclável
- Fácil manutenção
- Capacidade de vencer vãos de maior dimensão

Embora apresente muitas e significativas vantagens, as estruturas em aço também têm desvantagens em relação as estruturas de betão armado. Essa desvantagens passam por:

- Maior manutenção em comparação a estruturas de betão armando
- Necessidade de mão especializada para a sua montagem em obra
- Maior suscetibilidade ao fogo, e como tal há necessidades acrescidas de proteção contra o mesmo e consequente encarecimento da estrutura
- Necessidade de tratamento do aço contra a corrosão

Tabela 3.1. - Perfis de Aço Laminado a Quente

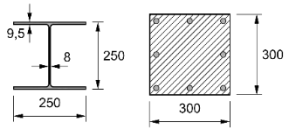
Secção Transversal	Designação	Utilização
	Perfil HEA	Pilares
	Perfil IPE	Vigas
	Perfil L	
	Perfil UPN	

Comparando as estruturas em aço e as estruturas de betão armado, verifica-se que, usando o mesmo sistema de pilares e vigas, as estruturas em aço são um substituto viável as estruturas de betão armado, em especial em edifício de maior dimensão ou quando há a necessidade de vencer vãos de grandes dimensões. Esta vantagem que o tem aço em conseguir vencer vãos maiores, advém de este possuir um peso próprio menor, consequência de a secção

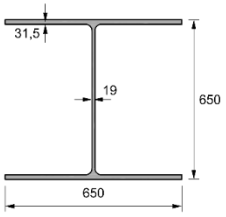
necessária de pilar ou viga para vencer esse vão ser menor, em comparação a uma estrutura de betão. Podemos verificar isso no seguinte exemplo:[2]

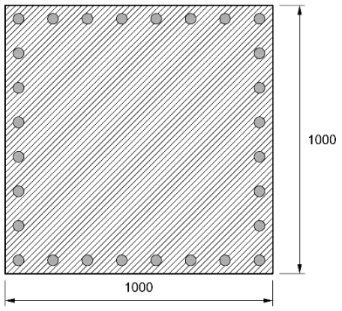
Pilar

*"*Por exemplo, um pilar de edifício com pé-direito de 3 m, em perfil H de aço suportando uma força axial de compressão de cálculo de 1500 kN pode possuir dimensões de 250 x 250 x 8,0 x 9,5 mm (área da seção transversal de 66 cm^2 e peso total de 1,5 kN). O mesmo pilar em concreto armado, teria uma seção quadrada de lado aproximadamente igual a 300 mm (área da seção transversal de 900 cm^2 e peso total de 6,8 kN). Se a força axial fosse de 15000 kN, o perfil de aço poderia ter dimensões de 650 x 650 x 19,0 x 31,5 mm (área da seção transversal de 521 cm^2 e peso total de 12 kN), e a seção de concreto teria lado de cerca de 1000 mm (área da seção transversal de 10000 cm^2 e peso total de 75 kN)*."*



Força axial de 1500 kN

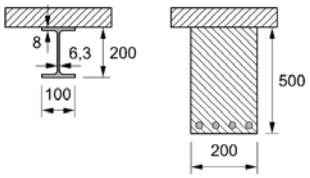




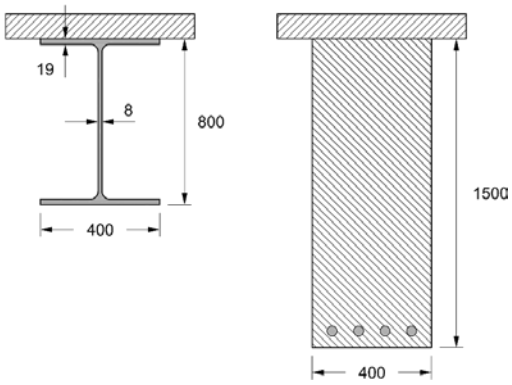
Força axial de 1500 kN

Viga

*"*Seja agora uma viga biapoiada com 5 m de vão, sobreposta por uma laje de concreto e submetida a uma carga de cálculo uniformemente distribuída de 20 kN/m. Pode-se usar para essa viga um perfil I de aço de 200 x100 x 6,3 x 8,0 mm (área da seção transversal de 28 cm^2 e peso total de 1,1 kN). Se a viga fosse de concreto armado, teria largura de 200 mm e altura de 500mm (área da seção transversal de 1000 cm^2 e peso total de 13 kN). Se o vão da viga passasse para 15 m e a carga para 70 kN/m, o perfil de aço poderia ter dimensões de 800 x 400 x 8,0 x 19,0 mm (área da seção transversal de 213 cm^2 e peso total de 25 kN) e a seção de concreto armado teria largura de 400 mm e altura de 1500 mm (área da seção transversal de 6000 cm^2 e peso total de 225 kN)*."*



Vão de 5 m e carga de 20 kN/m



Vão de 15 m e carga de 70 kN/m

[2] **Centro de Estudos de Estruturas de Aço e Mistas de Aço e Concreto da UFMG (2013)** Disponível na internet em: www.sites.google.com/site/acoufmg/home/vantagens-do-aco

O projeto do edifício Bourbon Lane, White City, em London é um bom exemplo do que se consegue fazer combinando estruturas metálicas de ALQ com o LSF. Este é um projeto do gabinete de arquitetura londrino Cartwright Pickard Architects, com a colaboração do gabinete francês B+ C Architects. O projeto é composto por 78 habitações, divididas por habitações unifamiliares, que ocupam os dois primeiros pisos do edifício, e apartamentos situados nos terceiro, quarto e quinto pisos. A preferência do aço como material estrutural resultou da escolha ponderada do engenheiro Campbell Reith, em detrimento de uma estrutura de betão pré-esforçado ou madeira. Esta deveu-se ao facto do aço permitir grandes balanços e assim libertar o solo para circulações de uso público e jardins para uso semipúblico. A estrutura de ALQ permitiu então fazer balanços de 6 metros de comprimento, a dois pisos de altura. No total foram usados 254 metros de aço para colunas e 203 metros para vigas.[3]

O revestimento do edifício foi feito através de painéis pré-fabricados de aço galvanizado, do tipo Nordicon, recobrindo a estrutura de aço laminado a quente. Estes painéis, pré-fabricados, chegaram à obra já com revestimento à prova de água e com as janelas e portas no respetivos lugares. A sua instalação foi feita por mão-de-obra especializada que colocou também o revestimento final em ripado de madeira. A escolha desta solução pré-fabricada teve o intuito de minimizar a quantidade de construção na obra e reduzir o número de entregas de materiais, devido à área ser altamente congestionada, assegurado ao mesmo tempo um elevado nível de qualidade da construção.

[3] **Steel Construction Institute (2013)** Disponível na internet em: www.tatasteelconstruction.com/en/case_studies/residential/bourbon_lane

Fig. 4.3. – Vista exterior do edifício Bourbon Lane 1

Fig. 4.4. – Vista exterior do edifício Bourbon Lane 2

Fig. 4.5. – Vista exterior do edifício Bourbon Lane 3

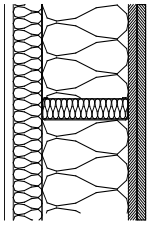
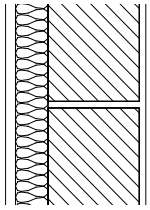
Fig. 4.6. – Estrutura de ALQ do edifício Bourbon Lane

5.1.2. Paredes

5.1.2.1 Exteriores

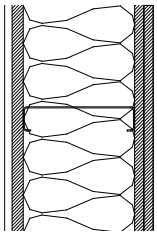
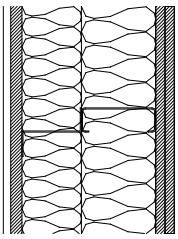
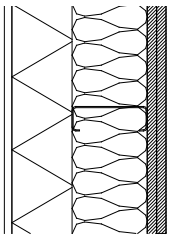
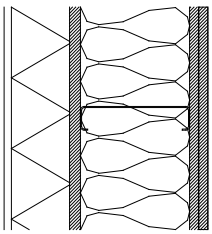
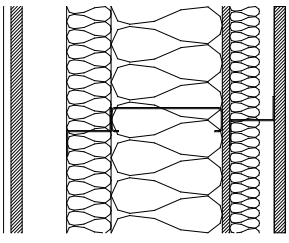
A espessura total de uma parede é determinada pelo tipo de materiais empregues e pelo número e tipo de camadas precisas para satisfazer as necessidades de isolamento. Comparando as paredes tradicionais de alvenaria de tijolo com as paredes de LSF, esta ultima vai ter uma relação qualidade de isolamento/espessura superior. Tendo duas paredes com a mesma espessura, a parede de LSF vai ter melhor isolamento acústico e melhor isolamento térmico do que uma parede, com a mesma espessura, em alvenaria de tijolo. Podemos comprovar este facto na tabela 3.2., onde verificamos que uma parede exterior de LSF com uma espessura total de 23,0 cm, comparada com uma parede exterior de tijolo vazado de 34,5 cm, apresenta valores, relativos ao isolamento térmico e isolamento acústico, melhores. Esta diferença nas espessuras pode levar a um ganho de área útil de 5 a 10%, relativo a um edifício com 120 m^2.[4]

Tabela 3.2. – Relação da espessura parede com Isolamento acústico e térmico

Constituição da parede exterior	Camadas de materiais da parede	Espessura	Índice de Isolamento U W/m^2C	Isolamento a Sons Aéreos R_w [dB]
	• Reboco • Isolamento mineral • Placa de OSB • Perfil de parede e lã de rocha • Gesso cartonado + barreira para vapor • Gesso cartonado + Pintura	23,0 cm	0,25	51 dB
	• Reboco • Isolamento mineral • Tijolo vazado • Reboco exterior	34,5 cm	0,35	48 dB

Nas paredes exteriores um dos fatores de maior importância é a sua capacidade de isolar termicamente o edifício. Assim, comparando paredes feitas com o sistema de LSF e paredes tradicionais de alvenaria de tijolo vazado, as paredes LSF apresentam valores de isolamento térmico superiores. Na tabela 3.3. temos exemplos de diversos tipos de paredes e como essas respondem face ao isolamento térmico. Como exposto na tabela, as paredes em LSF conseguem ter um coeficiente de isolamento térmico melhor que as paredes de alvenaria de tijolo, mesmo apresentando espessuras totais, em alguns casos, significamente mais reduzidas.

[4] **Braine-Bonnaire, T. (2005)** *European Lightweight Steel-Framed Construction*, 2ª ed. Luxembourg: Arcelor – p. 10 e 11

Camadas de materiais da parede		Espessura	Índice de Isolamento U W/m²C	Resistência ao Fogo [Minutos]
	Reboco Placa de OSB Perfil de parede + lã de rocha Barreira para vapor Gesso cartonado ignífugo x 2	10 mm 15 mm 150 mm - 2 x 12,5 mm **200 mm**	0,48	30 min
	Reboco Placa de OSB Perfil horizontal + lã de rocha Perfil de parede + lã de rocha Barreira para vapor Gesso cartonado ignífugo x 2	10 mm 15 mm 80 mm 100 mm - 2 x 12,5 mm **230 mm**	0,25	30 min
	Reboco Isolamento EPS Perfil de parede + lã de rocha Barreira para vapor Gesso cartonado ignífugo x 2	10 mm 80 mm 100 mm - 2 x 12,5 mm **215 mm**	0,29	30 min
	Reboco Isolamento EPS Placa de OSB Perfil de parede + lã de rocha Barreira para vapor Gesso cartonado ignífugo x 2	15 mm 80 mm 15 mm 150 mm - 2 x 12,5 mm **285 mm**	0,22	30 min
	Reboco Placa de OSB Perfil metálico x 2 + Isolamento Isolamento a águas Perfil de parede + lã de rocha Gesso cartonado Barreira para vapor Perfil metálico + Isolamento Gesso cartonado	10 mm 15 mm 2 x 60 mm - 150 mm 10 mm - 60 mm 12,5 mm **300 mm**	0,19	30 min

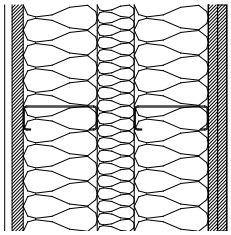
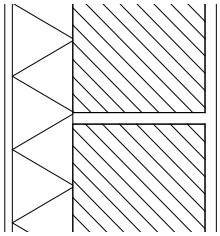
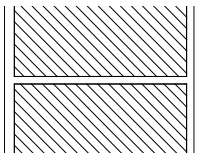
	Reboco Placa de OSB Perfil de parede + lã de rocha Lã de rocha Perfil de parede + lã de rocha Barreira para vapor Gesso cartonado ignífugo x 2	10 mm 15 mm 100 mm 50 mm 100 mm - 2 x 12,5 mm **300 mm**	0,18	30 min
	Reboco Lã de rocha Tijolo de areia e cal Reboco interior	10 mm 80 mm 175 mm 15 mm **285 mm**	0,39	120 min
	Reboco mineral Bloco de betão Reboco interior	20 mm 365 mm 15 mm	0,37	120 min

Tabela 3.3. - Exemplos de paredes exteriores e seu comportamento térmico

No projeto do Bourbon Lane, White City, as paredes exteriores, como referido anteriormente, são compostas por painéis prefabricados do tipo Nordicon. Este tipo de painel apresenta uma grande versatilidade nas suas configurações. Os painéis podem acomodar qualquer dimensão de abertura de vãos, receber qualquer tipo de revestimento e têm uma variada escolha de espessuras, que lhe permitem ter um bom comportamento acústico e térmico, conforme as necessidades de cada edifício. As espessuras destes painéis variam entre os 125 mm e os 225 mm, tendo um índice de isolamento térmico, U, entre os 0,28 e 0,19 W/m2C, conforme a espessura aplicada. O seu comportamento a nível sonoro é também razoável, já que têm um índice de isolamento a sons aéreos, Rw, de 50 dB para a espessura de 125 mm e de 54 dB para espessura de 225 mm.[5]

[5] **Steel Construction Institute (2013)** Disponível na internet em: www.tatasteelconstruction.com/en/case_studies/residential/bourbon_lane

Fig. 4.7. – Montagem dos painéis de parede exterior do Bourbon Lane

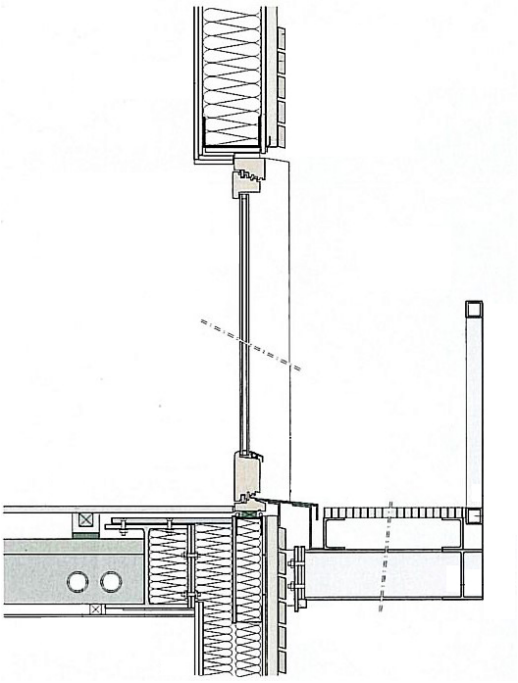


Fig. 4.8. – Corte pela fachada

5.1.2.2. Divisórias

Paredes divisórias em LSF apresentam também vantagens consideráveis em comparação à construção tradicional de tijolo e argamassas. Passando pela maior rapidez de construção e leveza das mesmas. Considerando duas paredes da mesma dimensão, em que uma é de tijolo vazado e outra de perfis e gesso cartonado, existe uma diferença de peso de quase 4x mais uma em relação á outra.[6]

A nível de isolamento sonoro a diferença entre uma parede em LSF uma de alvenaria de tijolo é notória. Uma parede de alvenaria de tijolo com 150 mm espessura apresenta um índice isolamento sonoro de cerca de 47 dB, em comparação a uma parede de construção seca com a mesma espessura que apresenta valores de 60 dB.

Na tabela 3.4. são visíveis as diferenças, a vários níveis, entre diversos géneros de paredes secas e paredes de alvenaria de tijolo. Considerando dimensões idênticas entre uma parede em construção seca e uma em alvenaria de tijolo, verifica-se que a parede de construção seca apresenta valores de peso e isolamento ao som melhores que as paredes em alvenaria de tijolo. O único valor em que as paredes de LSF perdem para as paredes de alvenaria de tijolo é na resistência ao fogo. Mas esta diferença pode ser facilmente anulada ou mesmo superada se forem usados materiais que sejam especificamente projetados para resistirem ao fogo ou aumentando o número de camadas de revestimento das paredes.

Para além de dividir espaços dentro de uma habitação, por vezes as paredes divisórias têm que dividir fogos habitacionais. As exigências acústicas perante estas situações são maiores e como tal, há a necessidade de isolamento acrescido na sua composição. O edifício residencial Brightwell Court em Londres, Inglaterra, apresenta uma solução relativamente simples para este problema. Este é um edifício de habitação multifamiliar com quarto pisos, em que o piso do rés-do-chão possui uma estrutura metálica de aço laminado a quente, sendo os restantes três pisos em Light Steel Framing. Neste edifício foram empregues vários elementos prefabricados como as paredes, as lajes e módulos completos das casas de banho. Estes elementos foram entregues na obra praticamente completos, faltando apenas os revestimentos finais das paredes e lajes. Relativamente ao isolamento sonoro as paredes superaram os níveis mínimos, requeridos por lei, em que tinham que ter uma performance superior ou igual a 45 dB, conseguindo um valor de 54 dB.

[6] **Pfau, J. & Tichelmann, K. (2008)** *Detail Practice - Dry Construction: Principles, Deatils, Examples.* 1ª ed Berlim: Birkhauser

Fig. 4.9. - Vista exterior do edifício Brightwell Court

Fig. 4.10. – Montagem dos painéis de parede exterior do edifício Brightwell Court

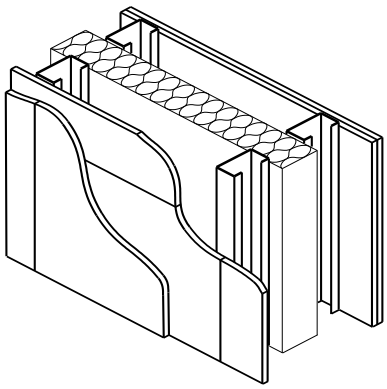


Fig. 4.11. Parede de meação dos apartamentos

Composição da parede:

Placa gesso cartonado ignífugo	15mm
Placa gesso cartonado resistente ao som	15mm
Perfil de aço galvanizado	92 mm
Cavidade preenchida do lã-de-vidro	50 mm
Perfil de aço galvanizado	92 mm
Placa gesso cartonado resistente ao som	15 mm
Placa gesso cartonado ignífugo	15 mm

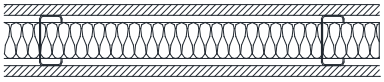
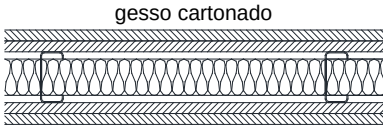
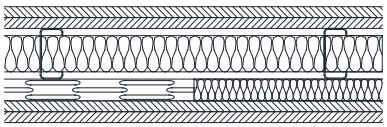
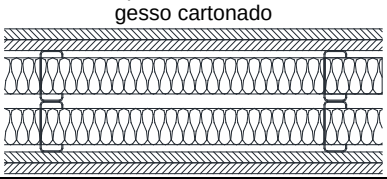
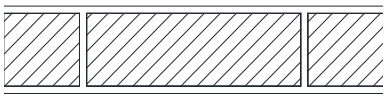
Desenho	Espessura da Parede [mm]	Peso por kg/m^2	Isolamento a Sons Aéreos R_w [dB]	Resistência ao Fogo [Minutos]
Estrutura única com uma camada de gesso cartonado 	75-125	35-45	40-54	30 min
Estrutura única com duas camadas de gesso cartonado 	100-150	45-65	47-60	60 a 90 min
Estrutura única com “Canal Resiliente” e duas camadas de gesso cartonado 	Aprox. 155	Aprox. 52	Aprox. 61	60 a 90 min
Estrutura dupla com duas camadas de gesso cartonado 	175-275	65-80	59-65	90 a 120 min
Parede Alvenaria Tijolo 110 mm 	145	160-240	42-47	90 a 120 min
Parede Alvenaria de Tijolo 240 mm	270	260-500	48-55	180 min

Tabela 3.4. Tabela comparativa de vários tipos de paredes secas e paredes de alvenaria de tijolo.[7]

[7] **Pfau, J. & Tichelmann, K. (2008)** *Detail Practice - Dry Construction: Principles, Deatils, Examples.* 1ª ed Berlim: Birkhauser - p.

5.1.2.3. Infraestruturas

A nível infraestrutural as paredes de LSF apresentam também vantagens em relação a paredes de alvenaria de tijolo. O facto das estruturas de LSF possuírem um espaço vazio, entre perfis, no interior das paredes, vai facilitar a instalação das várias infraestruturas, como águas, eletricidade, telecomunicações, etc. Em comparação, nas paredes de tijolo vazado há a necessidade de abrir roços na alvenaria para colocar os vários tipos de infraestruturas, danificando-a, sendo depois os roços selados com argamassa, duplicando assim o trabalho com a construção e posteriori reconstrução, total ou parcial, da parede. Este tipo de abordagem da instalação das infraestruturas no interior das paredes de alvenaria, selando-as depois com argamassa, tem a desvantagem que se houver a necessidade de reparar ou substituir alguma infraestrutura ter que se voltar a danificar a alvenaria e o revestimento, sendo este um processo moroso e de difícil execução. No caso de uma parede em LSF, se houver a necessidade de intervir nas infraestruturas, durante a vida útil do edifício, é muito simples fazer a reparação ou substituição das infraestruturas, já que apenas é necessário retirar a placa de revestimento da parede, parcial o totalmente, e realizar os devidos trabalhos. A reparação de uma parede em LSF é então mais simples que a reparação uma parede em alvenaria de tijolo vazado revestido a argamassa. Em relação as paredes em LSF, os únicos cuidados a ter com as infraestruturas é o destas não entrarem em contacto direto com os perfis das paredes, usando ligações próprias, para evitar qualquer transmissão sonora das infraestruturas para a parede.

