



Hugo Daniel Cortês de Sousa

Modelação em BIM de armaduras de betão armado de um edifício: Análise da sua contribuição para processos de medição e orçamentação mais eficientes

Universidade do Minho  
Escola de Engenharia





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Hugo Daniel Cortês de Sousa

Modelação em BIM de armaduras de betão armado de um edifício: Análise da sua contribuição para processos de medição e orçamentação mais eficientes

Tese de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia Civil  
Área de Especialização: Construções

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor João Pedro Pereira Maia Couto  
Engenheiro António Ruivo Meireles

*“As a general rule, the most successful man in life  
is the man who has the best information.”*

Benjamin Disraeli (*Endymion*, 1880)



## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Doutor João Pedro Couto, pelo tema proposto, por todo o apoio e orientação ao longo deste trabalho. Agradeço a sua constante disponibilidade, dedicação e compromisso de trabalho, pela capacidade crítica e partilha de conhecimentos durante a elaboração desta dissertação.

Ao meu coorientador, Engenheiro António Ruivo Meireles – BIM Manager na Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A. – por toda a disponibilidade e contínua colaboração pautada durante o desenvolvimento do meu trabalho. Pela delicadeza com que me recebeu e apoiou, partilhando o seu tempo e os seus conhecimentos, acreditando no sucesso desta dissertação.

À Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A. e à Construsoft, Lda., por tornarem este projeto possível. Por toda a colaboração prestada e por darem a oportunidade de desenvolver um projeto colaborativo com importantes empresas de construção a nível nacional.

Ao Engenheiro Vakis Kokorelis – Managing Diretor na Construsoft, Lda. – pela oportunidade de colaboração e partilha de informação. Por toda a confiança transmitida e por toda a disponibilidade prestada ao longo do projeto.

Ao Pedro Falcão – Software Specialist na Construsoft, Lda. – pelo incomensurável apoio pautado ao longo destes meses de colaboração. Por todos os seus conhecimentos, pela sua incansável dedicação e enorme empenho na resolução de todos os problemas.

Um especial agradecimento aos amigos, Luís Silva, Bruno Caires e Ricardo Urjais, pelos seus discursos de motivação e pela constante presença na evolução do meu trabalho. Com eles espero, um dia no futuro, ter uma oportunidade de abraçar projetos profissionais. E a todos os colegas de curso e amigos mais próximos pelas demais vivências e partilha de conhecimento.

A toda a direção da Associação Académica da Universidade do Minho, aos amigos e colegas lá presentes, por toda a perseverança demonstrada no decorrer deste trabalho.

Por fim, um agradecimento sincero aos meus pais e irmã por todo o apoio incondicional e confiança demonstrada ao longo de todo o meu percurso académico, que agora culmina com a concretização deste objetivo, bem como pela continuidade do seu apoio perante os objetivos futuros.



## RESUMO

A metodologia BIM – Building Information Modeling – é um processo de controlo e gestão de toda a informação criada e desenvolvida, entre as diversas especialidades e intervenientes envolventes, durante o ciclo de vida das construções. A utilização das tecnologias BIM, no ramo da Engenharia Civil, têm sido uma aposta constante, e cada vez mais certa, nos projetos de construção, sendo que, muitos são os estudos que tentam explorar afincadamente o seu conceito e o seu potencial. A justificação para a adoção destas metodologias mais eficientes, em substituição aos processos convencionais, como os processos de medição e orçamentação, prende-se com o facto de os processos convencionais, ainda hoje, apresentarem muitas dificuldades e problemas associados, por exemplo, à falta de comunicação entre os intervenientes e ao ineficiente controlo na gestão de projetos.

Nesse sentido, esta dissertação, que assenta fundamentalmente na modelação de armaduras de betão armado de um edifício, num *software* BIM, tem dois objetivos fundamentais: Um dos objetivos consiste em contribuição para o desenvolvimento de processos mais eficientes, especificamente, no que concerne aos processos de medição e orçamentação. Para tal, este objetivo será apoiado pelos resultados de extração respeitantes aos trabalhos efetuados na modelação das armaduras de betão armado de um edifício, num *software* BIM. O outro objetivo desta dissertação centra-se na análise da interoperabilidade de *softwares* BIM, ou seja, na verificação da viabilidade de exportação de dados dos modelos produzidos, entre as ferramentas BIM. Para este campo de ação contribuirá a análise da passagem de informação, relativa ao modelo do edifício modelado, em alguns dos *softwares* BIM, correntemente mais utilizados. Pretende-se também, contribuir para uma maior dinamização e formação das metodologias BIM no meio académico. Para esta parte contribuirá todos os trabalhos, de âmbito pedagógico, a desenvolver paralelamente à realização da dissertação, os quais são apresentados na parte final da dissertação.