Fig. 4.12. Infraestruturas seladas apos montagem em alvenaria de tijolo

Fig. 4.13. Montagem infraestrutura em parede de LSF

5.1.3. Lajes

Quando falamos da construção corrente feita em Portugal, as críticas mais comuns que se ouve é sobre o mau desempenho sonoro que as lajes proporcionam, em especial aos sons de precursão. Devido á sua massa elevada, as lajes de betão armado proporcionam um isolamento razoável aos sons aéreos, ao contrario das lajes de LSF que por possuírem pouca massa têm um mau comportamento a esses mesmos sons aéreos. Para solucionar o problema das lajes de LSF a atualização de lã-mineral entre os perfis da laje é obrigatória, solucionado assim o problema de forma fácil e sem grandes desvantagens já que a espessura da laje não é alterada. A solução final, após a colocação da lã-mineral, é também superior no isolamento de sons aéreos em comparação a uma laje de betão com a mesma espessura.

Relativamente aos sons de precursão este é problema de mais difícil resolução, mas geralmente quando este problema é solucionado os resultados relativos ao isolamento sonoro são bastante satisfatórios. A modo de resolver o isolamento dos sons de precursão passa por isolar a camada superior de pavimento, o máximo possível, das restantes camadas inferiores, que constituem a laje. Esta separação deve ser feita a através da inclusão de pavimentos flutuantes e também pela inserção de telas resiliente, sempre que possível. A ligação entre o pavimento e as paredes, em especial se estas forem paredes estruturais, deve ser também isolada e amortecida, já que as paredes podem servir como condutoras do som entre pisos. Este tipo de solução foi usada nas lajes do edifício Brightwell Court, como se pode ver na figura 4.13. As lajes deste edifício tinham que ter uma performance relativa ao isolamento de sons aéreas de pelo menos 45 dB ou mais e performance igual ou menor de 64 dB, relativamente aos sons de precursão. Em ambos os casos atingiram valores de 52 dB.[8]

Tendo todos os cuidados necessários, as lajes secas podem ser superiores as lajes de betão a nível de isolamento sonoro, peso próprio e espessura final. Outro fator que faz com que as lajes de construção seca possam ser superiores as lajes de betão é que estas não utilizam água na sua construção e assim não existem tempos de secagem/cura, acelerando o tempo de construção. Pode-se verificar a diferença de isolamento aos sons de precursão, entre lajes de construção seca e uma laje usada correntemente na construção portuguesa, na tabela 3.5.

O Paragon Project, no oeste de Londres, Inglaterra, é o edifico de estrutura modular mais alto da Europa. Este projeto é composto por cinco edifico diferentes, com alturas compreendidas entre os 4 e 17 pisos. Estes edifícios têm uma funcionalidade habitacional, composta por apartamentos e quartos para estudantes. Os módulos usados neste projeto usam uma estrutura hibrida, composta por perfis de aço laminado a quente e perfis formados a frio. Os perfis de ALQ formam a estrutura resistente do módulo, enquanto os perfis formados a frio são usados para formar as lajes e as paredes. Os módulos usados neste projeto foram prefabricados, tendo sido o seu

[8] **Steel Construction Institute (2013)** Disponível na internet em: www.tatasteelconstruction.com/en/reference/publications/acoustics/

interior completamente finalizado com revestimentos, infraestruturas de água e luz, quartos de banho, decoração interior e mobiliário fixo, antes de ser transportados para a obra.[9]

Face à sua estrutura modular as lajes de piso tiveram que ter a sua estrutura duplicada. Embora a estrutura do piso tenha sido duplicada, atingindo uma espessura de 396 mm (ver fig. 4.19.), esta consegue ser inferior à espessura de uma laje aligeirada de betão, de 440 mm, usada regularmente na construção em Portugal. Esta configuração das lajes dos módulos, em conjunto com os materiais utilizados, conferem-lhe um índice de isolamento aos sons de precursão de 54 dB, contra os 55 dB da laje aligeirada de betão e um índice de isolamento aos sons aéreos de 48 dB.

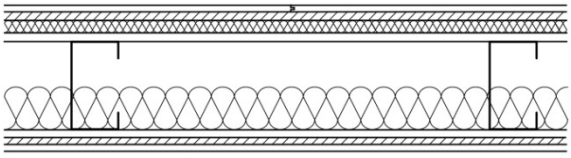


Fig. 4.14. Composição de laje seca

Composição da laje:

Placa de aglomerado de partículas	18 mm
Placa gesso cartonado resistente ao som	15 mm
Lã-de-Rocha de alta densidade	30 mm
Placa OSB	20 mm
Perfil de Piso	203 mm
Lã-de-Rocha entre os perfis de piso	100 mm
Perfil tipo Cartola	16 mm
Placa gesso cartonado resistente ao som	15 mm
Placa gesso cartonado ignífugo	15 mm

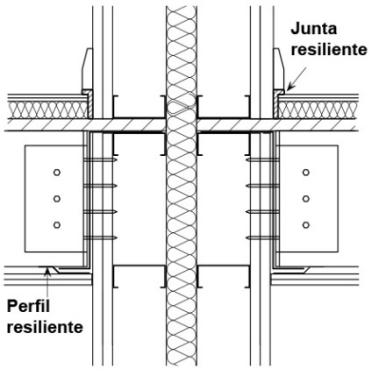


Fig. 4.15. Conexão entre a laje e a parede de meação

[9] (Lajes Secas - Adapetado de *European Lightweight Steel-Framed Construction)* (Laje Aligeirada de Betão – Adapetado de *Informações Tecnicas – Lajes Mistas: Leca® Lajes*

Fig. 4.16. Paragon Project – imagem exterior

Fig. 4.17. Paragon Project – imagem exterior

Fig. 4.18. Montagem do módulo

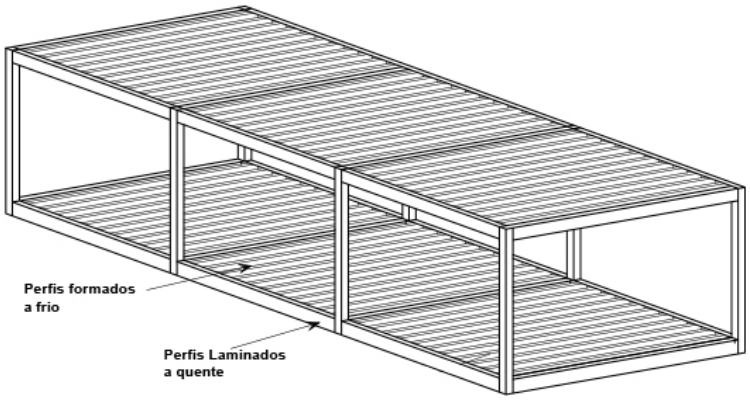


Fig. 4.19. Estrutura do módulo

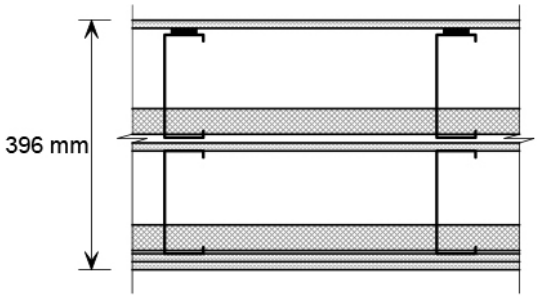
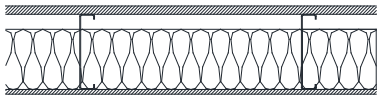
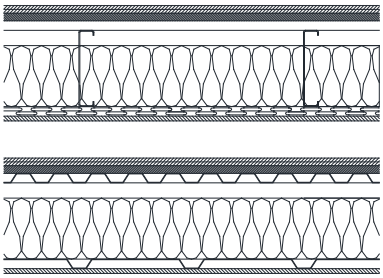
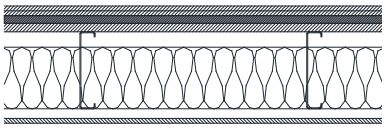
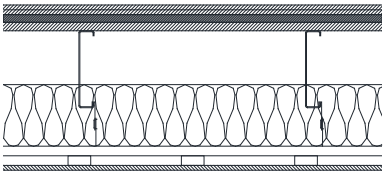
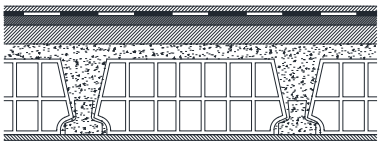


Fig.4.20. Componentes da Laje piso:

Placa de contraplacado	18 mm
Tira resiliente	3 mm
Perfil de piso	165 mm
Lã-de-Rocha entre os perfis de piso	80 mm
Placa OSB	9 mm
Perfil de piso	138 mm
Lã-de-Rocha entre os perfis de piso	80 mm

Tabela 3.5. – Tabela comparativa de Lajes Secas e Laje de Aligeirada de Betão

Componentes da Laje		Espessura Total da Laje	Sons de Percussão Índice de Isolamento Ln,w
	• Placa de Aglomerado de Fibra e Cimento 22 mm • Perfil de Piso 200 mm • Isolamento de Lã-Mineral 16 mm • Gesso Cartonado 12.5 mm	250,5 mm	73 dB
	• Sub-chão de Aglomerado de Madeira 2 x 10 mm • Isolamento Resiliente 20 mm • Painel Metálico Trapezoidal 25 mm • Perfil de Piso 200 mm • Isolamento de Lã-Mineral 16 mm • Perfil tipo Cartola 25 mm • Gesso Cartonado 12.5 mm	318.5 mm	58 dB
	• Sub-chão de Aglomerado de Madeira 2 x 12.5 mm • Isolamento Resiliente 20 mm • Placa de Aglomerado de Fibra e Cimento 22 mm • Perfil de Piso 200 mm • Isolamento de Lã-Mineral 16 mm • Gesso Cartonado 2 x 12.5 mm	308 mm	53 dB
	• Sub-chão de Aglomerado de Madeira 2 x 12.5 mm • Isolamento Resiliente 20 mm • Placa de Aglomerado de Fibra e Cimento 22 mm • Perfil de Piso 200 mm • Isolamento de Lã-Mineral 16 mm • Perfil de teto 2 x 25 mm • Gesso Cartonado 2 x 12.5 mm	358 mm	52 dB
	• Soalho de Madeira 20 mm • Camada Resiliente 30 mm • Betomilha 50 mm • Enchimento Leca 100 mm • Laje Aligeirada de Betão 240 mm	440 mm	55 dB

6. CASO PRÁTICO

6.1. Introdução

Este caso prático vem na sequência do estudo realizado nesta dissertação. O projeto exposto neste capítulo foi realizado durante a o ano letivo 2012/2013 nas disciplinas de Projeto III e Projeto IV. Embora inicialmente a sua conceção não tenha abordado o tema da dissertação, com o início do estudo desta dissertação, através da recolha de informação e sua analise, o projeto foi adaptado seguindo os princípios aqui expostos, com o objetivo de tentar integrar da melhor forma possível os princípios do LSF à realidade do projeto.

O projeto aqui apresentado é referente a um edifício de habitação coletiva e comércio, inserido no contexto urbano da cidade do Porto. O espaço intervencionado localiza-se na fronteira do centro histórico da cidade, onde o edifício a implantar medeia a ligação entre edifícios do século XVIII e edifícios do século XX.

6.2. Local de Implantação

O projeto desenvolve-se no quarteirão do *"Jardim das Camélias"* demarcado pela Rua Augusto Rosa, Rua do Sol, Rua Duque de Loulé e Rua Alexandre Herculano.

Este quarteirão caracteriza-se por apresentar três realidades destintas. Dessas três realidades a que mais se destaca é o facto de o quarteirão estar partido ao meio, havendo um grande espaço parcialmente vazio no seu interior. Esta quebra é feita por um eixo que liga a Rua Augusto Rosa e a Rua Duque de Loulé. Neste momento esse espaço vazio, no interior do quarteirão, possui três funções. A mais notória é a de servir como terminal rodoviário para várias empresas de transporte de passageiros locais e regionais. Esta central ocupa metade do quarteirão, do lado da Rua Augusto Rosa. O espaço vazio restante é dividido por um pavilhão desportivo e dois parques de estacionamento, sendo um público e outro pertencente ao pavilhão.

A segunda e terceira realidades presentes neste quarteirão estão relacionadas com o edificado. O espaço vazio no interior de quarteirão, para além de o dividir, serve de fronteira entre edificados de diferentes épocas. O edificado da Rua do Sol é datado do seculo XVIII, tendo esses edifícios uma altura média a rondar os 3 pisos. Em contraponto, a Rua Alexandre Herculano é de um período mais recente, sec XIX, e sendo o seu edificado na sua maioria do sec XX, com uma altura media a rondar os 5 pisos.

Fig. 5.1. - Planta de localização

Fig. 5.2. - Planta de implantação

6.3. Projeto

Face às caraterísticas que o quarteirão *"Jardim das Camélias"* apresenta, o conceito inicial do projeto passou por usar o edifício a implantar para fazer o fecho do quarteirão, mas ao mesmo tempo manter alguma permeabilidade no edifício para permitir o uso público do interior do quarteirão.

A permeabilidade seria feita através de aberturas no edifício, ao nível da Rua Augusto Rosa, que permitissem o atravessamento para o interior do quarteirão. Esses atravessamentos seriam ao mesmo tempo usados para o acesso às comunicações verticais do edifício.

6.3.1. Implantação, Volumetria e Escala

Como referido anteriormente, o quarteirão onde foi implantado o edifício possui uma grande abertura para o seu interior, virada para a Rua Augusto Rosa. Foi decidido então fazer o fecho do quarteirão neste local.

Com a implantação do edifício neste local houve a necessidade de resolver o problema de escala entre os edifícios de pequena dimensão do séc. XVIII, que se encontram a sul da Rua Augusto Rosa, e os edifícios de maior dimensão do séc. XX, a norte. Assim tentou-se fazer a ligação entre estes edifícios de diferentes escalas usando o edifício a implantar. Esta ligação é feita usando um único corpo encostado às pendestes expostas dos edifícios a cima e abaixo do espaço vazio. O seu volume foi determinado pela altura média dos pisos dos edifícios do séc. XVIII, existentes na Rua Augusto Rosa. Assim, usando essa altura como referência e somando o número de pisos que o projeto do edifício tem, um piso de rés-do-chão para comércio e mais três pisos de habitação, determina-se a altura do volume do edifício. O volume do edifício fica assim com uma altura próxima do edifício a norte da abertura e com uma altura superior à do edifício a sul da abertura em cerca de um piso e meio.

Havendo a intenção de manter a permeabilidade para o interior do quarteirão foram criadas duas passagens no edifício ao nível do rés-do-chão, sendo uma dessas passagens no alinhamento da Rua do Cativo e a outra encostada ao edifício a sul da abertura para o interior do quarteirão.

Face às duas realidades destintas para onde as fachadas do edifício se direcionam, a Rua Augusto Rosa e o interior do quarteirão, foi decidido quebrar longitudinalmente o edifício e assim ter dois volumes destintos, criando um pátio entre os dois. Estes dois volumes seriam ligados por duas caixas de acesso vertical e alguns passadiços pontuais.

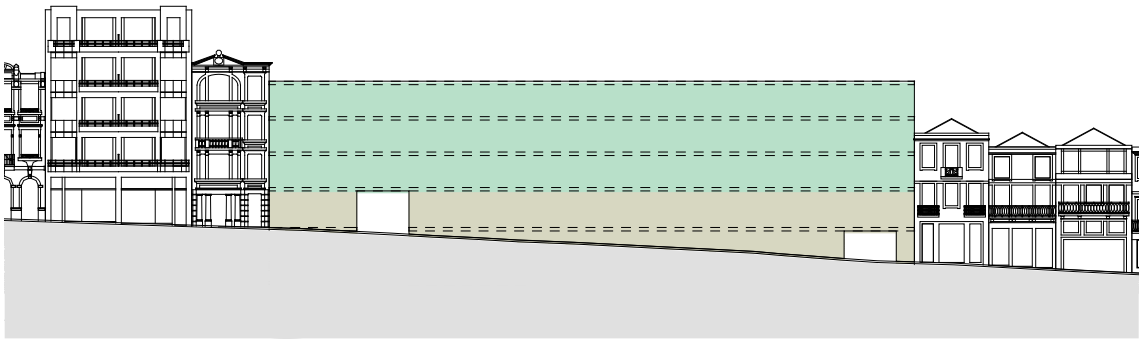


Fig. 5.3. - Alçado volumétrico do edifício na Rua Augusto Rosa

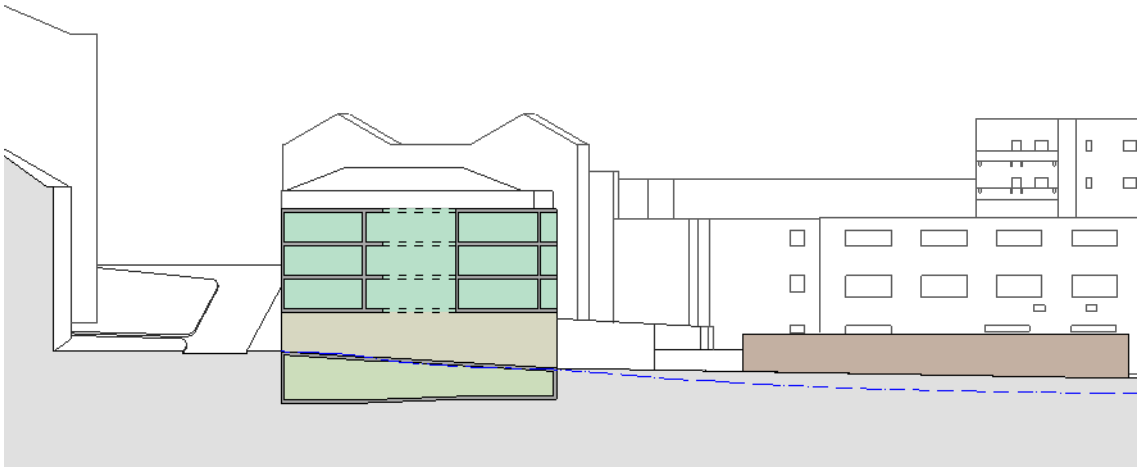


Fig. 5.4. - Corte transversal do volumétrico do edifício

Fig. 5.5. - Fotográfica da maquete do edifício implantada no local de intervenção

6.3.2. Programa e Circulações

O edifício é então constituído por dois volumes de habitação e comércio, um virado para a Rua Augusto Rosa e outro para o interior do quarteirão. Cada um dos volumes possui comércio no rés-do-chão e mais três pios de habitação, acima deste. Entre os dois volumes existe um pátio interior por onde é feito o acesso às comunicações verticais do edifício. É de referir que o volume que se encontra virado para o interior do quarteirão tem um menor comprimento que o volume virado para a rua. Este facto deve-se á necessidade de afastar o edifício da construção adjacente de menor dimensão e para não se impor em demasia a este, criar uma maior privacidade devido a que junto a este se encontram vários logradouros virados para o interior do quarteirão, das casas existentes na Rua do Sol. Por debaixo destes dois volumes existem dois pisos subterrâneos, conectando os dois volumes, destinados a garagens. O acesso às garagens é feito pela passagem mais a sul, que conecta a Rua Augusto Rosa ao interior do quarteirão.

O acesso ao interior do quarteirão é feito pelo atravessamento deste pátio, como também pela extremidade, que ladeia os edifícios pertencentes ao núcleo da Rua Augusto Rosa. Os acessos verticais do edifício encontra-se nos topos dos volumes e unindo esses dois volumes. As entradas para os comércios são feitas pela Rua Augusto Rosa, no comércio virado para a mesma, e pelo pátio interior, no caso do comércio que se se vira para o interior do quarteirão. Os acessos para as habitações são feitos através de uma galeria que está encostada ao volume que se vira para a Rua Augusto Rosa, com vista para o pátio interior. Através desta galeria são feitos acessos pontuais para as habitações do volume que se vira para o interior do quarteirão, usando passadiços suspensos sobre o pátio.

Estando os dois volumes confrontados com duas realidades visuais e de vivências destintas, foi decidido que a habitação iria refletir estas duas realidades. Com isso, as habitações dos dois volumes são destinadas a públicos-alvo diferentes. As habitações direcionadas para a Rua Augusto Rosa, são direcionadas a pessoas jovens e que não possuem grande necessidade de espaços amplos e como tal neste volume foram colocadas cinco habitações do tipo T0, duas do tipo T1 e uma do tipo T2. Em contraponto, as habitações do volume voltado para o interior do quarteirão são direcionadas para famílias, em que há necessidade de espaços maiores, refletindo assim na área das habitações e no seu tipo. Neste lado encontra-se uma habitação do tipo T2, de área superior á do volume da Rua Augusto Rosa, e duas habitações do tipo T3.

As habitações foram todas projetadas com o mesmo princípio, virar as zonas sociais e de descanso para o exterior do edifício e as zonas de serviços, como casas de banho, cozinha e arrumos, para o pátio interior. Esta escolha recaiu sobre o facto das zonas de serviços necessitarem de menos luz, mas também para facilitar a instalação das infraestruturas.

Fig. 5.6. - Planta do Piso 2/3/4 – Pisos de Habitação

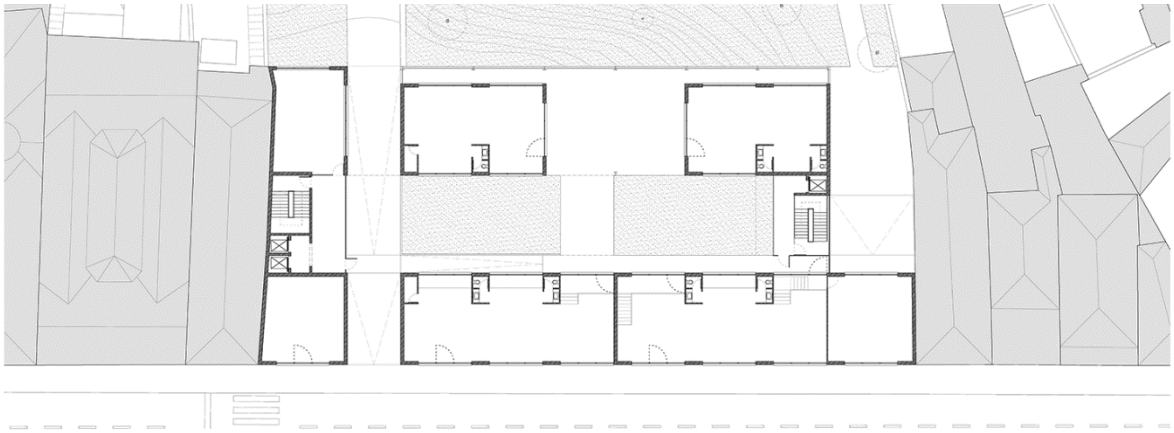


Fig. 5.7. - Planta do Rés-do-chão – Comercio e acesso ao pátio interior
e acesso ao interior do quarteirão

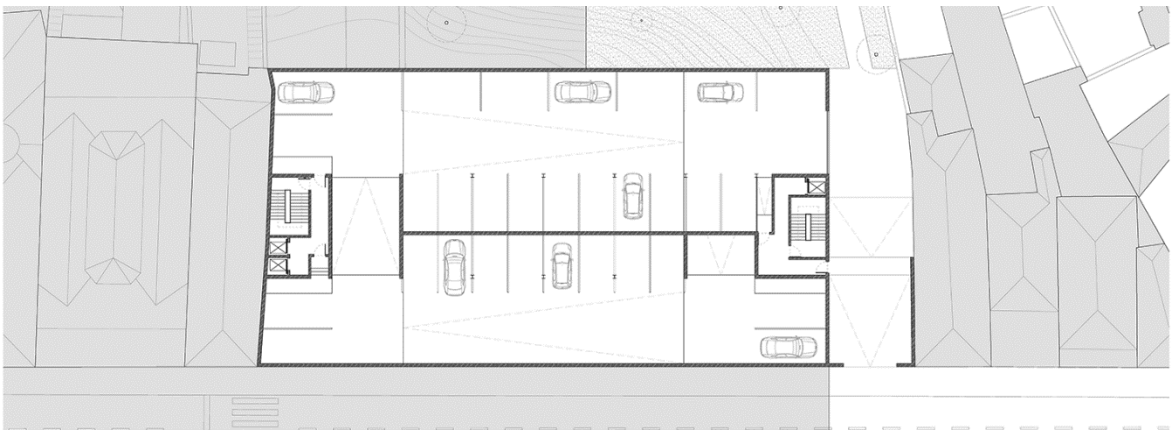


Fig. 5.8. - Planta do Piso -1 - Garagem

6.3.3. Sistema construtivo e a sua relação com a imagem do edifício

A imagem do edifício neste projeto está muito relacionada com o sistema construtivo escolhido para ele. Este vai-se refletir em muito pontos da imagem do edifício, como nas fachadas e comunicações verticais.

O sistema construtivo escolhido para este projeto é composto por uma estrutura mista de aço laminado a quente e perfis de aço enformado a frio. A escolha destes dois sistemas construtivos, para além da escolha relacionada com a imagem, deveu-se às suas características e vantagens individuais. Passando por ambos possibilitarem que o edifício tenha uma construção seca, aos benefícios que proporcionam no momento da construção ou as vantagens que apresentam relativamente ao sistema construtivo utilizado correntemente em Portugal de betão armado, a sua escolha não foi fortuita.

A escolha de uma estrutura de ALQ para este edifício, para além da imagem pretendida para o edifício, deve-se às características estruturais deste sistema. Este é um sistema semelhante a nível estrutural ao betão armado, já que ambos usam um sistema de pórticos, composto por vigas e pilares, para fazer a sustentação do edifício. Esta escolha recaiu sobre a estrutura de ALQ devido a dois fatores. O primeiro este tem uma melhor ligação ao resto do sistema em LSF e em segundo este possibilita usar seções de pilares e vigas com menor dimensão, o que se reflete no desenhos dos espaço interiores.

Embora o LSF não seja o sistema estrutural principal neste projeto a sua inclusão no projeto é fundamental para se atingir o resultado final pretendido. Em primeiro lugar, o uso deste sistema, em combinação com a estrutura de ALQ, permite fazer um edifício de construção seca. Este tipo de construção é neste caso especialmente relevante devido ao local em que o edifício se encontra implantado. Sendo este local nos limites do centro histórico do Porto, em que o acesso é condicionada e em que existe muito trânsito, a vantagem de que este sistema tem em possibilitar uma maior rapidez de construção vai fazer com que o impacto da construção do edifício seja minimizado.

Em segundo lugar, o LSF é um sistema de construção racional que se conjuga muito facilmente com uma estrutura de AQL. Este é usado para fazer as lajes de piso e cobertura e também para fazer as paredes divisórias e de fachada.

É importante também esclarecer o porquê de não usar o sistema de LSF como sistema estrutural em todo o edifício. Como referido anteriormente, a imagem escolhida para o edifício tem uma ligação muito forte com a estrutura de ALQ, mas esta não é a única razão, devido à existência de vãos livres de grande dimensão no rés-do-chão do edifício, local onde se encontram os espaços de comércio, não era possível usar o sistema de LSF neste piso. Nos restantes pisos, onde se encontram as habitações, o uso do LSF foi descartado com o intuito de manter a coerência estrutural de todo o edifício.

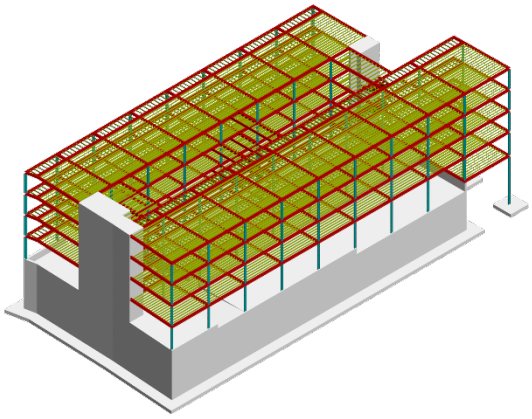


Fig. 5.9. – Estrutura do edifício 1

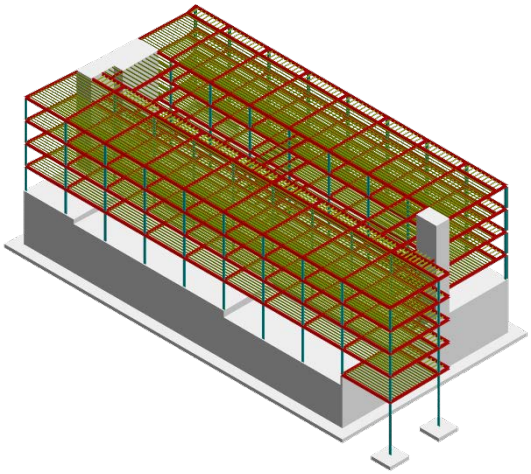


Fig. 5.10. – Estrutura do edifício 2

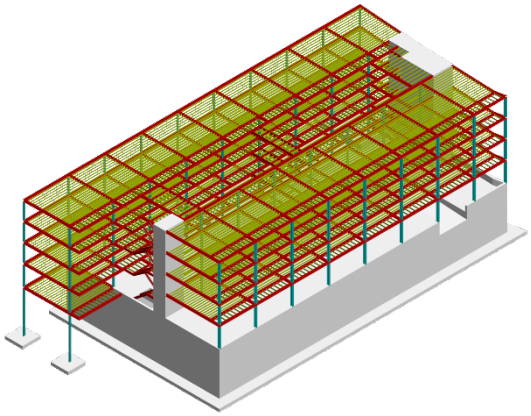


Fig. 5.11. – Estrutura do edifício 3

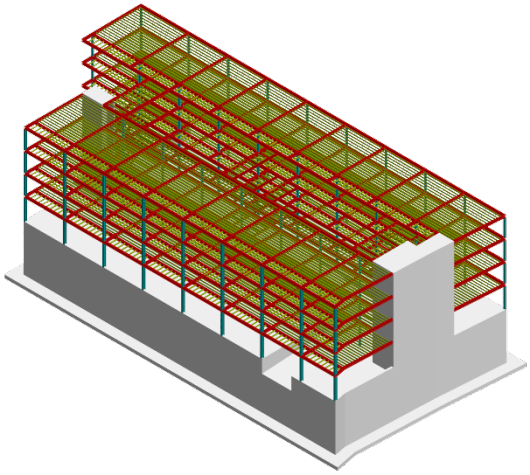


Fig. 5.12. – Estrutura do edifício 4

Branco = Betão; Vermelho = Perfis H de ALQ; Azul = Perfis I de ALP; Verde = Perfis de LSF

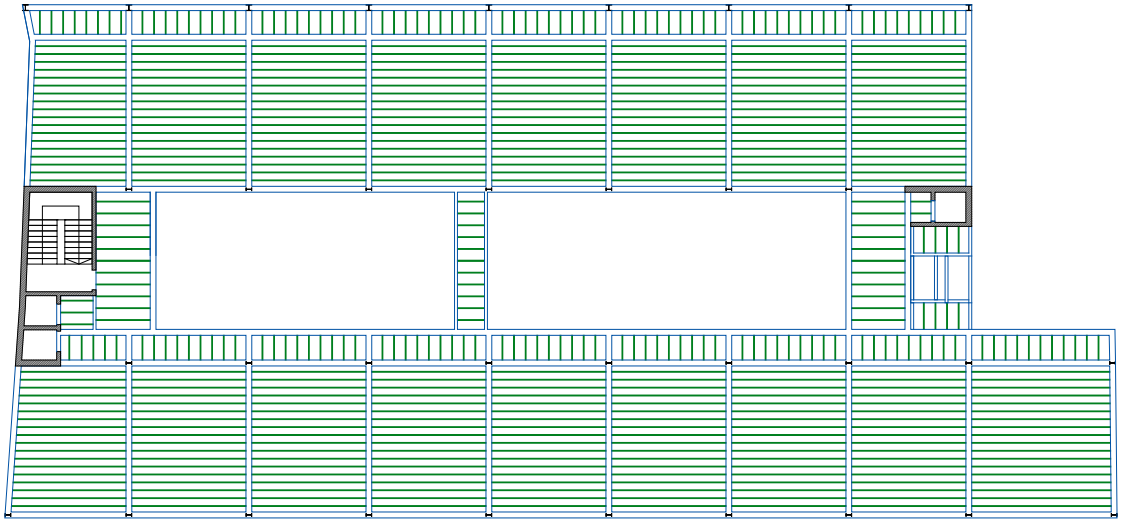


Fig. 5.13. – Planta estrutural dos Piso 2/3/4

6.3.4. Fundações

As fundações neste projeto estão associadas aos pisos de garagem. Estes 2 pisos estão abaixo da cota da Rua Augusto Rosa, e como tal houve a necessidade de utilizar o betão como elemento estrutural. As fundações usadas neste caso são muito semelhantes as de sapata corrida, usadas no LSF. Esta semelhança deve-se ao facto de se usar um muro de fundação no perímetro, de quase todo o edifício, com exceção do último módulo estrutural do volume mais comprido do edifício, na zona mais a sul da Rua Augusto Rosa, onde nesse caso são usadas duas sapatas pontuais no alinhamento dos últimos dois pilares da estrutura de ALQ. Na fundação da garagem, o muro de fundação no perímetro desta, vai suportar o terreno da sua envolvente e suportar as cargas verticais do edifício. Pelo interior do muro de fundação as cargas verticais são transmitidas por pilares de ALQ, que se encontram no seguimento dos pilares da estrutura metálica do edifício, acima da garagem.

6.3.5. Paredes

As paredes neste projeto são em LSF, com a exceção do núcleo de comunicações verticais do lado norte do edifício, composto pela caixa de escadas e caixa do foço dos elevadores, e caixa do elevador das comunicação verticais na zona sul do edifício, que são em betão.

As paredes exteriores da fachada e as paredes divisórias interiores são compostas de diferentes maneiras já que a sua função vai ser diferente.

6.3.5.1. Paredes de Fachada

As paredes de fachada foram concebidas para proporcionar o melhor isolamento térmico, isolamento acústico e proteção contra incêndios da estrutura de ALQ. Esta, como se pode ser na fig. 0.0., é composta por uma parede dupla com isolamento à base de lã-de-rocha entre os perfis e que envolve por completo os perfis estruturais de ALQ. Usando esta configuração consegue-se assegurar que a estrutura do edifício esteja completamento protegido, garantindo assim as exigências de segurança do regulamento contra incêndio. A proteção contra os incêndios é assegurada também pelo material empregue no revestimento dos perfis de LSF. O material escolhido para esse revestimento foram placas do tipo “Viroc”. Foi escolhido este tipo de placas, em detrimento das usadas normalmente de OSB, devido às caraterísticas que apresenta de serem ignífugas, proporcionando assim uma elevada resistência ao fogo, serem hidrófugas, protegendo assim o edifício das intempéries exteriores, e por possibilitarem um bom isolamento acústico, acrescento ao isolamento proporcionado pela lã-de-rocha.

O isolamento térmico destas paredes é feito de duas formas. O primeiro é feito da forma convencional do LSF, em que é colocado lã-de-rocha no interior da parede entre os perfis. A segunda maneria de isolar termicamente o edifício, foi colocando, pelo lado exterior do edifício,

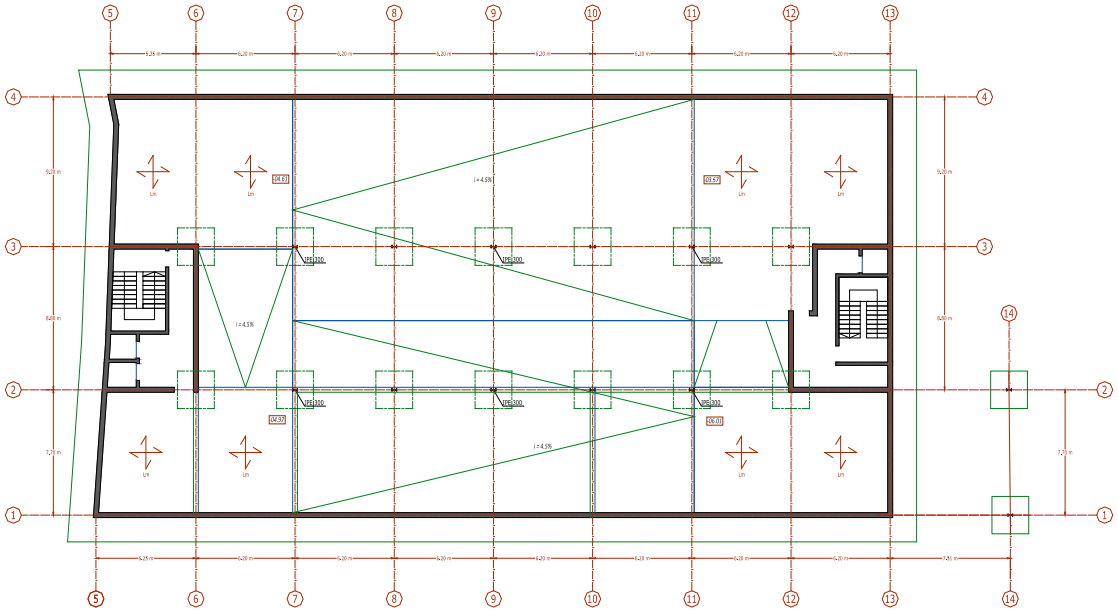


Fig. 5.14. – Planta de fundações – Piso da garagem

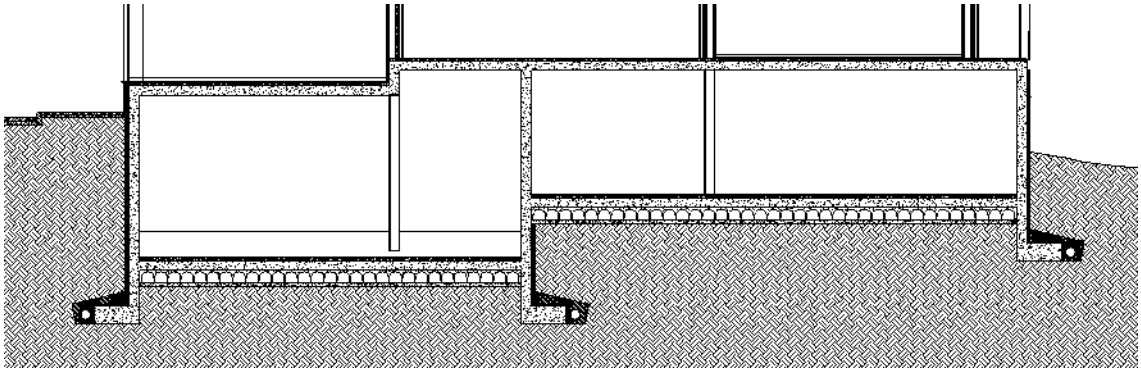


Fig. 5.15. – Corte transversal ao nível da garagem

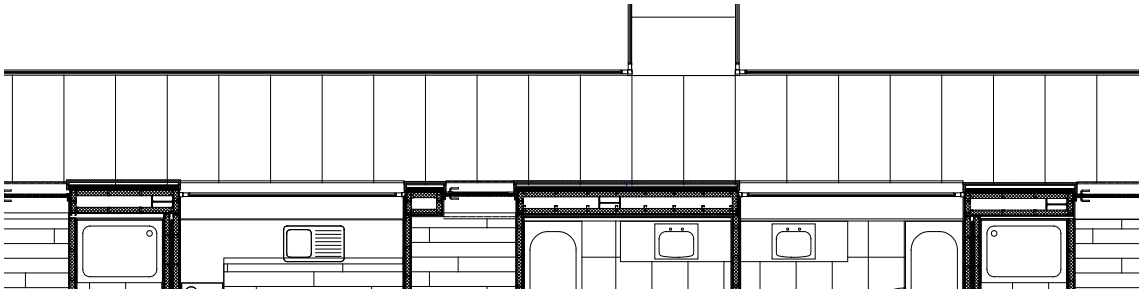


Fig. 5.16. – Planta da fachada para o interior do pátio, virada para a galeria de acessos

placas de XPS. Este isolamento pelo exterior foi colocado com a intenção de minimizar ao máximo as pontes térmicas que o edifício poderia ter e assim proporcionar o melhor conforto possível para os habitantes do edifício.

Como material de revestimento de fachada foram usadas placas do tipo “Viroc” novamente, mas neste caso a escolha foi relacionada com a imagem que se pretende dar ao edifício. Esta escolha está relacionada com a estereotomia pretendida na fachada, onde o uso deste tipo de placas permite que se criem planos destintos e definidos. As dimensões das placas e a sua composição permitem também que estas possam ser usadas para revestir as paredes de fachada de laje a laje, sem se deformarem.

6.3.5.1. Paredes divisórias.

As paredes divisórias neste projeto, como as paredes exteriores, são não estruturais, ou seja, estas não vão suportar nenhuma carga do edifício. A sua função é apenas a separação de compartimentos e/ou habitações. Existem essencialmente dois tipos de paredes divisórias no edifício, as paredes que fazem a compartimentação dos espaços e as paredes que dividem os apartamentos ou espaços comerciais, entre sim. Em ambos os casos são usados perfis de aço galvanizado na sua conceção, com 90 mm de secção. O revestimento base dos painéis das paredes é feito com gesso cartonado nas paredes divisórias e com placas tipo “Viroc” nas paredes de meação, revestidas depois por gesso cartonado. A diferença de revestimentos base deve-se ao facto de se querer evitar que em caso de incendio este se propague entre habitações.

As paredes de divisórias usam dois tipos de gesso cartonado, gesso cartonado standard e gesso cartonado hidrófugo. Estes são usados conforme o ambiente em que estão inseridos. As placas de GC standard são usadas em locais secos, como quartos, salas e corredores, enquanto nas zonas onde existem humidades, como cozinha e quartos de banho, é usado GC hidrófugo.

As paredes de meação neste projeto têm uma composição semelhante á parede seis a tabela 3.3., do capitulo cinco. Esta é composta por painéis duplos com lã-de-rocha entre os perfis e separação entre os painéis preenchida por uma camada extra de lã-de-rocha. Esta configuração, para além de ser extremamente eficaz na prevenção da propagação do fogo, apresenta também os melhores resultados em relação ao isolamento dos sons aéreos.

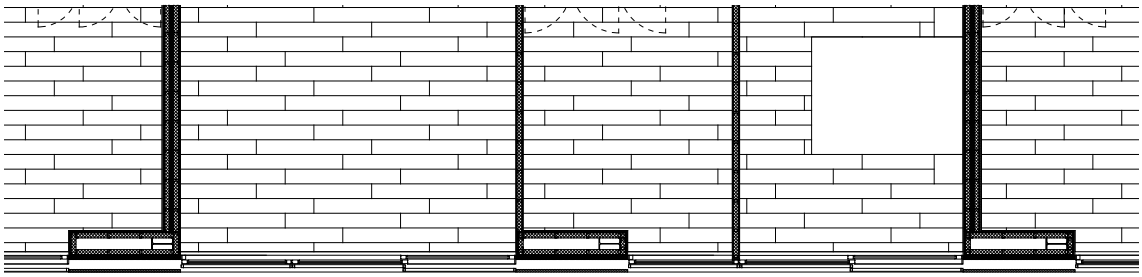


Fig. 5.17. – Planta da fachada para exterior, virada para a Rua Augusto Rosa

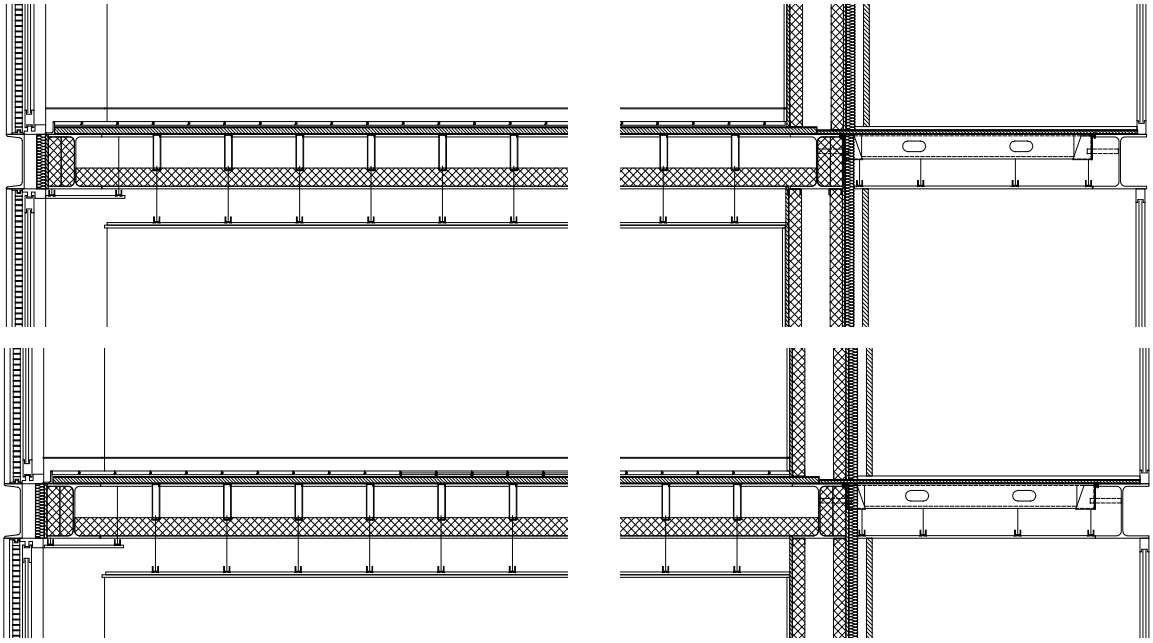


Fig. 5.18. – Cortes pelas fachadas exteriores e interiores

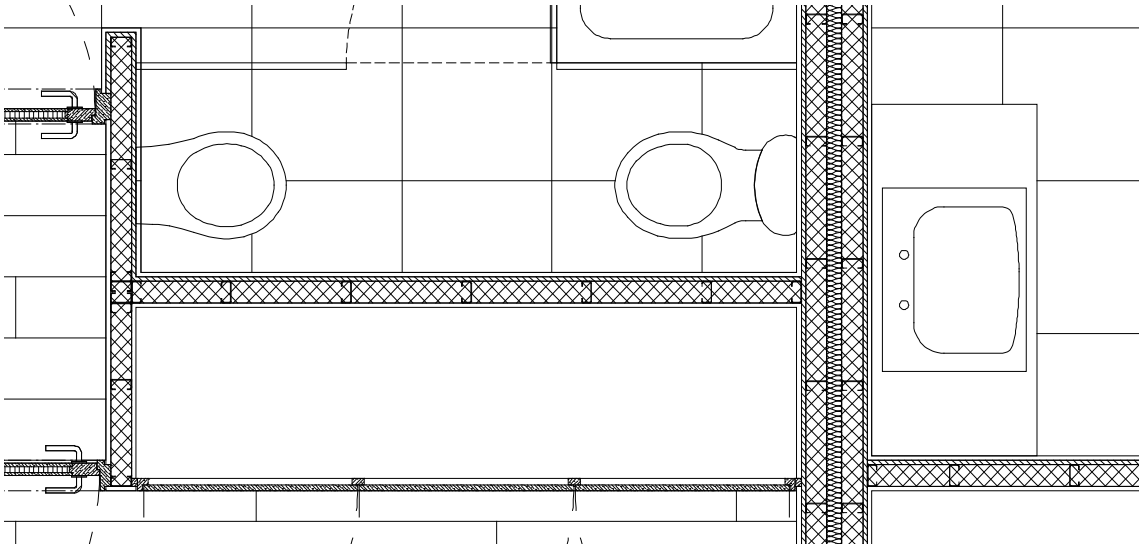


Fig. 5.19. – Planta da interior da habitação. Paredes divisórias de compartimentos e parede meação de habitações

6.3.6. Lajes

As lajes usadas neste edifício são em perfis de aço galvanizado. Estas usam os mesmos princípios dos edifícios totalmente em LSF. Neste caso apenas se teve que adaptar a ligação com os perfis de ALQ usando conexões próprias, desenhadas para o efeito.