É consensual, quer no meio académico, quer no meio profissional, que existe a necessidade de adquirir conhecimentos e valências para administrar ferramentas BIM, pelo que esta dissertação, poderá servir de contributo para uma maior dinamização e divulgação do BIM.

**Palavras-Chave:** Building Information Modeling (BIM); Eficiência nos processos de medição e orçamentação; Armaduras de betão armado; Análise de interoperabilidade.



## ABSTRACT

BIM – Building Information Modeling – methodology is a process of monitoring and management of all information created and developed, between the various specialties and engaging stakeholders, during the life cycle of buildings. The use of BIM technologies in the field of Civil Engineering, have been a constant focus in construction projects, being that, there are many studies that attempt to exploit your concept and its potential. The justification for the adoption of these more efficient methods, in replacement of the conventional processes such as measurement and budgeting processes, relates to the fact that the conventional processes, still today, presenting many difficulties and problems associated with, for example, the lack communication between stakeholders and inefficient control in management of projects.

In this context, this dissertation, which is based primarily on modeling of the reinforced concrete of a building in BIM, has two fundamental goals: One of the goal is to contribute to the development of more efficient construction processes, specifically, in the case of measurement and budgeting processes. To this end, this goal will be supported by the results of extraction relating to work performed on modeling of the reinforced concrete of a building in BIM software. The other goal of this dissertation focuses on the analysis of interoperability of BIM software, in other words, on the verification of the feasibility of exporting data from models produced, among the tools BIM. For this field of action will contribute to the analysis of the passage of information, relating to the model of the building modeled in some of BIM software, most commonly used. It is also intended to contribute to a more BIM dynamic and training methodologies in the academic world. For this part will contribute all work, pedagogical framework, to develop in parallel with the realization of the dissertation, which are presented in the final part of the dissertation.

It is consensual, either in academic world or in professional environment, that there is the need to acquire knowledge and specialization to manage BIM tools, so this dissertation might serve as a contribution to a more dynamic and dissemination of BIM.

**Keywords:** Building Information Modeling (BIM); Efficient measurement and budgeting processes; Reinforcement of concrete; Analysis of interoperability.