Face aos vãos a vencer foi necessário usar vigas compostas, unindo um perfil Ue com um perfil U, possibilitando assim que em conjunto estes dois perfis consigam vencer um vão de grandes dimensões.

6.3.6.1. Laje Piso

Como referido antes, as lajes de piso são compostas por perfis de aço enformado a frio. Esses perfis têm uma seção de 40 x 200 x 2,25 mm e estão espaçados entre si 400 mm. Esta configuração e espaçamento permite que o vão existente entre as vigas de ALQ, de quase 6 m, possa ser vencido.

A composição desta laje vai determinar a sua performance em relação ao isolamento dos sons aéreos, isolamento sons de precursão e a sua resistência contra o fogo. Começando pelo revestimento dos tetos, estes são revestidos por gesso cartonado ignífugo, para prevenir que o fogo entre em contacto direto com os perfis de LSF e ALQ. O teto é suspenso abaixo do dos perfis de LSF por perfis de próprios para o efeito. Entre os perfis de perfis de aço enformado a frio do piso e o teto, encontra-se uma camada de la-de-rocha, com a função de fazer o isolamento dos sons aéreos entre pisos. Esta camada também ajuda na proteção contra o fogo.

Por cima dos perfis do piso, para criar a plataforma onde o resto das camadas e paredes vão assentar, foram colocadas placas do tipo “MasterBoard”. Foram usadas estas placas em vez das típicas placas de OSB por diversas razões. As placas de “MasterBoad” placas tipo “*sandwich* “ compostas por 3 camadas, em que as camadas inferiores e superiores são camadas cimentícias e o seu núcleo é em OSB. Assim com esta composição, estas placas podem ser usadas em qualquer tipo de divisão, independentemente se estas são divisões secas ou que estejam expostas a algum tipo de humidade. Para além desta vantagem de se poder usar estas placas em qualquer lado, estas possuem também caraterísticas de isolamento sonoro superior as simples placas de OSB.

Por cima da placa “MasterBoard” são usadas duas camadas que vão servir para fazer o amortecimento e isolamento dos sons de percursão. Essas duas camadas são compostas por uma primeira tela resiliente com 5 mm de espessura, sobreposta por uma camada de Lã-de-Rocha de alta densidade com 20 mm de espessura. Em combinação estas duas camadas fazem o isolamento do pavimento do resto da laje, mitigando da melhor forma possível os sons de precursão. O pavimento usado na maioria dos espaços interior é piso flutuante em soalho de madeira.

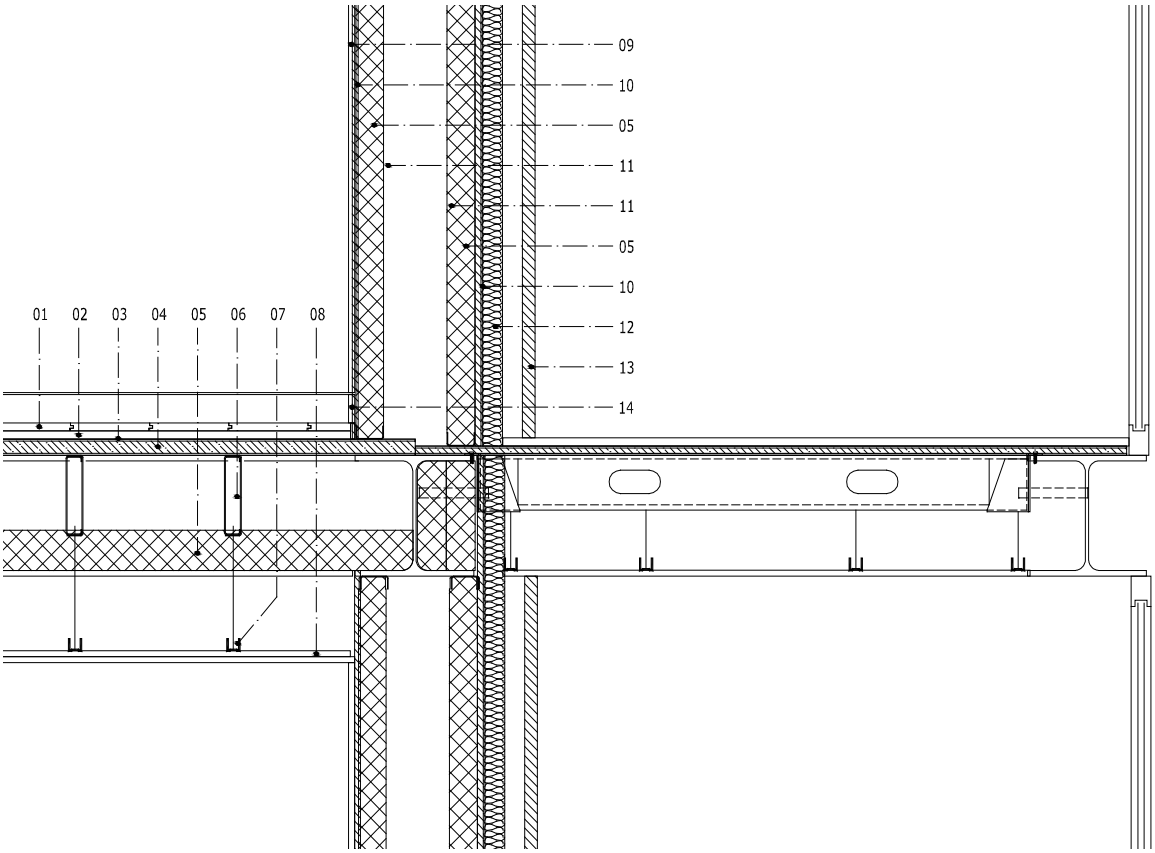


Fig. 5.20. – Pormenor do piso e parede exterior

Legenda:

01 – Soalho de Madeira 20 mm	06 - Perfil Ue e Perfil U 200 mm	11 - Perfil de parede 9 mm
02 - Lã-de-Rocha alta densidade 20 mm	07 - Perfil suporte teto	12 - Isolamento térmico XPS 40 mm
03 - Tela resiliente 5 mm	08 - Gesso Cartonado Ignífugo 15 mm	13 - Placa “Viroc” 32 mm
04 – “MasterBoard” 40 mm	09 – Gesso Cartonado Standard 15 mm	14 – Rodapé
05 - Lã-de-Rocha 100 mm	10 - Placa “Viroc” 15 mm	

6.3.6.2. Laje de Cobertura

A laje de cobertura é muito semelhante na sua conceção com a laje de piso. A estrutura das vigas de piso em LSF é a mesma, apenas variando as vigas de ALQ que possuem uma certa inclinação. Vai ser esta inclinação que vai fazer o caimento das águas da cobertura.

O teto da laje de cobertura e sistema para o sustentar é o mesmo. Apenas se começa a notar diferenças no isolamento acústico, neste caso são usadas duas camadas de lã-de-rocha. Estas duas camadas, para além do isolamento sonoro extra, vai fornecer também isolamento térmico extra á cobertura.

O revestimento das vigas de piso é o mesmo do tipo “MasterBoard”. Esta placa de revestimento, devido as suas faces serem do tipo cimentício, fornecem por si impermeabilização às águas, mas esta não é suficiente. Para garantir que a impermeabilização é feita da forma correta, é colocada uma tela impermeabilizante por cima das placas “MasterBoard”. Por cima desta tela é então colocada o principal isolamento térmico da cobertura, placas de XPS com uma espessura de 120 mm. Para finalizar a cobertura, esta é revestida com uma chapa de zinco com juntas agrafadas.

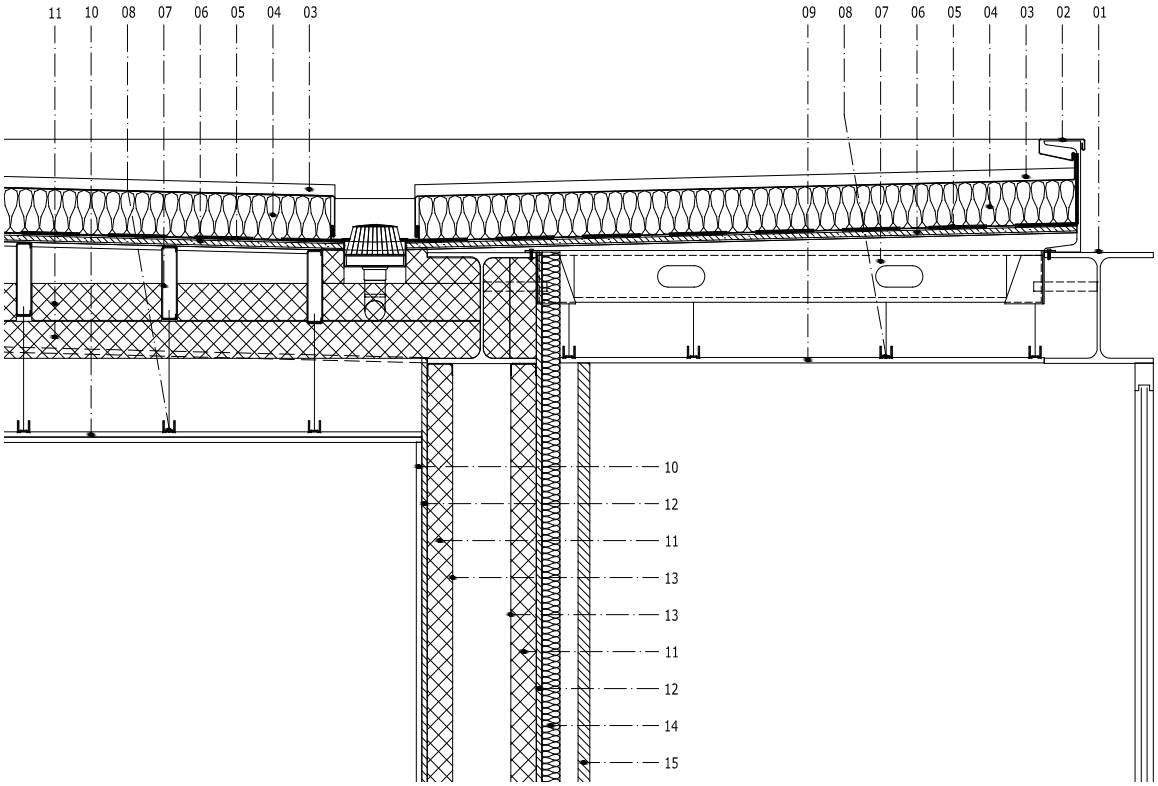


Fig. 5.21. – Pormenor da cobertura e parede exterior

Legenda:

01 - Viga H 300 mm	06 - “MasterBoard” 40 mm	11 - Lã-de-Rocha 100 mm
02 - Rufo	07 - Perfil Ue e Perfil U 200 mm	12 - Placa “Viroc” 15 mm
03 - Revestimento Zinco agrafado	08 - Perfil suporte teto	13 - Perfil de parede 9 mm
04 - Isolamento térmico XPS 120 mm	09 – Gesso Cartonado Hidrófugo 15 mm	14 – Isolamento térmico XPS 40 mm
05 - Tela Impermeabilizante	10 - Gesso Cartonado Ignífugo 15 mm	15 – Placa “Viroc” 32 mm

7. Conclusão

7.1. Considerações finais

A prática da arquitetura é muito influenciada pelos sistemas construtivos, influencia essa que é muitas vezes descurada. O uso de sistemas estruturais à base de betão armado já está á muitos anos enraizado no panorama arquitetónico português. Apresentar uma forma diferente de construir pode ser um grande desafio, consequência de ideias pré-estabelecidas, do receio à mudança e que na maioria das vezes se devem ao desconhecimento sobre o tema. Tentar desmistificar alguns dos preconceitos existentes sobre a construção de edifícios de estrutura metálica foi um dos objetivos desta dissertação, através da apresentação do Light Steel Framing, um sistema construtivo à base do aço e pouco usado em Portugal, tenta-se esclarecer muitas das dúvidas e preconceitos até hoje existentes.

Esta dissertação faz a apresentação deste sistema tentando enquadra-lo no panorama arquitetónico português. Começando por contextualizar o que se fez para trás, como isso influenciou a arquitetura e tentando demonstrar como a mudança pode ter um efeito impulsionador de novas ideias e de novas formas de fazer arquitetura, mesmo que à partida essas mudanças sejam apenas técnicas. Tal aconteceu com o betão, em que no início apenas era incorporado em estruturas de alvenarias de pedra, mas que aos poucos foi evoluindo e tornou-se uma alternativa à alvenaria de pedra.

Alguns conceitos relacionados com este sistema construtivo foram apresentados para que, à posteriori, se compreendessem algumas das ideias aqui expostas.

Para combater o receio da mudança é necessário perceber como as coisas realmente são e funcionam. Assim apresentou-se o sistema de Light Steel Framing e as suas partes constituintes, as suas funções dentro do sistema, a ligação e interação entre os vários materiais e as suas vantagens e desvantagem. Todos estes fatores são relevantes para a usa compreensão.

Através da apresentação de casos de estudo já construídos em Light steel Framing, tenta-se demonstrar que existem alternativas à construção em betão armado, com vantagens sobre este.

Tentou-se sempre apresentar o Light Steel Framanig e a sua possível incorporação em estruturas de aço laminado a quente, como alternativa ao betão armado e alvenaria de tijolo, mas nunca se teve o intuito de afirmar que esta é uma melhor solução. Muitas das vezes o betão armado é a única solução possível e mesmo que não o seja a arquitetura é mais que uma escolha puramente técnica. Assim há que ter em atenção ao que se pretende atingir e como o sistema construtivo, independente de qual for, pode beneficiar a prática arquitetónica.

Tendo em conta todo o esclarecimento que se fez em torno do sistema de LSF, achou-se necessário tentar pô-lo em prática através de um caso prático. Este caso prático serviu para aplicar da melhor maneira possível todos os conceitos adquiridos durante o estudo da presente dissertação. Este foi um passo fundamental para a compreensão do sistema e para tentar provar que realmente pode ser transposto para a realidade arquitetónica portuguesa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografia

Ackermann, P. & Hentschel, A. & Hochberg, A. & Reichel, A. (2007) *Building With Steel: Details, Principles, Examples*. 1ª ed. Berlim: Birkhauser

Ballard, V. & Rand, P. (2006) *Materials for Architectural Design*. 1ª ed. London: Laurence King

Braine-Bonnaire, T. (2005) *European Lightweight Steel-Framed Construction*, 2ª ed. Luxembourg: Arcelor

Crasto, R. C. M. & Freitas, A & Santiago, A (2012) *Steel Framing: Arquitetura.* 2ª ed Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço

Crasto, R. C. M. & Freitas, A & Santiago, A (2006) *Steel Framing: Engenharia.* 1ª ed Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço

ConsulSteel. (2002). *Construcción con acero liviano - Manual de Procedimientos.* Buenos Aires: Consul Steel.

Deplazes, A. (2005) *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures; a Handbook.* 1ª ed. Berlim: Birkhauser

Pfau, J. & Tichelmann, K. (2008) *Detail Practice - Dry Construction: Principles, Deatils, Examples.* 1ª ed Berlim: Birkhauser

Revistas e Publicações

Detail (2003) *Steel Construction,* 1ª e 2ª ed. Berlim: Birkhauser

Detail (2005) *Steel Construction,* 4ª ed. Berlim: Birkhauser

Detail (2007) *Steel Construction,* 7ª e 8ª ed. Berlim: Birkhauser

Detail (2010) *Steel Construction,* 6ª ed. Berlim: Birkhauser

Tectónica (1998) *Acero (I),* 9ª ed. Madrid: ATC Ediciones

Tectónica (2009) *Acero (II),* 29ª ed. Madrid: ATC Ediciones

Teses e Dissertações

Crasto, R. C. M. (2005) *Arquitectura e Tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing,* (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Ouro Preto

Moreia, H. M. (2112) *Utilização de Perfis Enformados a Frio em Obras de Reabilitação,* (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

Rego, D. J. M. (2012) *Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing*, (Dissertação de Mestrado) Instituído Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

Santiago, A. K. (2008) *O uso do sistema Light Steel Framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural*. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Ouro Preto

Referencias Online

Centro de Estudos de Estruturas de Aço e Mistas De Aço e Concreto da UFMG (2013) disponível na internet em: https://www.sites.google.com/site/acoufmg/home

Fibrosom (2013) Disponível na internet em: www.fibrosom.com/

Futurgeng (2013) *Informação Técnica*, disponível na internet em: http://futureng.pt

NESDE - Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas (2007) disponível na internet em: http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/welcome.html

SBI - Instituto Sueco de Construção em Aço (2009) *Sustainability of steel framed buildings* Disponível na internet em: www.sbi.se

SIC - Seel Construction Institute (2013) *Informação Técnica,* disponível na internet em: http://www.steel-sci.com/ e http://www.steelconstruction.info/

Steel Framing Alliance (2013) *Informação Técnica,* disponível na internet em: http://www.steelframing.org/cycletime.html

TATA STEEL (2013) *Informação Técnica,* disponível na internet em: http://www.tatasteeleurope.com/en/

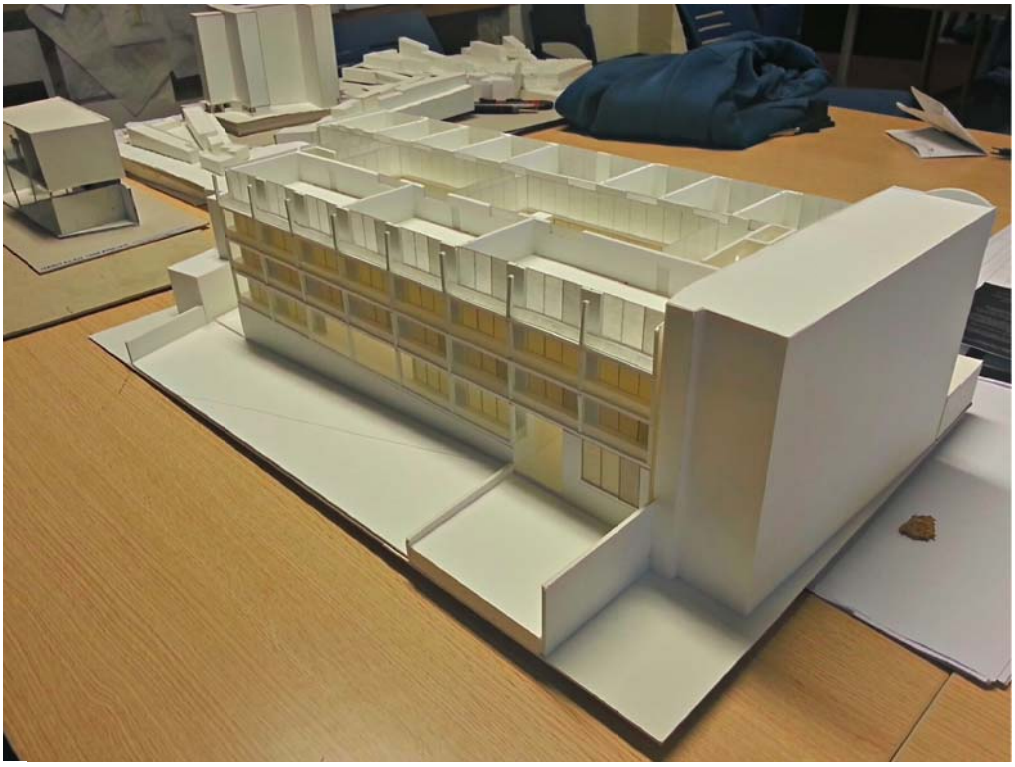
WRAP (2013) *Waste Reduction Potential of Light Steel Frame Construction,* Disponível na internet em: www.wrap.org.uk/