---

## ÍNDICE GERAL

|   |              |
|---|--------------|
| <b>AGRADECIMENTOS</b> .....                         | <b>VII</b>   |
| <b>RESUMO</b> .....                                 | <b>IX</b>    |
| <b>ABSTRACT</b> .....                               | <b>XI</b>    |
| <b>ÍNDICE GERAL</b> .....                           | <b>XIII</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....                      | <b>XVII</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....                      | <b>XXIII</b> |
| <b>SIGLAS E ACRÓNIMOS</b> .....                     | <b>XXV</b>   |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....                          | <b>1</b>     |
| <b>1.1. Enquadramento</b> .....                     | <b>1</b>     |
| <b>1.2. Objetivos</b> .....                         | <b>3</b>     |
| <b>1.3. Organização da dissertação</b> .....        | <b>4</b>     |
| <b>2. BIM – BUILDING INFORMATION MODELING</b> ..... | <b>7</b>     |
| <b>2.1. Enquadramento histórico</b> .....           | <b>7</b>     |
| <b>2.2. BIM</b> .....                               | <b>7</b>     |
| 2.2.1. O que é o BIM ?.....                         | 7            |
| 2.2.2. Dimensões do BIM .....                       | 8            |
| 2.2.3. Vantagens do BIM .....                       | 9            |
| 2.2.4. Desvantagens do BIM .....                    | 13           |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| 2.2.5.      | Futuro do BIM.....  | 14        |
| <b>2.3.</b> | <b>Interoperabilidade.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>2.4.</b> | <b>IFC – <i>Industry Foundation Classes</i> .....</b>                     | <b>16</b> |
| <b>2.5.</b> | <b>Retorno de Investimento – ROI – “<i>Return on Investment</i>”.....</b> | <b>18</b> |
| 2.5.1.      | ROI 101 .....   | 18        |
| 2.5.2.      | ROI para Investimento BIM.....  | 18        |
| 2.5.3.      | Estudos de “Investment and ROI” .....                                     | 20        |
| 2.5.3.1.    | Investimento em BIM para Infraestruturas .....                            | 20        |
| 2.5.3.2.    | Retorno dos Investimentos em BIM para Infraestruturas.....                | 21        |
| 2.5.3.3.    | Planos futuros para medição do ROI.....                                   | 22        |
| 2.5.3.4.    | Como melhorar o ROI.....  | 23        |
| <b>2.6.</b> | <b>Casos de estudo BIM.....</b>   | <b>24</b> |
| 2.6.1.      | Department of Energy .....  | 24        |
| 2.6.2.      | Virtuak Mock - Ups.....   | 25        |
| 2.6.3.      | Texas A&M Health Science Center .....                                     | 26        |
| 2.6.4.      | University of Colorado – Denver Health Sciences Center .....              | 26        |
| <b>3.</b>   | <b>PROCESSO DE MODELAÇÃO NO TEKLA STRUCTURES.....</b>                     | <b>28</b> |
| <b>3.1.</b> | <b>Introdução.....</b>  | <b>28</b> |
| <b>3.2.</b> | <b>Metodologia adotada.....</b>   | <b>29</b> |
| 3.2.1.      | Instalação do <i>software</i> Tekla Structures .....                      | 29        |
| 3.2.2.      | Fornecimento dos dados e familiarização ao <i>software</i> .....          | 29        |
| 3.2.3.      | Início da modelação das armaduras de betão armado.....                    | 33        |
| 3.2.3.1.    | Análise detalhada dos elementos construtivos a modelar .....              | 35        |

---

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| 3.2.3.2.    | Procedimento da modelação das armaduras de betão armado dos elementos construtivos.....  | 36        |
| <b>4.</b>   | <b>PROCESSO DE EXTRAÇÃO .....</b>  | <b>58</b> |
| <b>4.1.</b> | <b>Extração, análise das quantidades das armaduras de betão armado modeladas.....</b>  | <b>58</b> |
| 4.1.1.      | Procedimento da extração das quantidades das armaduras de betão armado modeladas .....   | 58        |
| 4.1.2.      | Análise e comparação dos dados da extração das quantidades das armaduras de betão armado modeladas com os dados fornecidos ..... | 67        |
| <b>4.2.</b> | <b>Extração e análise dos desenhos obtidos através dos diversos elementos construtivos ...</b>                                   | <b>72</b> |
| 4.2.1.      | Procedimento da extração dos desenhos dos elementos construtivos .....   | 73        |
| <b>5.</b>   | <b>ANÁLISE DE INTEROPERABILIDADE DO MODELO .....</b>   | <b>77</b> |
| <b>5.1.</b> | <b>Interoperabilidade entre Tekla Structures e VICOSoftware.....</b>   | <b>77</b> |
| <b>5.2.</b> | <b>Interoperabilidade entre Tekla Structures e Solibri.....</b>  | <b>78</b> |
| <b>5.3.</b> | <b>Interoperabilidade entre Tekla Structures e ArchiCAD.....</b>   | <b>78</b> |
| <b>5.4.</b> | <b>Interoperabilidade entre Tekla Structures e Tekla BIMsight .....</b>  | <b>79</b> |
| <b>6.</b>   | <b>TRABALHOS DESENVOLVIDOS .....</b>   | <b>80</b> |
| <b>6.1.</b> | <b>Artigo científico publicado em conferência .....</b>  | <b>80</b> |
| <b>6.2.</b> | <b>Palestrante e orador convidado .....</b>  | <b>80</b> |
| <b>6.3.</b> | <b>Exposição de Poster na Semana do DEC da UM .....</b>  | <b>81</b> |
| <b>7.</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS.....</b>   | <b>82</b> |
| <b>7.1.</b> | <b>Considerações Finais.....</b>   | <b>82</b> |
| <b>7.2.</b> | <b>Perspetivas futuras.....</b>  | <b>84</b> |
|             | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>86</b> |
|             | <b>ANEXO.....</b>  | <b>91</b> |