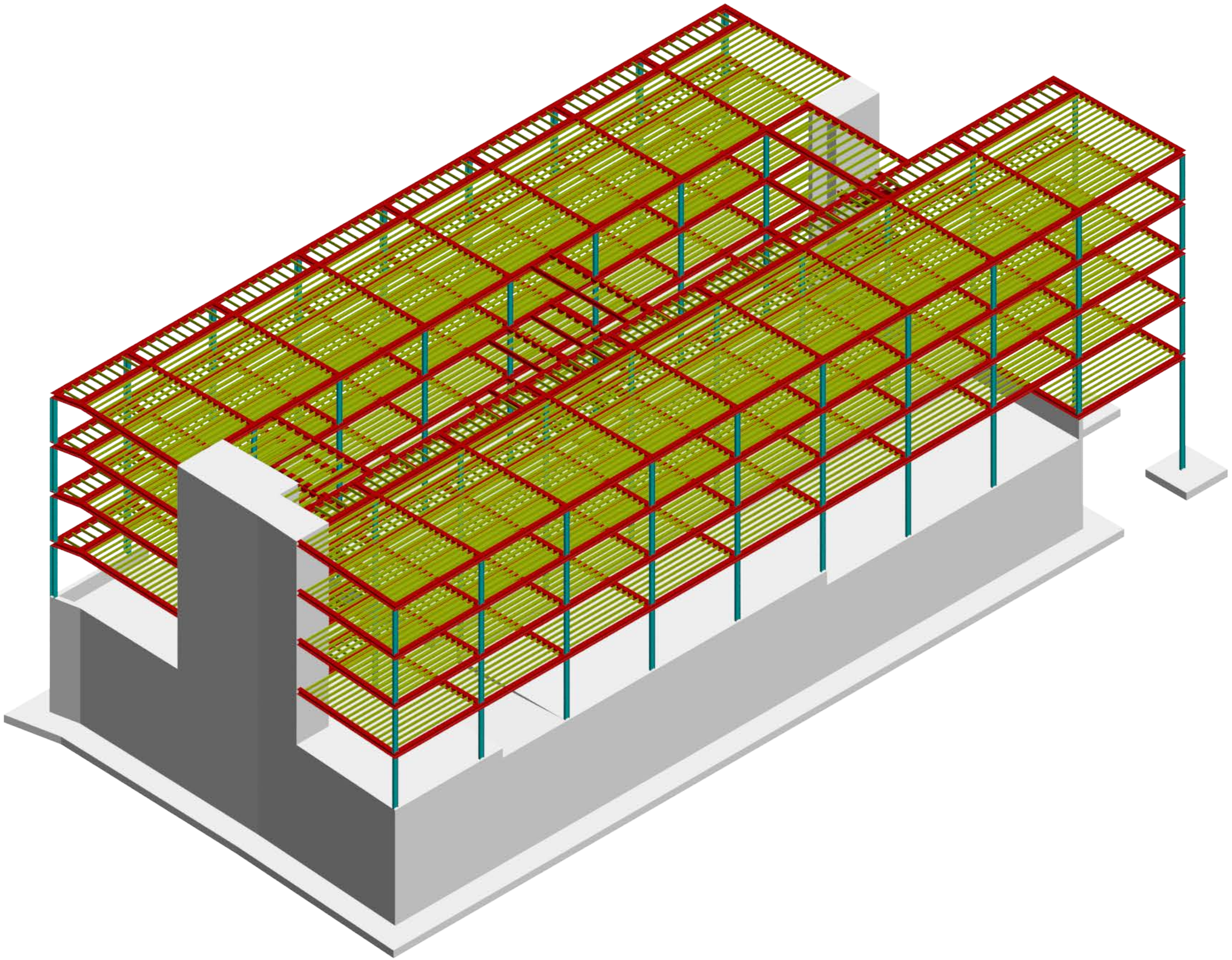
ANEXOS

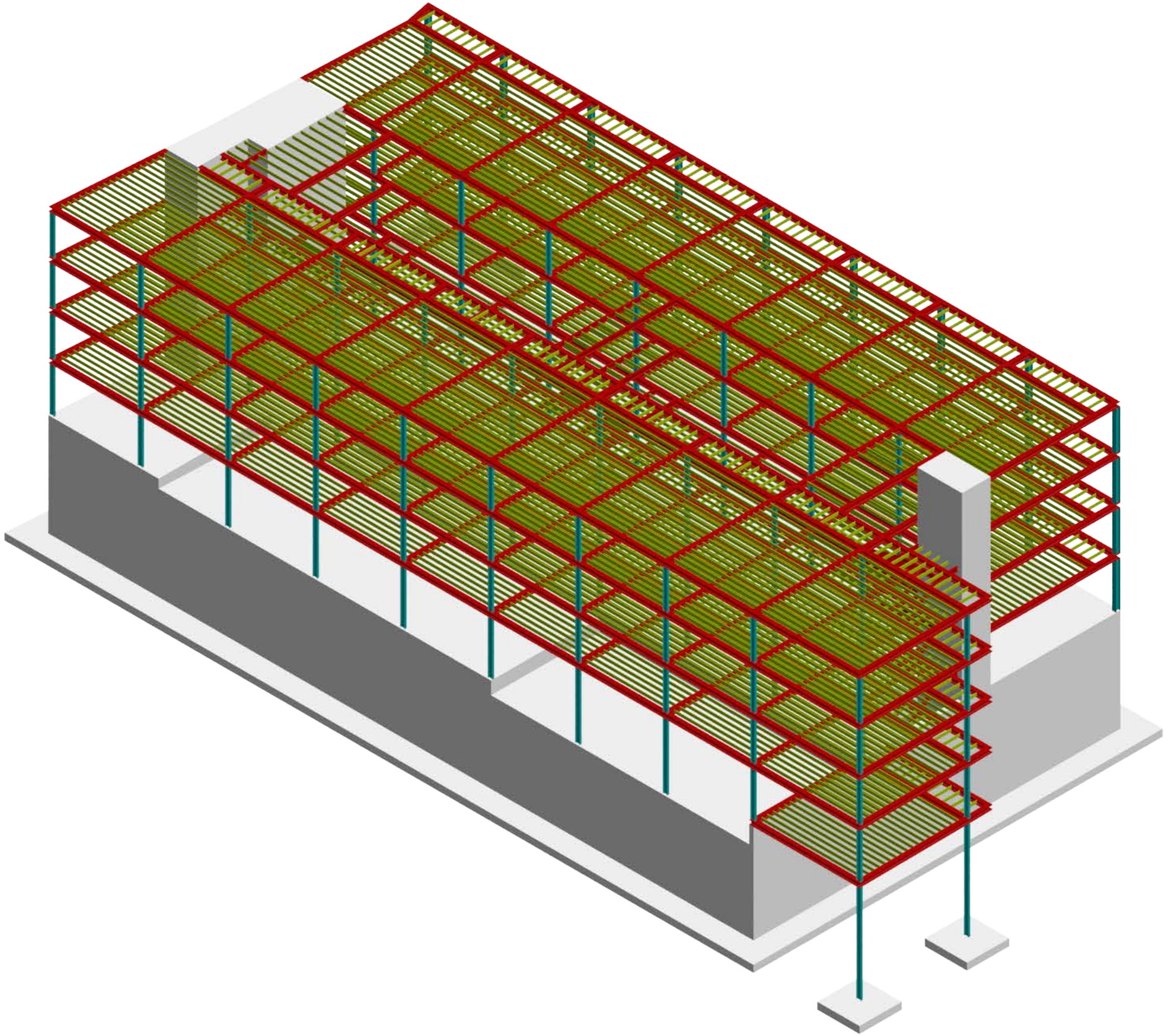
Café Sagres

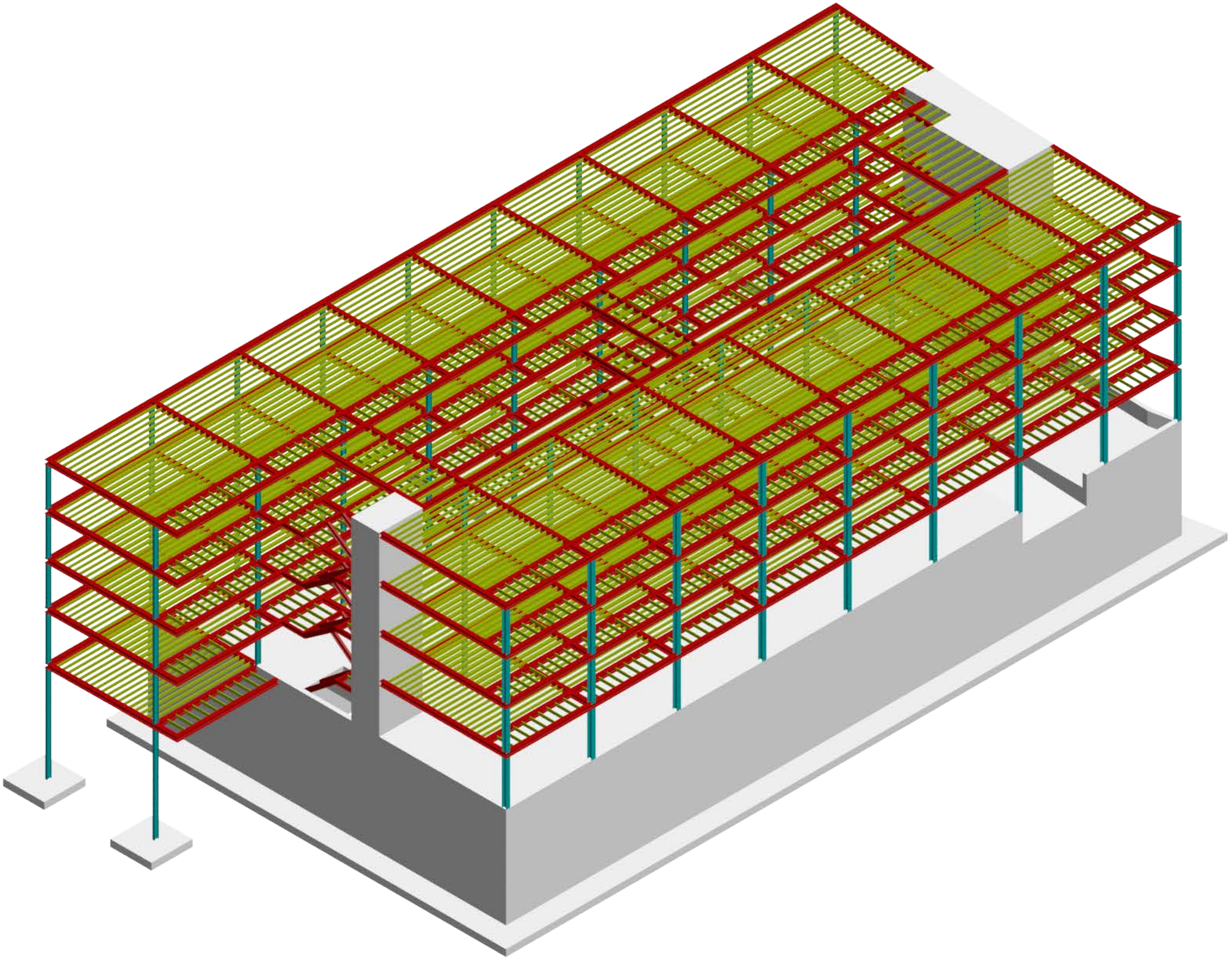
Café Sagres

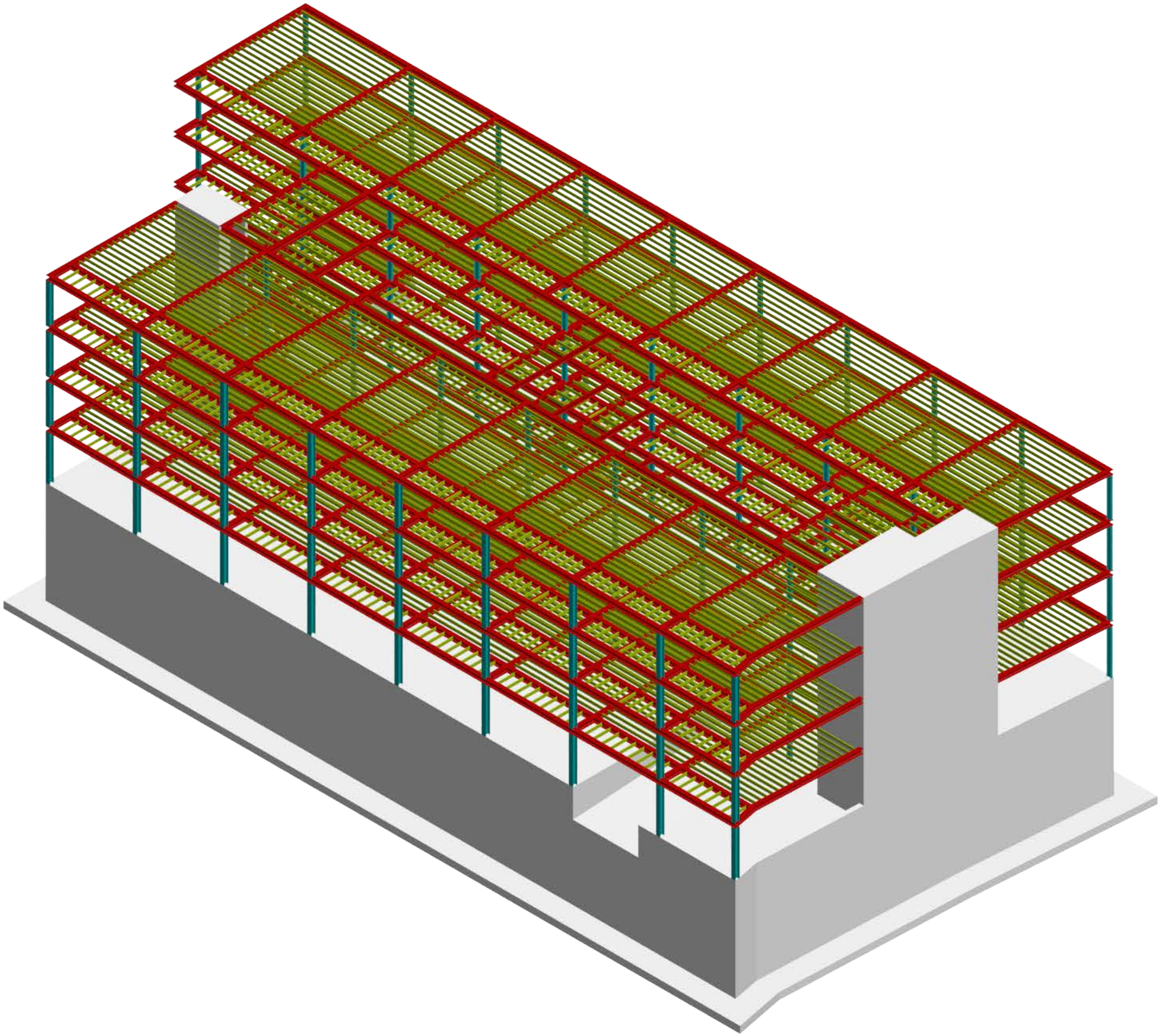
BAZAR-ALIMENTAÇÃO
-50%

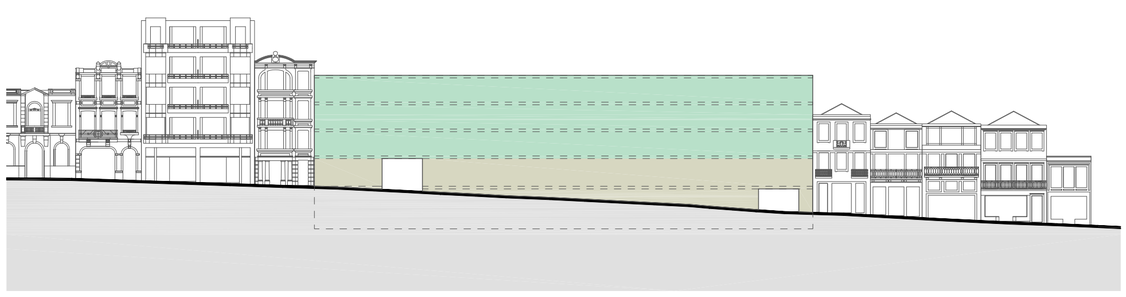






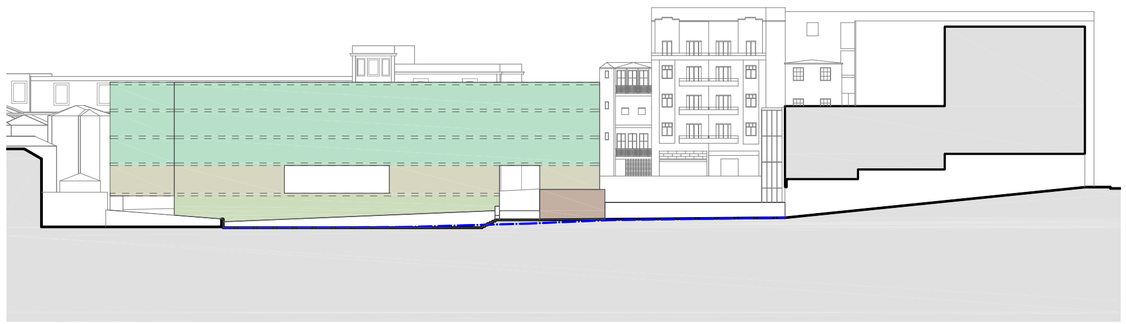




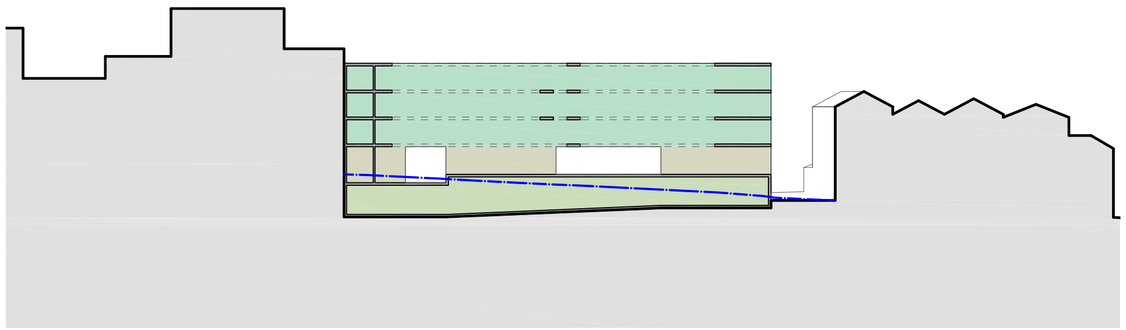


Corte A

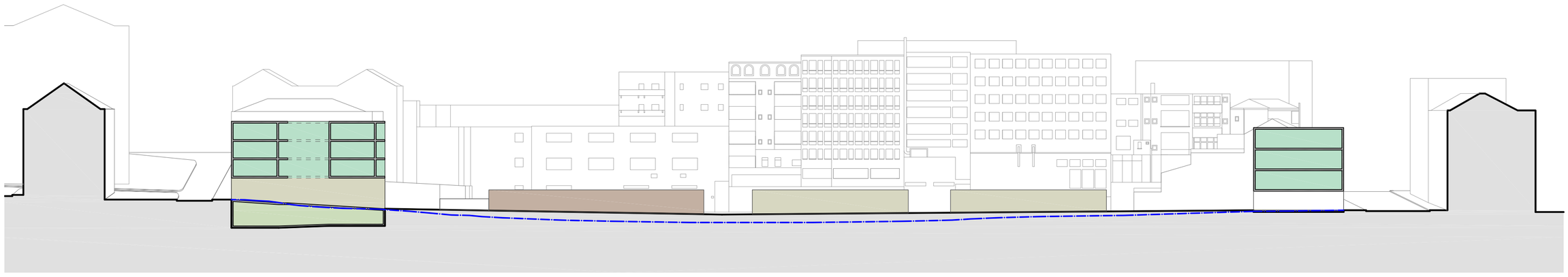
Corte B



Corte C



Corte B



Corte E

Aspetos mais Relevantes do Lugar

O local onde se desenvolve o projeto é no Quarteirão do *"Jardim dos Camélias"* demarcado pela Rua Augusto Rosa, Rua do Sol, Rua Duque de Loulé e Rua Alexandre Herculano.

Este quarteirão apresenta 3 realidades destintas. Em primeiro o quarteirão está partido ao meio, pelo um eixo que liga a Rua Augusto Rosa e a Rua Duque de Loulé. O segundo lugar o edificado existente apresenta características diferente, dependendo do lado que se encontra, relativamente ao vazio interior do quarteirão. O edificado da Rua do Sol é da época medieval e a sua altura média ronda os 3 pisos de altura. Em contraponto a Rua Alexandre Herculano é de um período muito mais recente, sec XIX e o seu edificado é na sua maioria do sec XX e tem uma altura media de pisos a rondar 5 pisos

Ideia do Projeto

A Ideia do Projeto passou pelo fecho do quarteirão o pelo uso público do seu interior. Qualquer edificação que fosse fazer o fecho do quarteirão tinha quer permitir a permeabilidade para o interior do quarteirão, para assim permitir o uso do interior do quarteirão.

Ideia para o interior do quarteirão passa pela divisão do mesmo em duas realidades. Uma que abrange-se a criação de edifico direcionados para o comércio e serviços, e uma dedicada ao lazer.

Como se Implanta / Volumetria / Escala

O edifico que se desenvolveu para estre projeto é um edifico de Habitação e Comercio. Este implanta-se na abertura de maior dimensão na Rua Duque de Loulé. A sua volumetria tenta fazer a ligação dos edifícios de maior escala, que se encontram no lado da Rua Alexandre Herculano, com os edifícios de menor escala da Rua do Sol, sem ir buscar a altura de nenhum dos dois edificados.

Como se organiza o Programa e como se Circula

O edifício caracteriza-se por ser constituído por dois volumes de habitação e comercio, em que um se vira para a Rua Augusto Rosa e outro para o Interior do quarteirão. Cada um dos volumes possui comércio no Rés-do-Chão e mais três pios de habitação. Entre os dois volumes encontra-se um pátio interior.

O acesso ao interior do quarteirão é feito pelo atravessamento deste pátio, como também pela extremidade, que ladeia os edifico do núcleo da Rua Augusto Rosa, onde também se encontra o acesso á garagem subterrânea do edifico. Os acessos verticais de edifico são feitos nos topos dos volumes e unem estes dois volumes. Os acessos horizontais as habitações são feitos por galeria, estando esta no lado do volume da Rua Augusto Rosa, e tendo acessos pontuais da galeria para as habitações do volume voltado para o interior do quarteirão.

Os tipos de habitação também são destintos conforme o volume em que se encontram. Em que no volume virado para a Rua Augusto Rosa, as habitações são do tipo T0, T1 e T2, num total de oito habitações. O volume virado para o interior do quarteirão possui apenas três habitações, duas habitações t3 e uma T2. Este volume é também de menor dimensão e afasta-se das edificações da Rua do Sol.

Aspetos construtivos e relação com a imagem do edifício

Construtivamente o edifico possui uma estrutura metálica. Esta estrutura reflete na imagem do edifico, em que a estrutura horizontal, correspondente as lajes, fica á vista na fachada da Rua Augusto Rosa. Na fachada virada para o interior do quarteirão a estrutura horizontal e vertical estão ambas á vista, dando assim um efeito de gaiola, correspondendo as varandas, que este lado do edifício possui.

Descrição dos Materiais

Os materiais constituintes deste edifico dividem-se em dois tipos. Os estruturais, correspondentes á estrutura do edifico e que são em aço. E os materiais dos painéis da fachada. Os painéis da fachada dividem-se em três tipos. Um elemento opaco, um semi-opaco e um elemento transparente.

O elemento opaco da facha é um painel de Viroc de cor cinza. Este painel encontrasse afastado da parede, para permitir o correr para o espaço que há entre ele a parede os dois elementos semi-opaco e transparente.

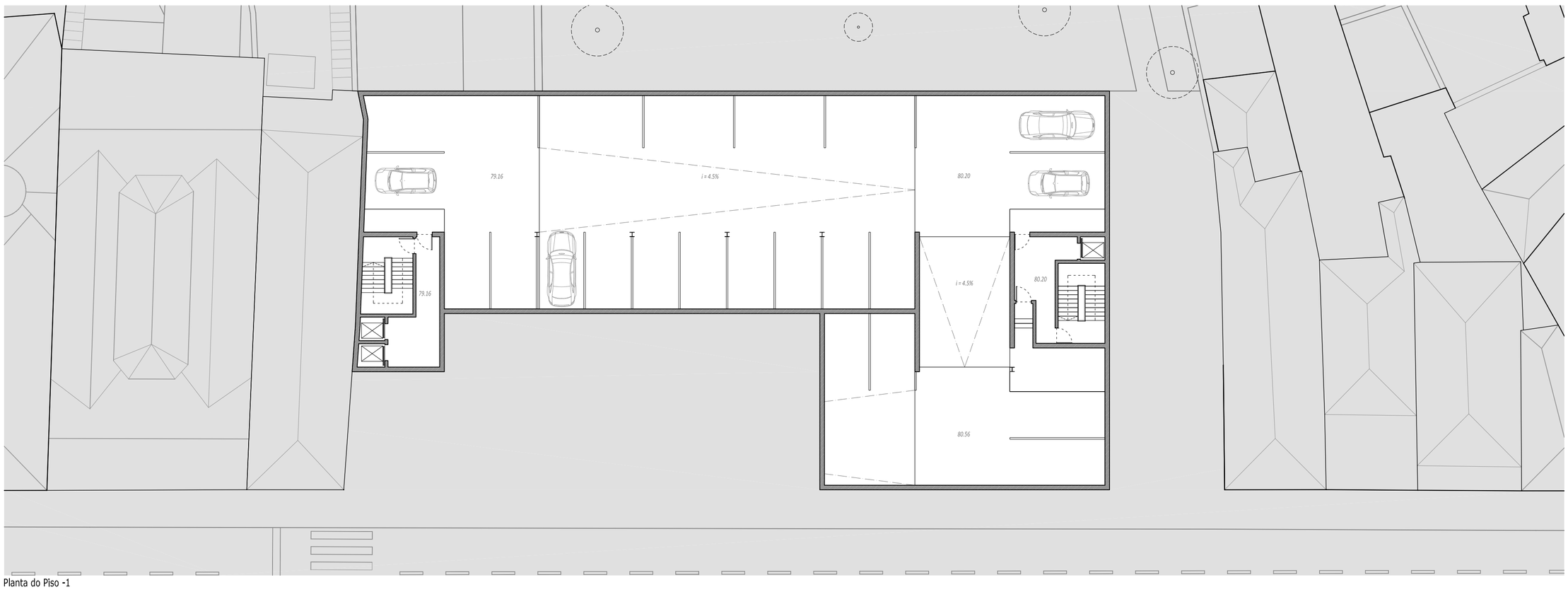
O elemento de semi-opaco da fachada corresponde a três portadas em Birise Soleil de Aluminio, em que por detrás se contra os elementos transparente. Uma das portadas é fixa, como também o elemento transparente correspondente a esta portada. As duas restantes são móveis e correm para de trás do elemento opaco e da portada fiz, respetivamente.

Ao elemento transparente corresponde as janelas, mantendo a mesma logica de fixação e de movimentação dos elemento semi-opaco.

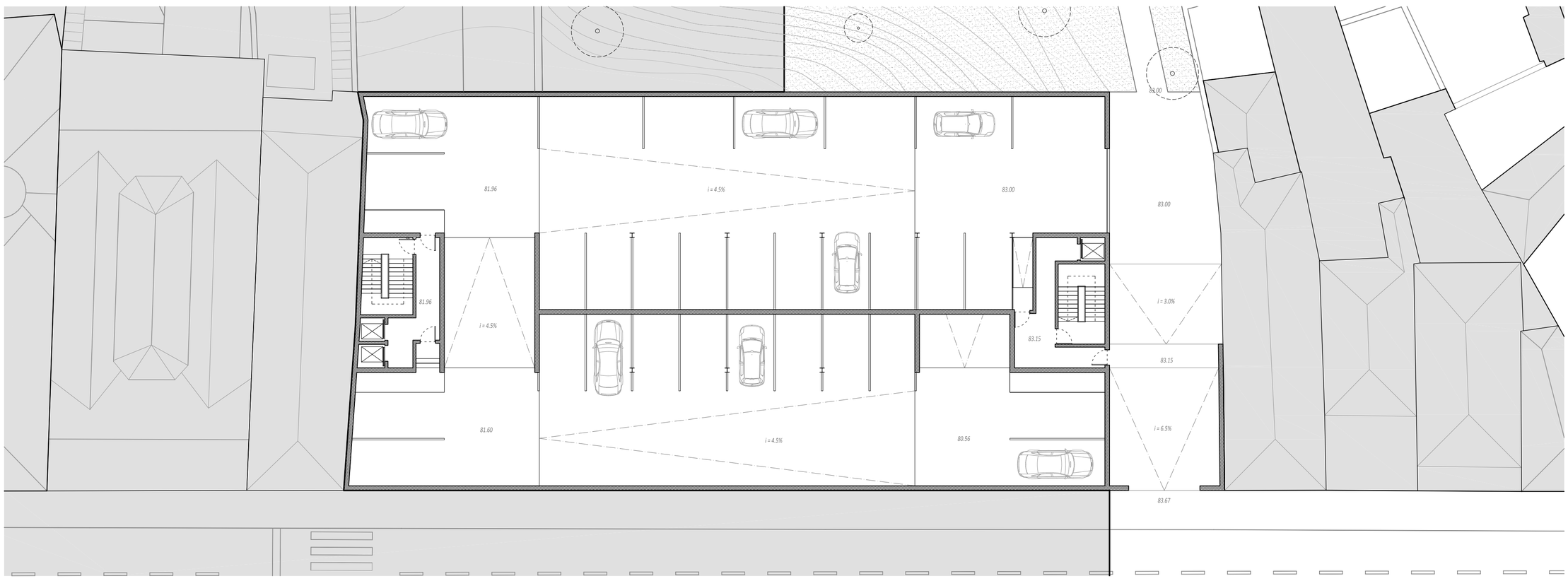
Por fim é que salientar que os três elementos são contínuos e vão de laje a laje.

Habitação
Equipamento
Comercio
Garagem

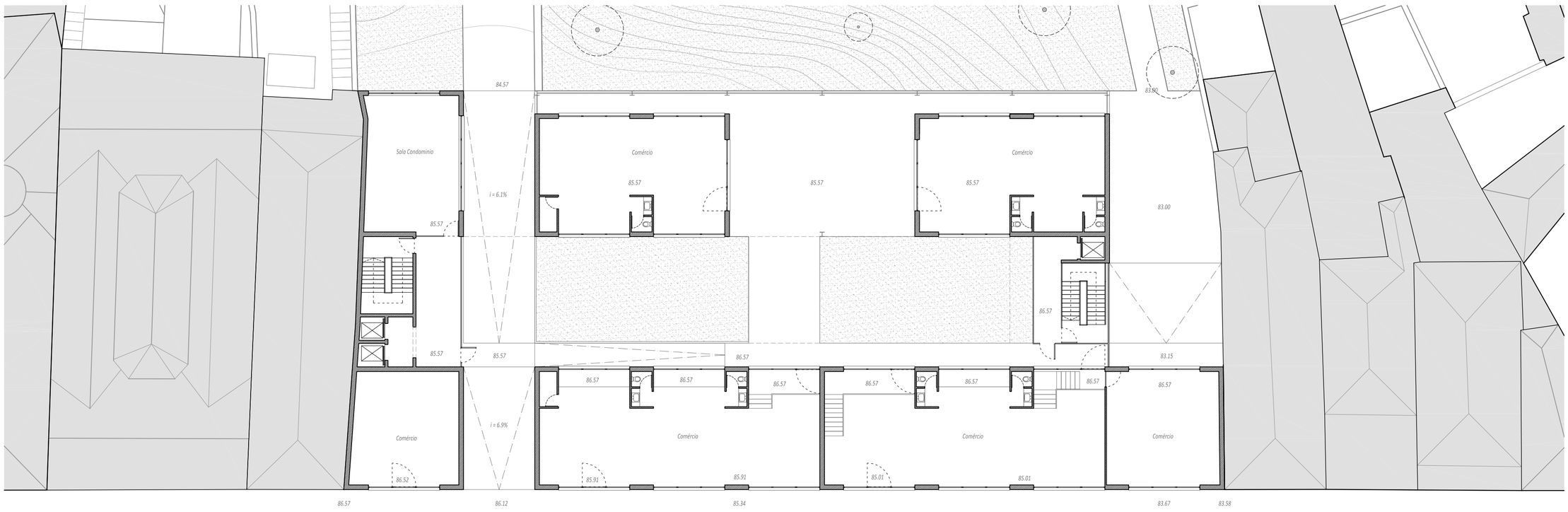
Nome: André Poças Gaspar	Numero: 21107679	Turma: Diurno	Curso: Arquitectura	Disciplina: Projecto IV	Data: 18-06-13	01
Elementos: Perfis e Planta de Implantação						
Descrição: Perfis e Planta de Implantação						Escala: 1/500



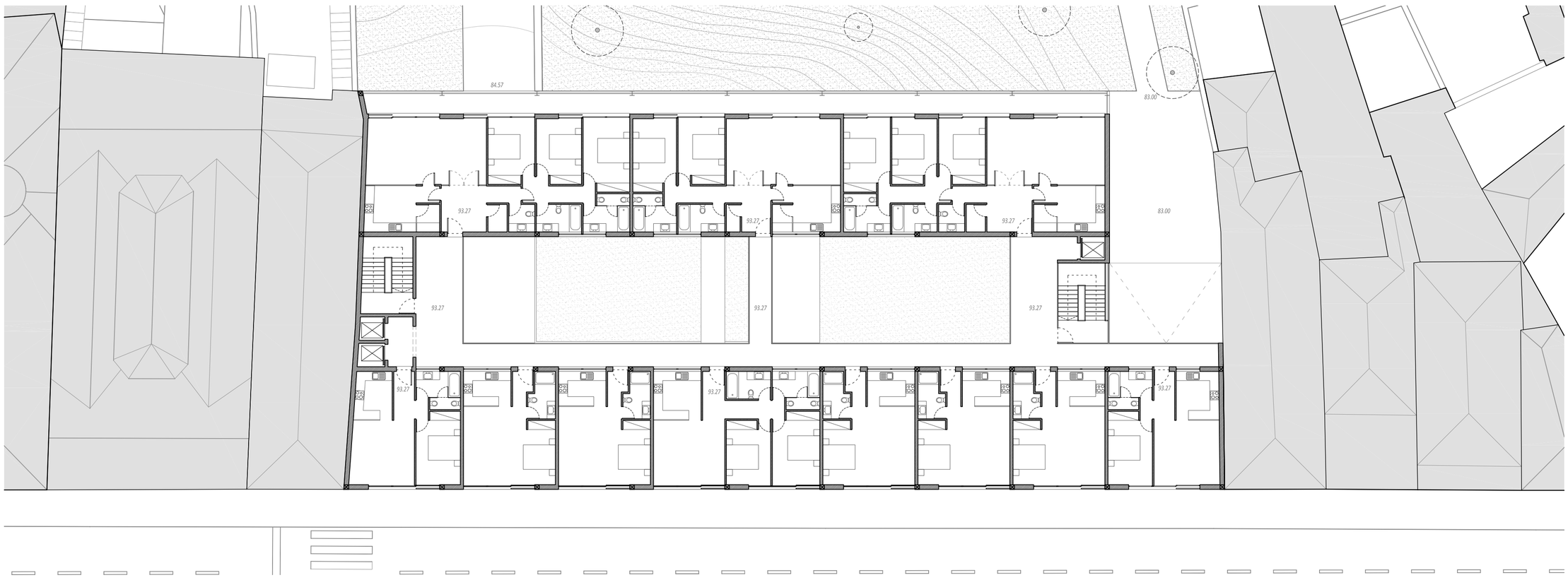
Planta do Piso -1



Planta do Piso -2

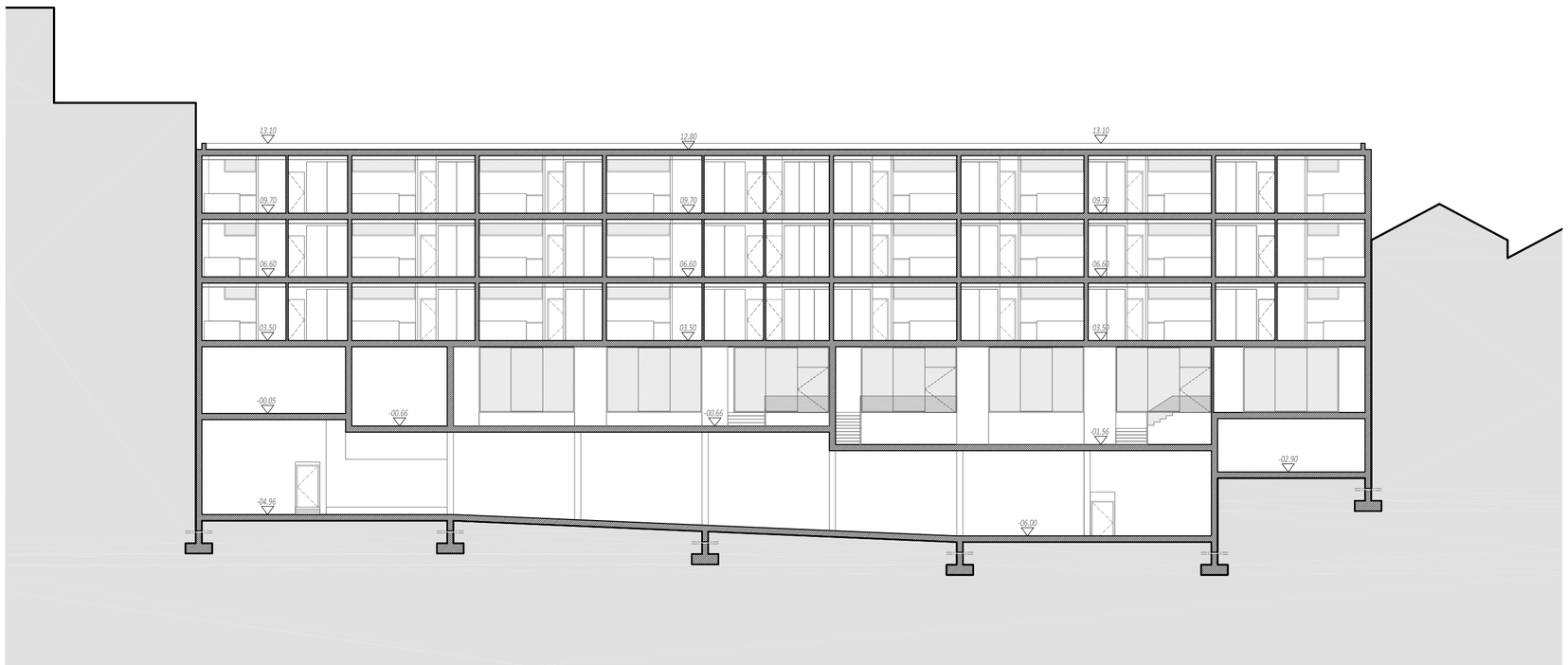


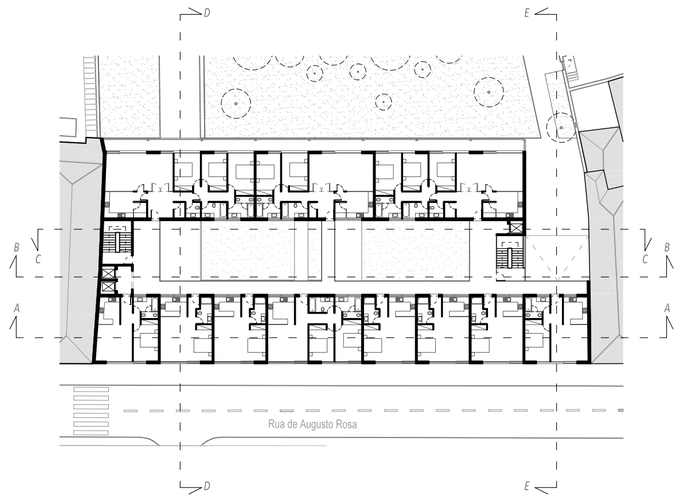
Planta do Piso 0 (R/C)



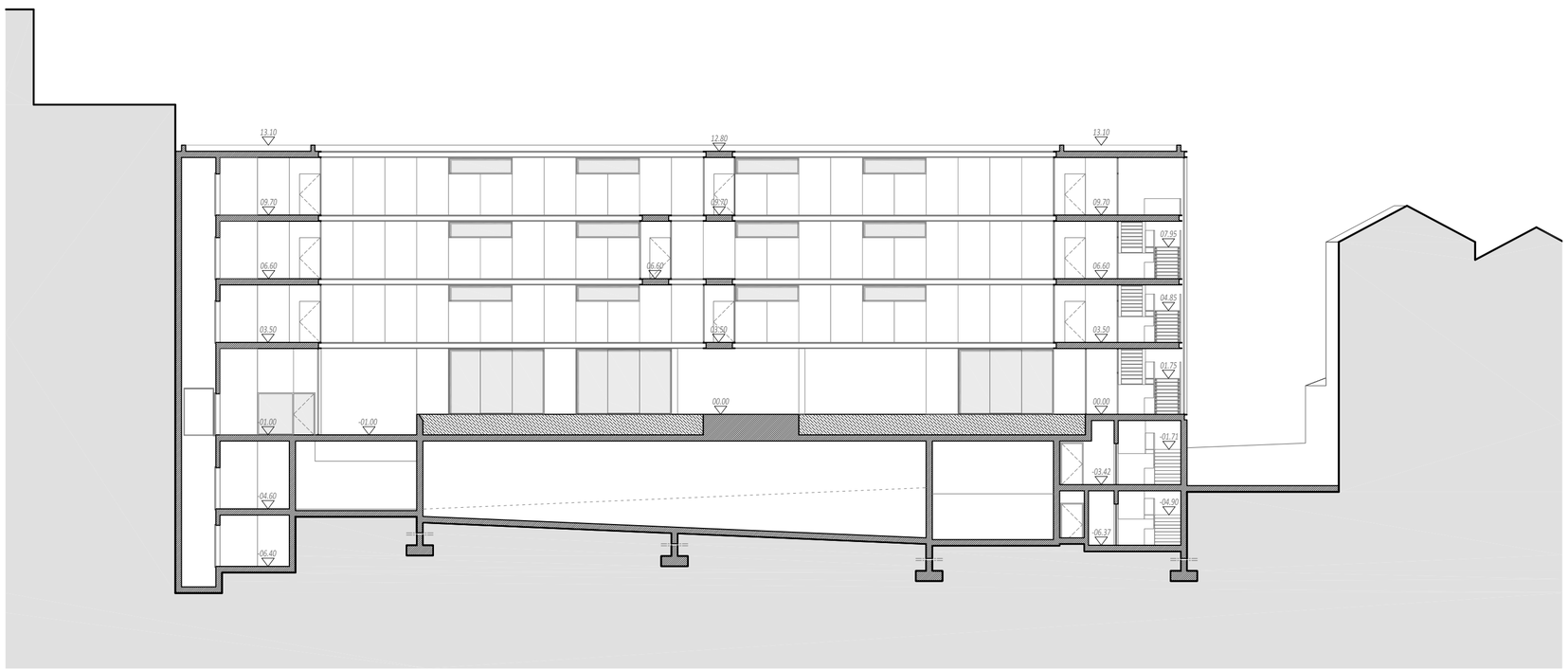
Planta do Piso 3

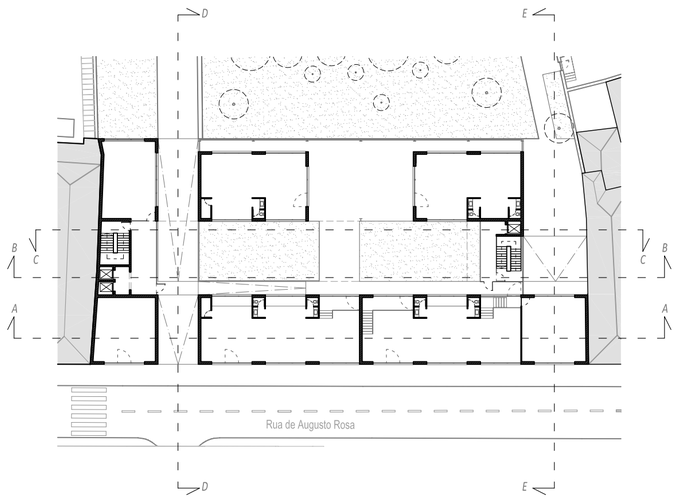
Nome: André Poças Gaspar	Numero: 21107679	Turma: Diurno	Curso: Arquitectura	Disciplina: Projecto IV	Data: 18-06-13	02
Elementos: Planta do Piso 0 - R/C (Comercio e Habitação) / Piso 1 + 2 + 3 (Habitação) / Piso -1 (Garagem) / Piso -2 (Garagem)						
Descrição: Plantas					Escala: 1/200	