---

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| <b>ANEXO I.....</b>   | <b>93</b>  |
| <b>ANEXO II.....</b>  | <b>101</b> |
| <b>ANEXO III.....</b> | <b>103</b> |
| <b>ANEXO IV.....</b>  | <b>111</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Perda de valor entre as diversas fases do processo construtivo (Autodesk, 2007) ...                      | 2  |
| Figura 2 – Esquemática do ciclo de aplicação dos BIM (SIGABIM, 2011). .....   | 8  |
| Figura 3 – Integração dos BIM no processo construtivo (Monteiro, 2010). .....                                       | 10 |
| Figura 4 – Vantagens da antecipação na tomada de decisões. Curva de MacLeamy (Maunula, 2008). .....                 | 12 |
| Figura 5 – Áreas de maior valor, em projetos de infraestruturas, daqui a 5 anos (MHC's, 2012). .....                | 14 |
| Figura 6 – Interoperabilidade entre <i>Analysis &amp; Design Software</i> e <i>BIM Software</i> (Burt, 2009). ..... | 16 |
| Figura 7 – Várias versões lançadas do modelo IFC (Liebich, 2010). .....   | 17 |
| Figura 8 – Produtividade de projeto durante a implementação do sistema BIM (Autodesk, 2007). .....                  | 19 |
| Figura 9 – Parcelas de investimento BIM em Infraestruturas (MHC's, 2012). .....                                     | 20 |
| Figura 10 – ROI em BIM para Infraestruturas (MHC's, 2012). .....  | 21 |
| Figura 11 – ROI em BIM para Infraestruturas por nível de conhecimento (MHC's, 2012). ...                            | 22 |
| Figura 12 – ROI em BIM para projetos de infraestruturas no futuro (MHC's, 2012). .....                              | 22 |
| Figura 13 – Principais fatores para difundir a aplicação do ROI em BIM para infraestruturas (MHC's, 2012). .....    | 23 |
| Figura 14 – Modelagem da estrutura do edifício (MHC's, 2009). .....   | 24 |
| Figura 15 – Revestimento exterior do St. Joseph Health System (MHC's, 2009). .....                                  | 26 |
| Figura 16 – Modelagem virtual do projeto (MHC's, 2009). .....   | 27 |
| Figura 17 – Modelo do edifício UPTEC (1) ( <i>software</i> BIMsight) .....  | 28 |
| Figura 18 – Modelo do edifício UPTEC (2) ( <i>software</i> BIMsight) .....  | 29 |
| Figura 19 – Planta do Teto Piso -1 do edifício em estudo (dados Mota-Engil) .....                                   | 30 |
| Figura 20 – Pormenores de armaduras de pilares do edifício (dados Mota-Engil) .....                                 | 30 |
| Figura 21 – Representação de um corte de uma sapata do edifício (dados Mota-Engil) .....                            | 31 |
| Figura 22 – Exemplo de caderno de encargos do projeto (dados Mota-Engil) .....                                      | 31 |
| Figura 23 – Exemplo do ficheiro fornecido relativo às quantidades do projeto (1) (dados Mota-Engil) .....           | 32 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 24 – Exemplo do ficheiro fornecido relativo às quantidades do projeto (2) (dados Mota-Engil).....                              | 33 |
| Figura 25 – Planta das fundações dividida por partes (dados Mota-Engil) .....   | 35 |