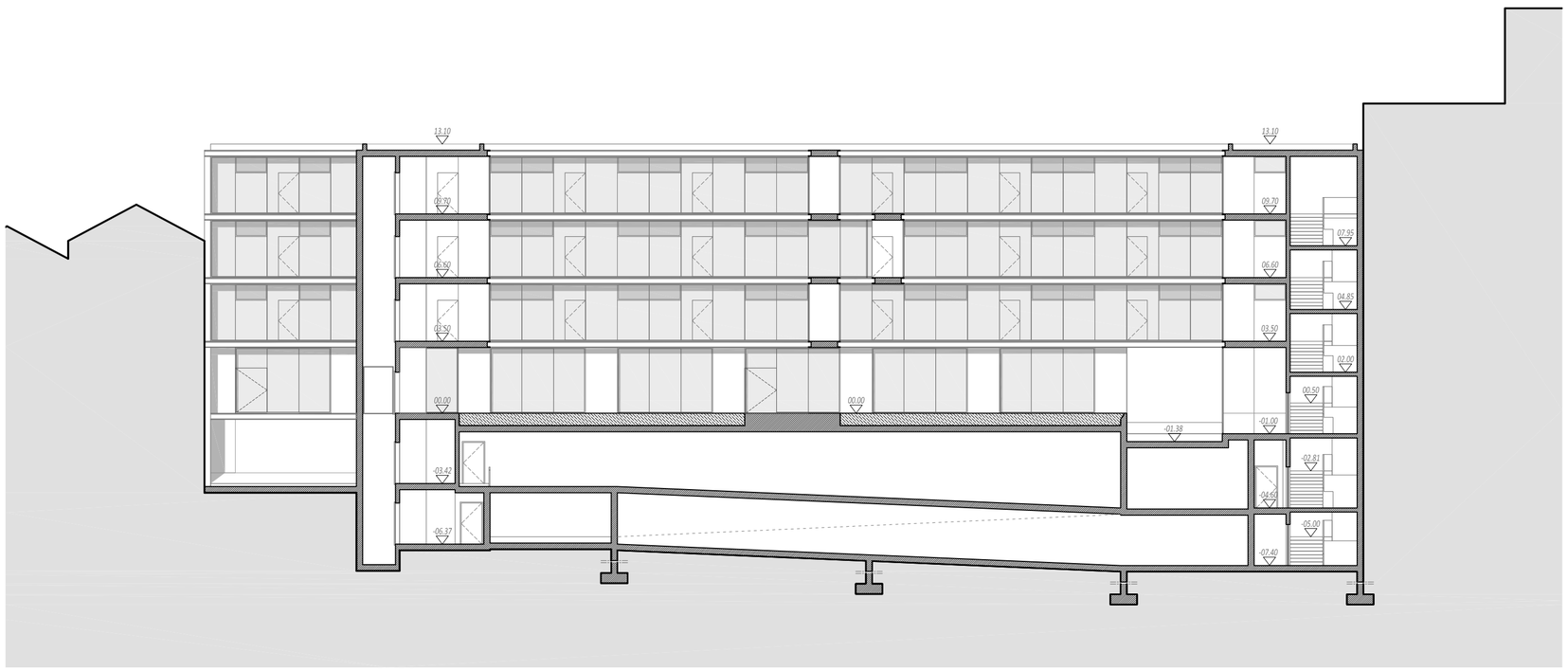


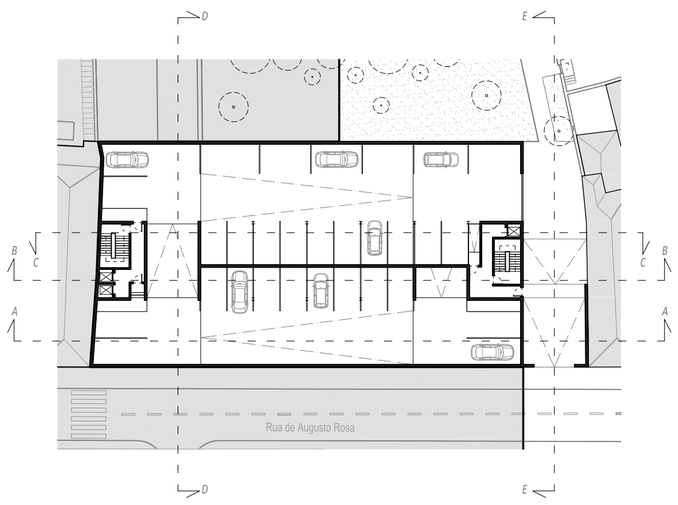
Corte A



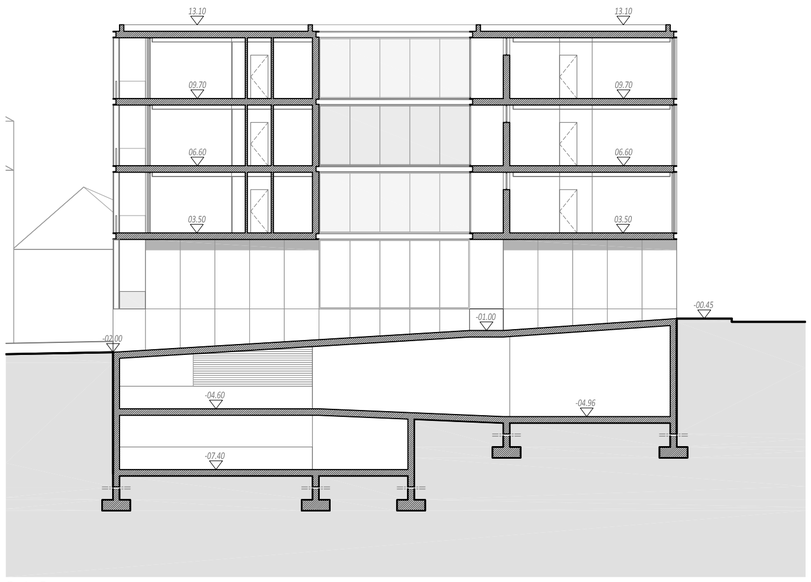


Corte B

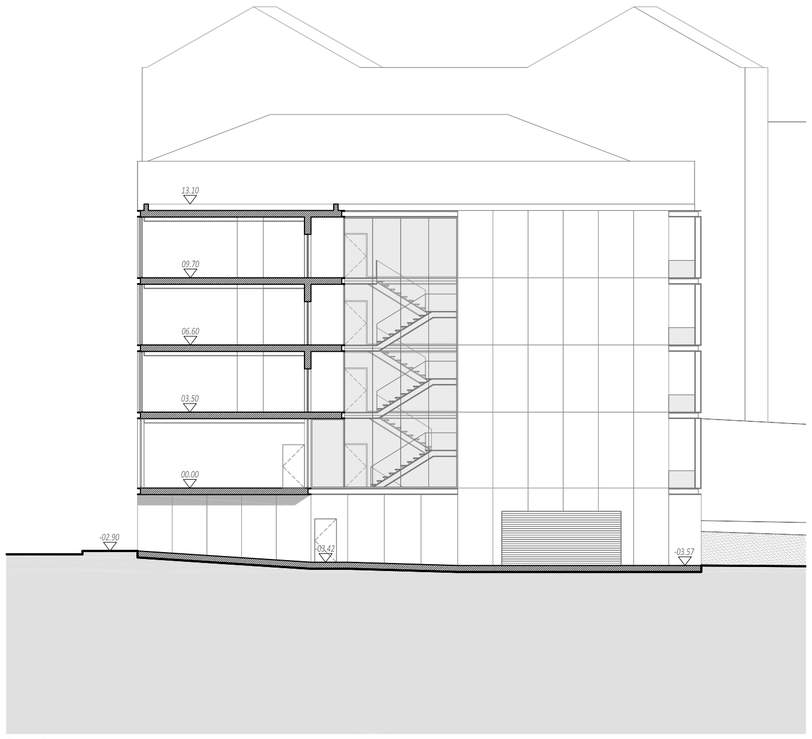




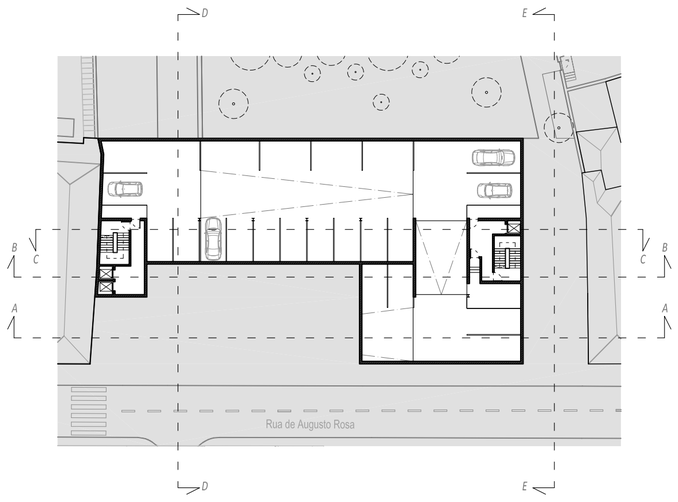
Corte C



Corte D

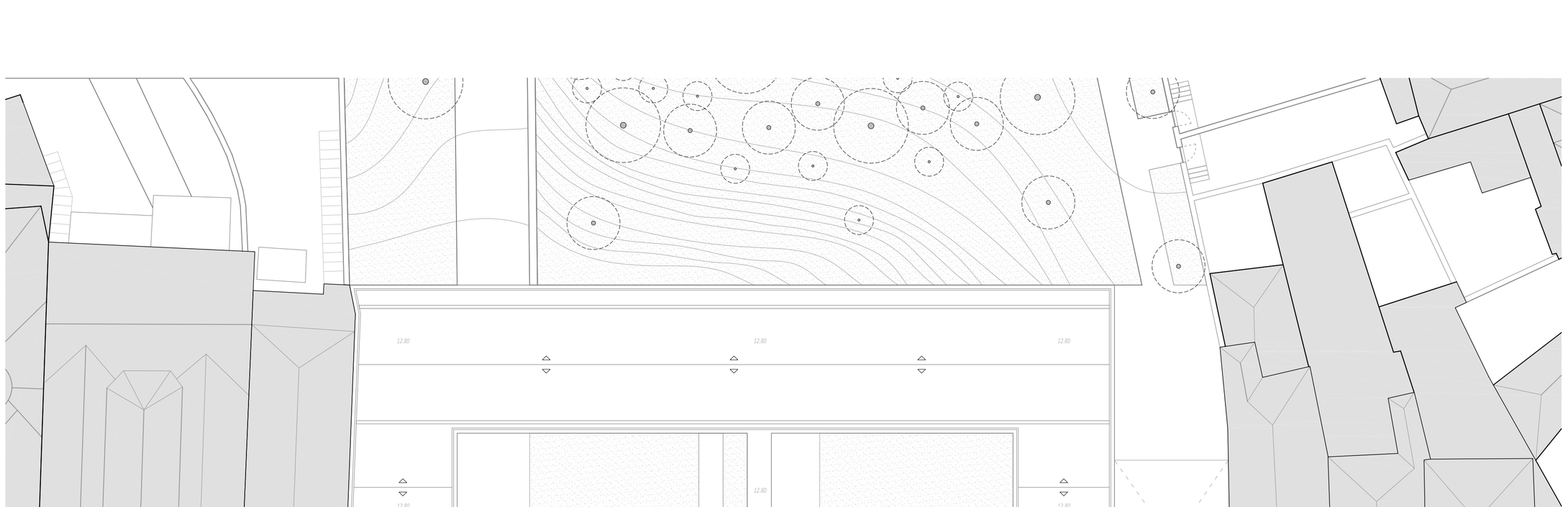


Corte E



Nome:	Numero:	Turma:	Curso:	Disciplina:	Data:	
André Poças Gaspar	21107679	Diurno	Arquitectura	Projecto IV	18-06-13	03
Elementos: Corte A / B / C / D / E						
Descrição: Cortes Longitudinais e Transversais						Escala: 1/200

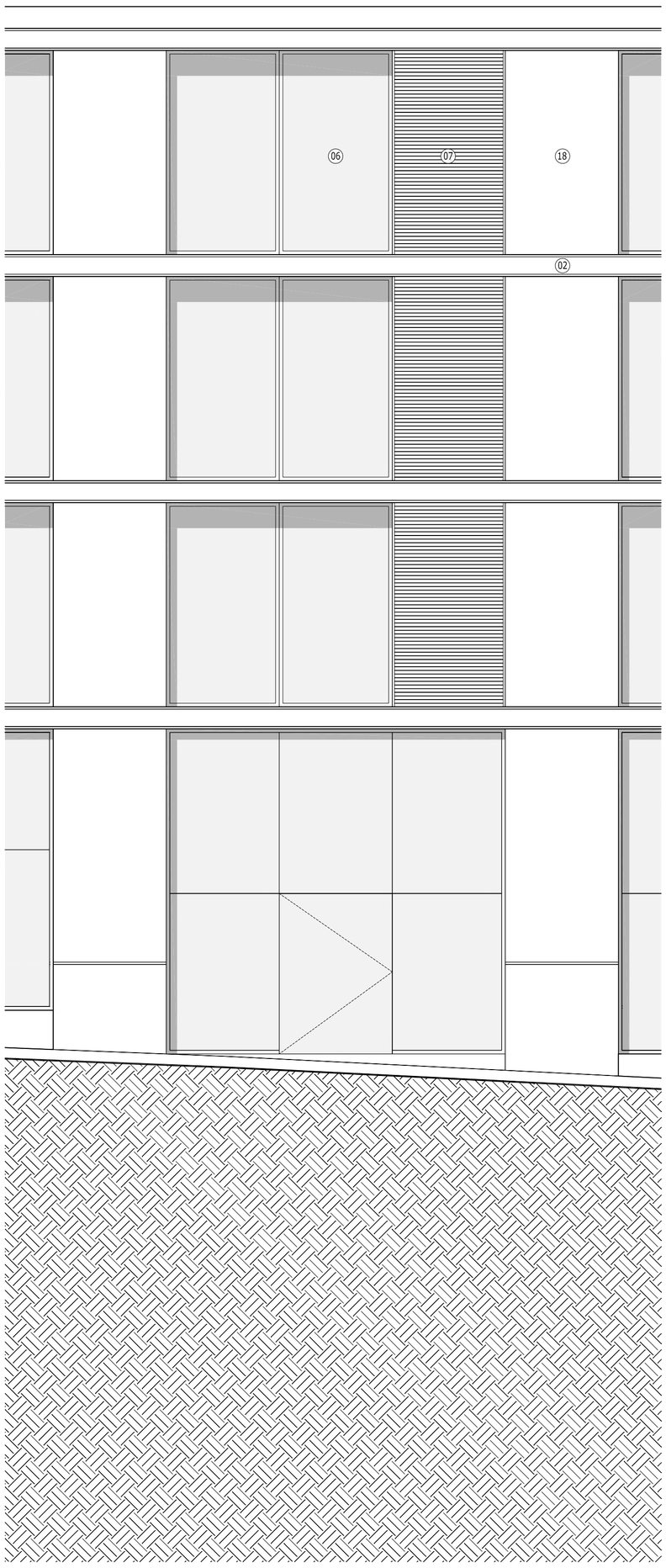
Alçado Poente

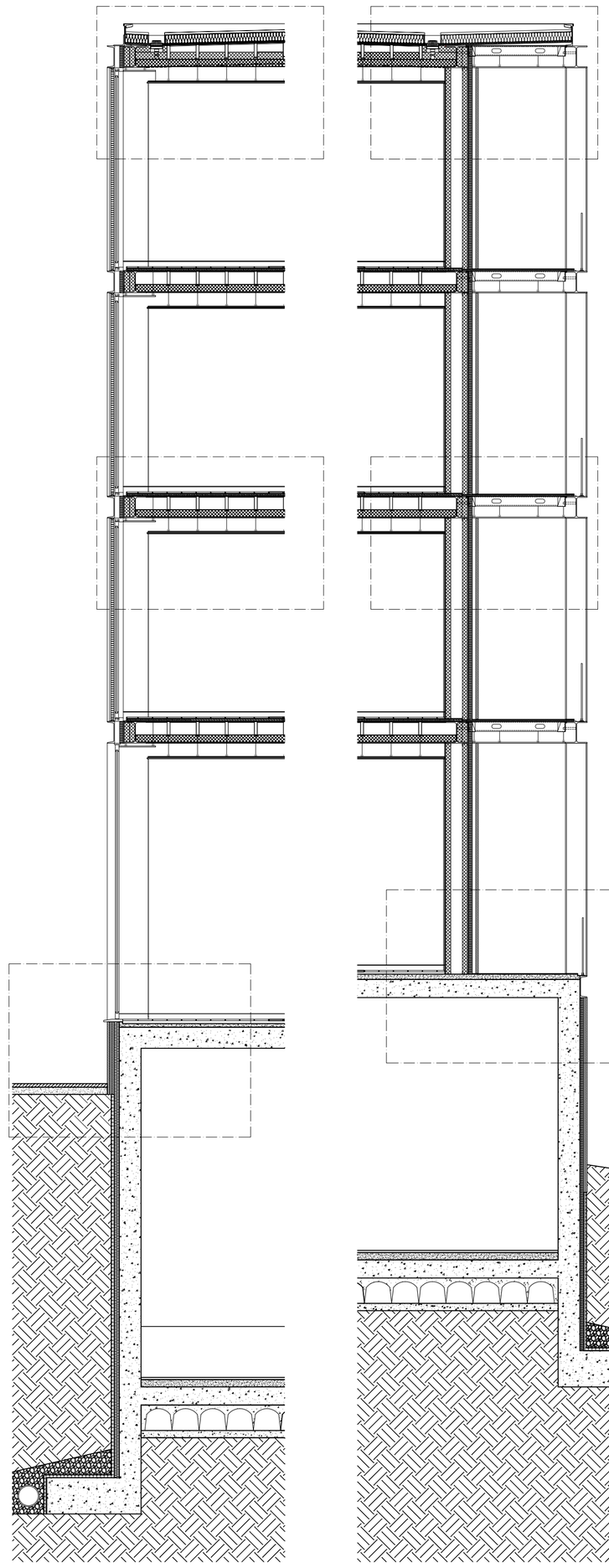


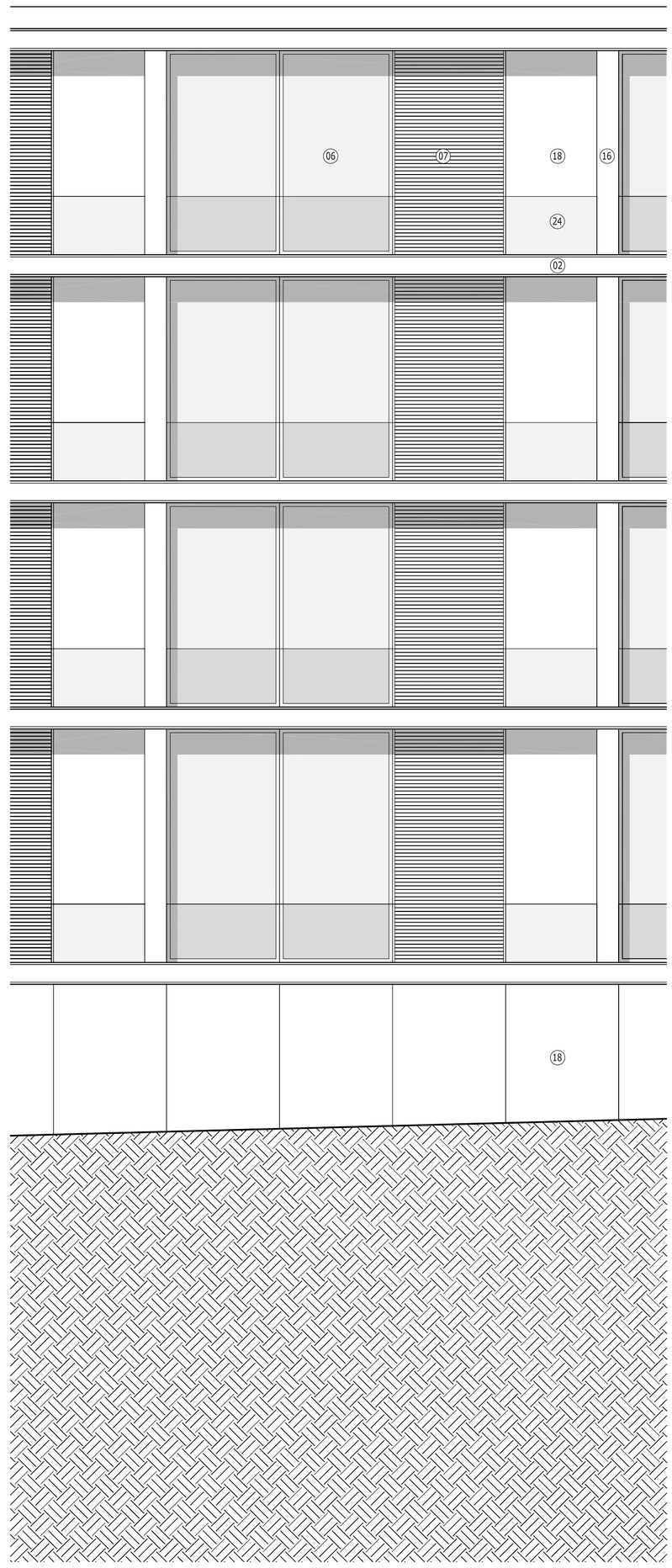
Alçado Nascente

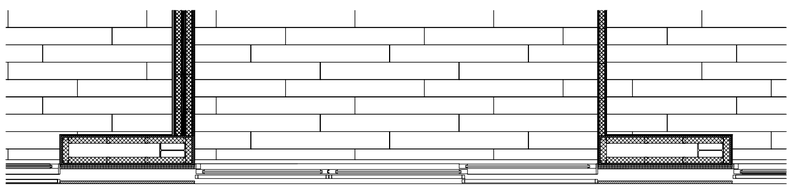
Planta da Cobertura

Nome: André Poças Gaspar	Numero: 21107679	Turma: Diurno	Curso: Arquitectura	Disciplina: Projecto IV	Data: 18-06-13	04
Elementos: Alçado Poente, Alçado Nascente						
Descrição: Alçados						Escala: 1/200