| Figura 26 – Imagem de arranque do <i>software</i> ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 38 |
| Figura 27 – Janela de “Login” do <i>software</i> ( <i>software</i> Tekla Structures) .....  | 38 |
| Figura 28 – Menu inicial onde é apresentado todas as opções de iniciação do <i>software</i> ( <i>software</i> Tekla Structures) ..... | 39 |
| Figura 29 – Plano de Trabalho do <i>software</i> ( <i>software</i> Tekla Structures) .....  | 39 |
| Figura 30 – Propriedades da grelha ( <i>software</i> Tekla Structures).....   | 40 |
| Figura 31 – Barra de Ferramentas ( <i>software</i> Tekla Structures) .....  | 40 |
| Figura 32 – Ícones referentes à criação de sapatas ( <i>software</i> Tekla Structures).....   | 40 |
| Figura 33 – Ícone referente à criação de sapatas isoladas ( <i>software</i> Tekla Structures).....                                    | 40 |
| Figura 34 – Exemplo de uma sapata isolada ( <i>software</i> Tekla Structures) .....   | 41 |
| Figura 35 – Propriedades da sapata isolada criada (1) ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 41 |
| Figura 36 – Propriedades da sapata isolada criada (2) ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 42 |
| Figura 37 – Ícones referentes à criação elementos construtivos de betão ( <i>software</i> Tekla Structures) .....                     | 42 |
| Figura 38 – Ícone referente à criação de pilares de betão ( <i>software</i> Tekla Structures) .....                                   | 42 |
| Figura 39 – Exemplo de um pilar de betão ( <i>software</i> Tekla Structures) .....  | 43 |
| Figura 40 – Propriedades do pilar de betão criado (1) ( <i>software</i> Tekla Structures) .....                                       | 43 |
| Figura 41 – Propriedades do pilar de betão criado (2) ( <i>software</i> Tekla Structures) .....                                       | 44 |
| Figura 42 – Ícones referentes à modelação das armaduras ( <i>software</i> Tekla Structures) .....                                     | 44 |
| Figura 43 – Exemplos de representação da visualização dos elementos construtivos ( <i>software</i> Tekla Structures).....             | 45 |
| Figura 44 – Representação da “consola de comandos” no canto inferior esquerdo ( <i>software</i> Tekla Structures).....                | 45 |
| Figura 45 – Ícone referente à criação de uma barra de armadura ( <i>software</i> Tekla Structures).....                               | 46 |
| Figura 46 – Pilar selecionado ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 46 |
| Figura 47 – Exemplificação de seleção da forma da barra de armadura ( <i>software</i> Tekla Structures) .....                         | 46 |
| Figura 48 – Representação da barra de armadura criada ( <i>software</i> Tekla Structures) .....                                       | 47 |
| Figura 49 – Propriedades da barra de armadura (1) ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 47 |
| Figura 50 – Representação das classes/cores que se podem atribuir às armaduras (Tekla Structures – User Assistance, 2013) .....       | 48 |