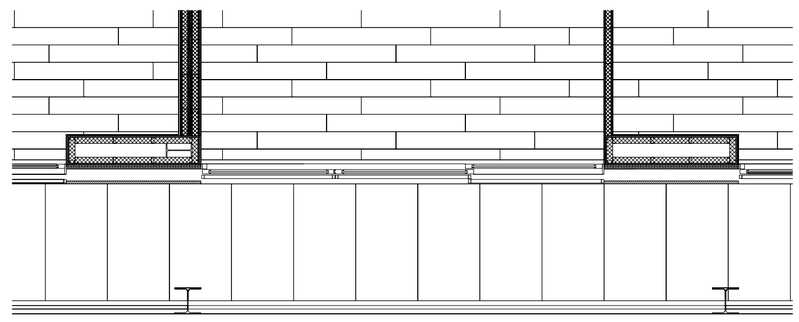


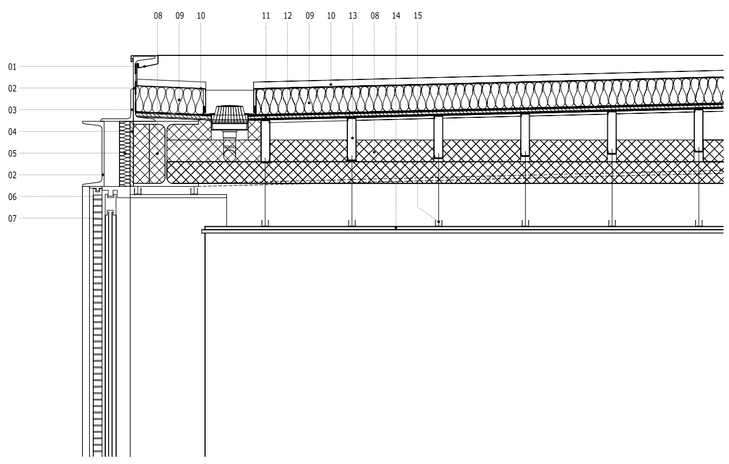


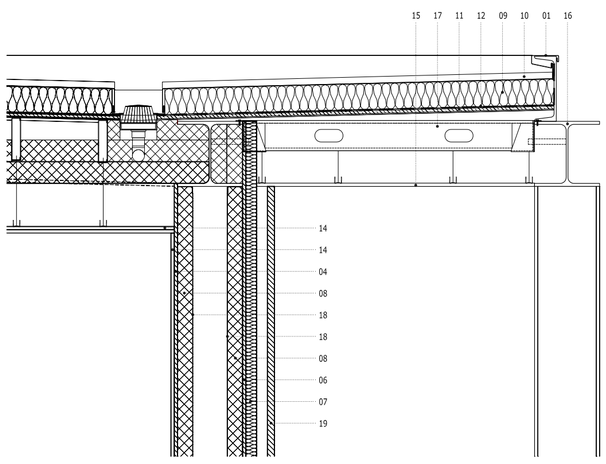
1/50

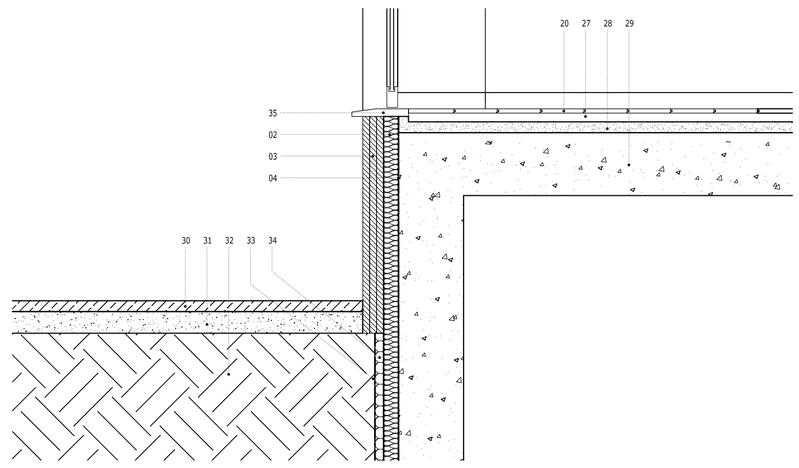
LEGENDA:

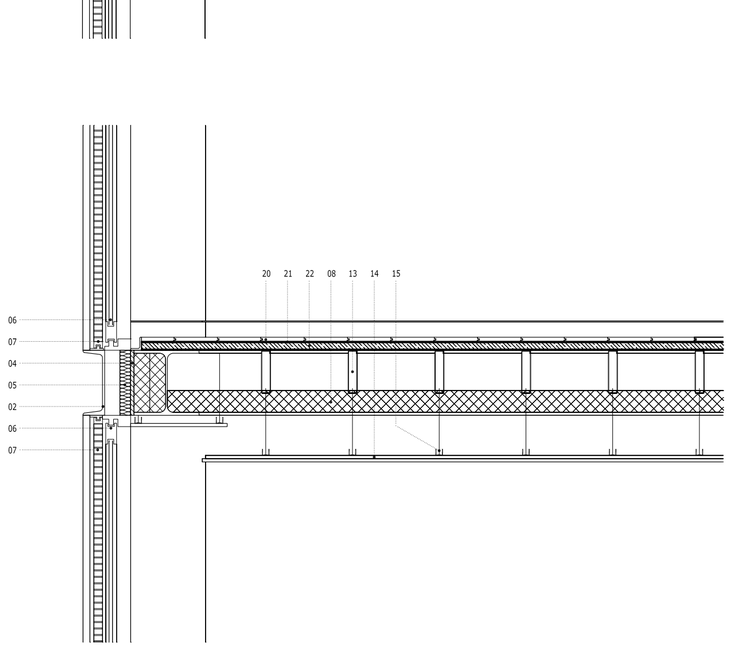
01 - Rufo em Zinco
02 - Perfil Metalico U 300x100 mm
03 - Perfil Metalico L 150x150 mm
04 - Placa de Viroc de 16 mm
05 - Isolamento Termico XPS de 50 mm
06 - Caixilharia de Alumínio
07 - Portada Bitise Soleil de AlumInfo
08 - Lã-de-Rocha de 100 mm
09 - Isolamento Termico XPS de 120 mm
10 - Revestimento Cobertura em Zinco
11 - MasterBorad (Placa "Sandwich" Revestimento Cimenticio + Nudleo OSB) 14 mm
12 - Tela Impermeabilizante
13 - Viga de Piso Dupla em Perfil Leve 250x40
14 - Placa de Gesso Cartonado
15 - Perfil Suporte Teto de Gesso Cartonado
16 - Perfil Metalico H 300x300 mm
17 - Viga de Piso Simples em Perfil Leve 250x40
18 - Perfil de Parede de fixação de Gesso Cartonado
19 - Placa de Viroc de 32 mm
20 - Soalho em Madeira
21 - Manta Resiliente
23 - Rodapé
24 - Guarda de Vidro
25 - Perfil 30x30 mm
26 - Piso Cerâmico
27 - Ripa de Madeira de Fixação do Soalho
28 - Regularização
29 - Betão Armado
30 - Piso Passeio
31 - Tout Venant
32 - Terreno
33 - Geotextil
34 - Membrana Drenante
35 - Soleira

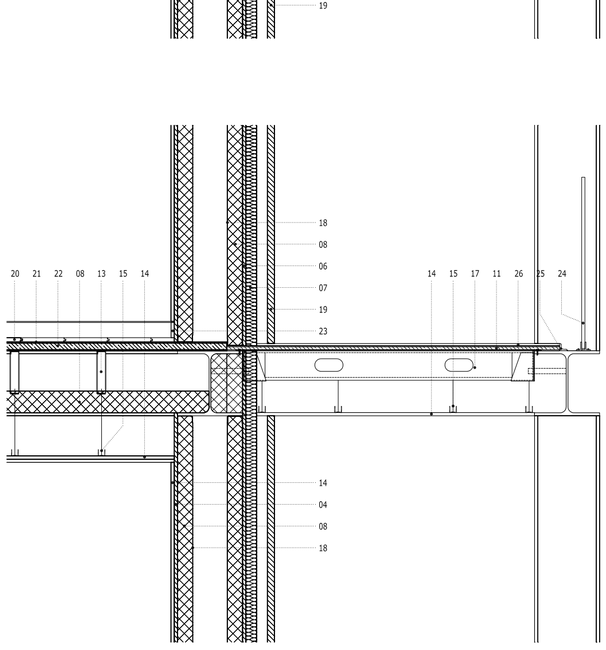


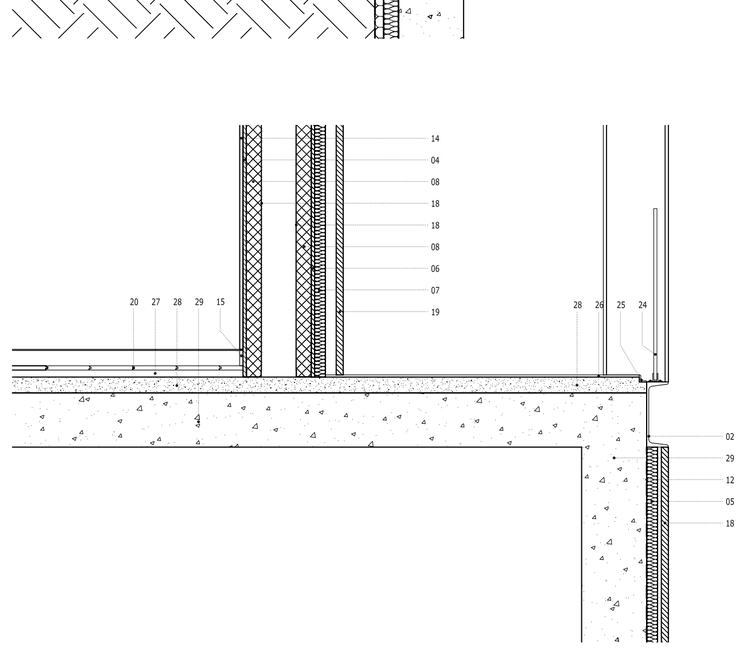






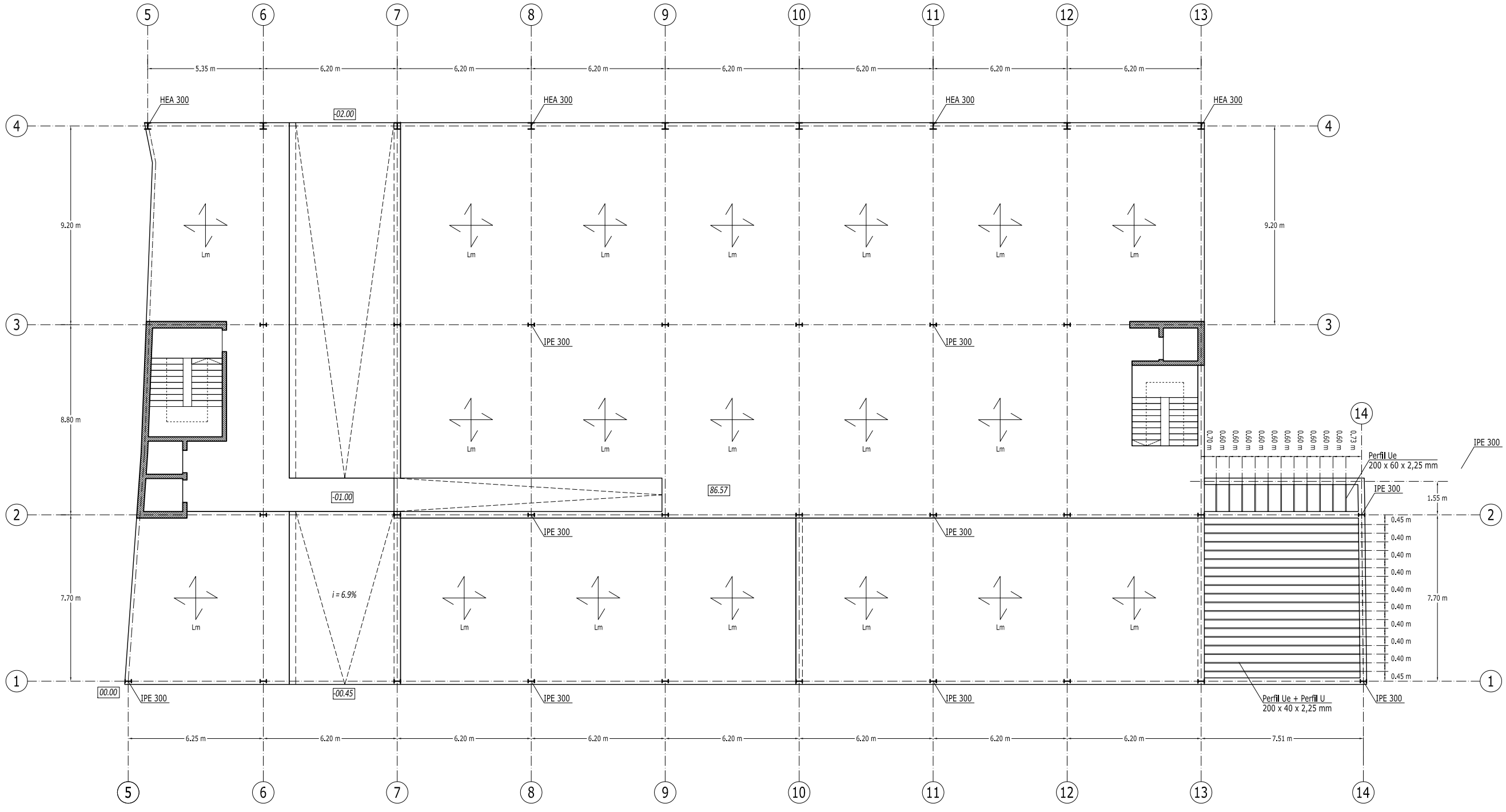




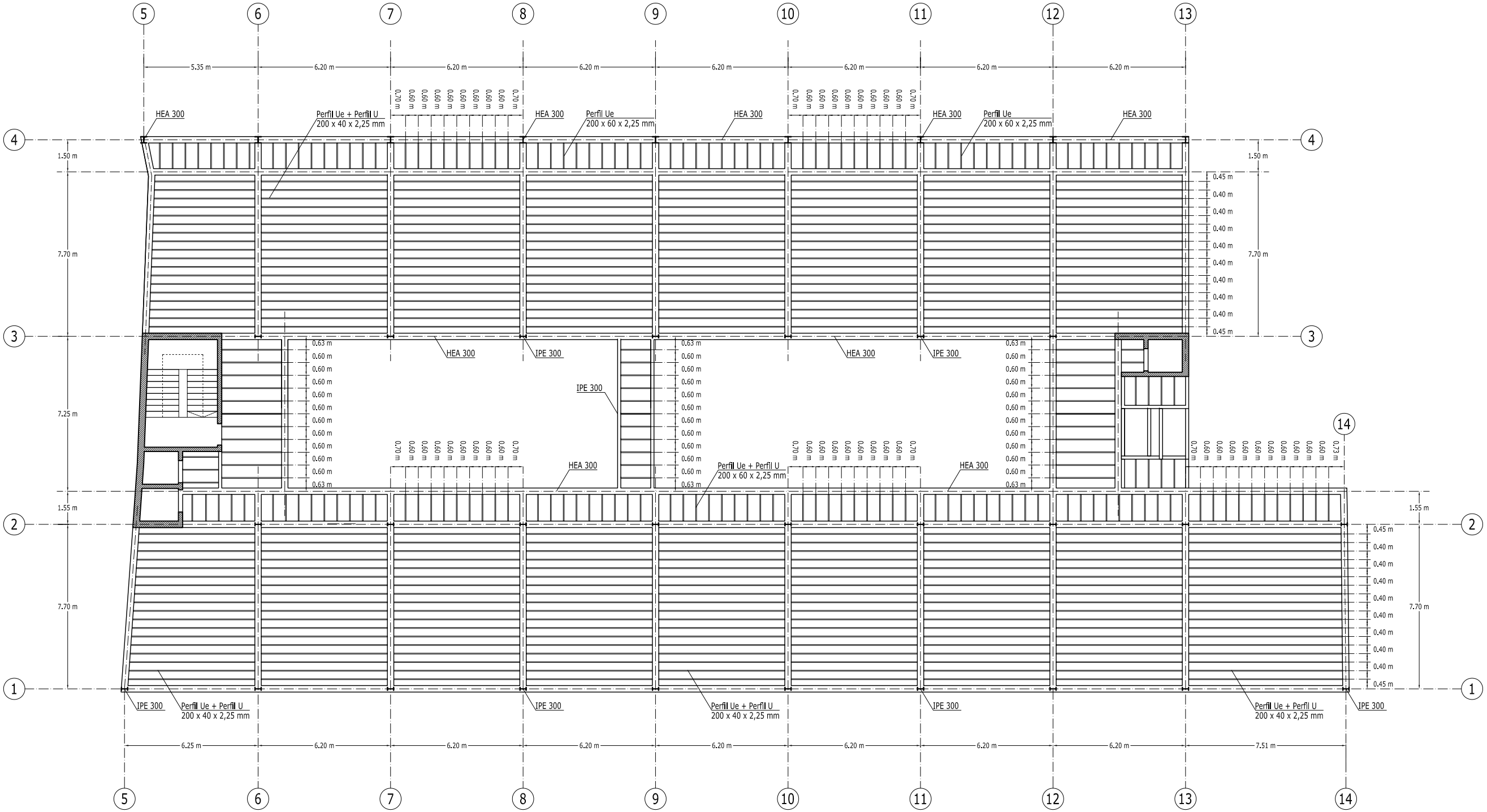


1/20

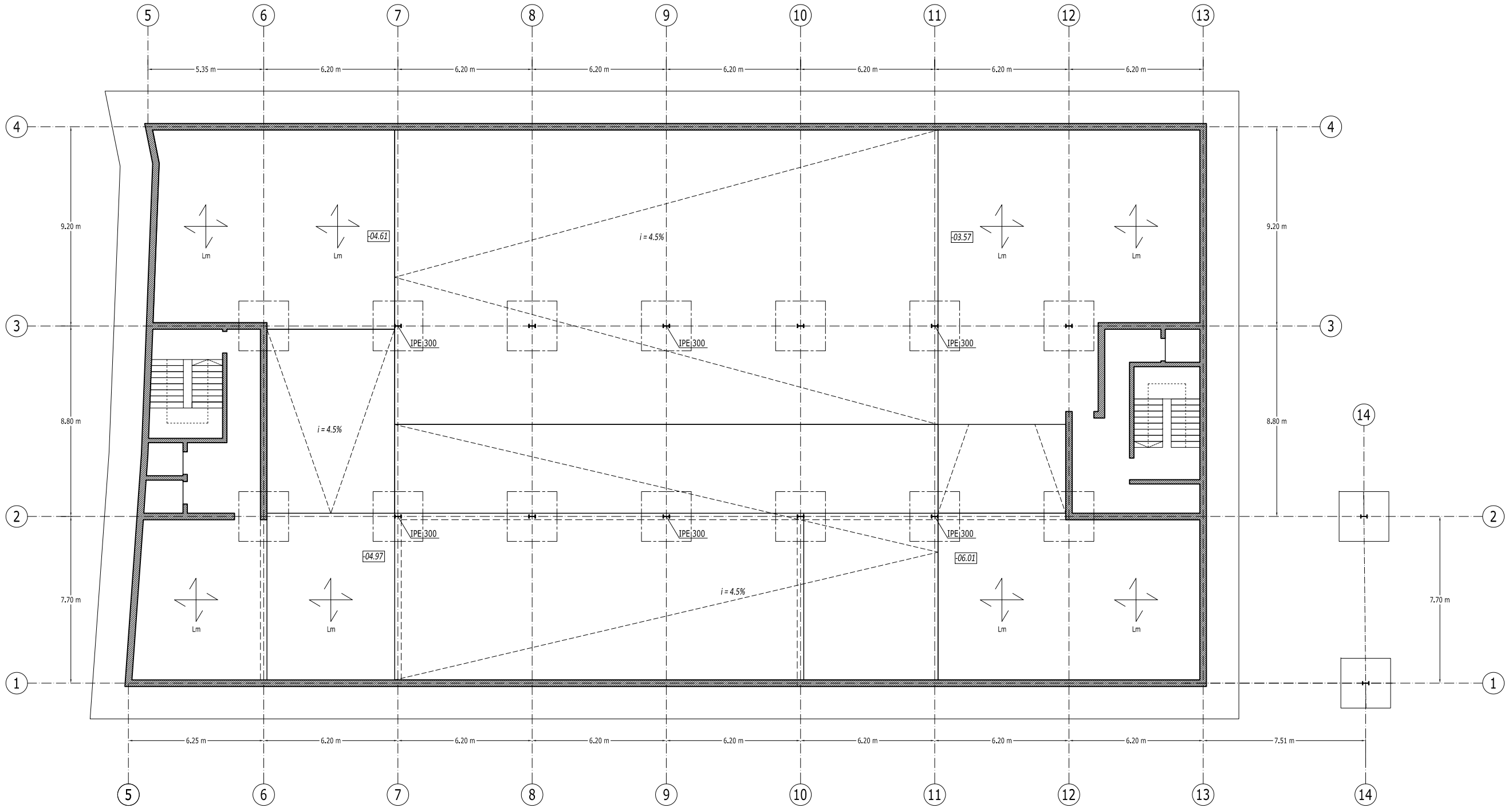
Nome: André Poças Gaspar	Numero: 21107679	Turma: Diurno	Curso: Arquitectura	Disciplina: Projecto IV	Data: 18-06-13	05
Elementos: Pormenor Constructivo						
Descrição: Corte Constructivo						Escala: 1/50 - 1/20



Nome:	Numero:	Turma:	Curso:	Disciplina:	Data:	
André Poças Gaspar	21107679	Diurno	Arquitectura	Sistemas Estruturais II	24-09-13	02
Elementos: Planta Estrutural R/C						
Descrição: Planta Estrutural					Escala: 1/200	



Nome:	Numero:	Turma:	Curso:	Disciplina:	Data:	
André Poças Gaspar	21107679	Diurno	Arquitectura	Sistemas Estruturais II	24-09-13	03
Elementos: Planta Estrutural Piso 1 / Piso 2 / Piso 3						
Descrição: Planta Estrutural						Escala: 1/200



Nome:	Numero:	Turma:	Curso:	Disciplina:	Data:	
André Poças Gaspar	21107679	Diurno	Arquitectura	Sistemas Estruturais II	24-09-13	01
Elementos: Planta de Fundações						
Descrição: Planta Estrutural						Escala: 1/200