---

|  |    |
|--|----|
| Figura 51 – Propriedades da barra de armadura (2) ( <i>software</i> Tekla Structures).....   | 49 |
| Figura 52 – Representação do recobrimento criado ( <i>software</i> Tekla Structures) .....   | 49 |
| Figura 53 – Ícone referente à criação de um conjunto de barras de armadura ( <i>software</i> Tekla Structures).....                      | 49 |
| Figura 54 – Procedimento para selecionar a escala do reforço ( <i>software</i> Tekla Structures)....                                     | 50 |
| Figura 55 – Representação do conjunto de barras criadas ( <i>software</i> Tekla Structures).....   | 50 |
| Figura 56 – Propriedades da barra de armadura (3) ( <i>software</i> Tekla Structures).....   | 51 |
| Figura 57 – Janela referente à “Base de dados de componentes” ( <i>software</i> Tekla Structures)  | 52 |
| Figura 58 – Representação da escolha da opção “ <i>Retangular column reinforcement</i> ” ( <i>software</i> Tekla Structures).....        | 52 |
| Figura 59 – Representação das armaduras de reforço do pilar ( <i>software</i> Tekla Structures) ....                                     | 53 |
| Figura 60 – Propriedades de reforço do pilar (1) ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 53 |
| Figura 61 – Propriedades de reforço do pilar (2) ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 54 |
| Figura 62 – Propriedades de reforço do pilar (3) ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 54 |
| Figura 63 – Propriedades de reforço do pilar (4) ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 55 |
| Figura 64 – Propriedades de reforço do pilar (5) ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 55 |
| Figura 65 – Propriedades de reforço do pilar (6) ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 56 |
| Figura 66 – Propriedades de reforço do pilar (7) ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 56 |
| Figura 67 – Propriedades de reforço do pilar (8) ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 57 |
| Figura 68 – Propriedades de reforço do pilar (9) ( <i>software</i> Tekla Structures).....  | 57 |
| Figura 69 – Ícone da barra de ferramentas para a criação de Listas ( <i>software</i> Tekla Structures) .....                             | 59 |
| Figura 70 – Opções da lista ( <i>software</i> Tekla Structures) .....  | 59 |
| Figura 71 – Excerto da folha de cálculo referente à lista “ <i>Rebar Quantity Takeoff.xls</i> ” ( <i>software</i> Tekla Structures)..... | 60 |
| Figura 72 – Dados fornecidos referente às quantidades de armadura (dados Mota-Engil).....  | 61 |
| Figura 73 – Aspeto da lista “0_UnivMinho_Armaduras_Resumo.rpt” ( <i>software</i> Tekla Structures).....                                  | 62 |
| Figura 74 – Excerto do código da lista de extração “0_UnivMinho_Armaduras_Resumo.rpt” ( <i>software</i> Tekla Structures) .....          | 62 |
| Figura 75 – Aspeto da atualização da lista “0_UnivMinho_Armaduras_Resumo.rpt” ( <i>software</i> Tekla Structures).....                   | 63 |
| Figura 76 – Excerto da folha de cálculo referente à lista criada ( <i>software</i> Tekla Structures)..                                   | 64 |
| Figura 77 – Aspeto da lista “armaduras_por_fase” ( <i>software</i> Tekla Structures) .....   | 65 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 78 – Janela “Gerenciador de fase” ( <i>software</i> Tekla Structures).....                                  | 66 |
| Figura 79 – Valores da quantidade de armaduras das Sapatas Isoladas .....  | 68 |
| Figura 80 – Valores da quantidade de armaduras das Sapatas Corridas.....   | 68 |
| Figura 81 – Valores da quantidade de armaduras dos Lintéis .....   | 69 |
| Figura 82 – Valores da quantidade de armaduras dos Muros de Suporte.....   | 69 |
| Figura 83 – Valores da quantidade de armaduras dos Reservatórios .....   | 70 |
| Figura 84 – Valores da quantidade de armaduras dos Pilares.....  | 70 |
| Figura 85 – Valores da quantidade de armaduras das Vigas .....   | 71 |
| Figura 86 – Valores da quantidade de armaduras das Paredes da Caixa de Escadas e dos Elevadores.....               | 71 |
| Figura 87 – Valores da quantidade de armaduras das Paredes .....   | 71 |
| Figura 88 – Valores Totais das quantidades de armaduras .....  | 72 |
| Figura 89 – Ícone da barra de ferramentas para a criação de Desenhos ( <i>software</i> Tekla Structures) .....     | 73 |
| Figura 90 – Opções da criação de Desenhos ( <i>software</i> Tekla Structures).....                                 | 73 |
| Figura 91 – Configurações dos desenhos criados através do <i>software</i> ( <i>software</i> Tekla Structures)..... | 74 |
| Figura 92 – Configurações dos desenhos fornecidos (dados Mota-Engil) .....   | 75 |
| Figura 93 – Ícone da barra de ferramentas para acesso à Lista de Desenhos ( <i>software</i> Tekla Structures)..... | 76 |
| Figura 94 – Lista de Desenhos ( <i>software</i> Tekla Structures) .....  | 76 |
| Figura 95 – Exemplos de alguns pilares a modelar .....   | 93 |
| Figura 96 – Vista em planta da sapatas a modelar .....   | 93 |
| Figura 97 – Pormenor de ligação entre pilares .....  | 94 |
| Figura 98 – Pormenor de armadura de um pilar redondo .....   | 94 |
| Figura 99 – Pormenor de armaduras de uma viga .....  | 95 |
| Figura 100 – Pormenor de armaduras da extremidade de uma viga.....   | 95 |
| Figura 101 – Pormenor de armaduras de um muro de suporte (1) .....   | 96 |
| Figura 102 – Pormenor de armaduras de um muro de suporte (2) .....   | 96 |
| Figura 103 – Pormenor de um pilar e uma sapata.....  | 97 |
| Figura 104 – Pormenor de armaduras das escadas (1).....  | 97 |
| Figura 105 – Pormenor de armaduras das escadas (2).....  | 98 |
| Figura 106 – Pormenor de caixa de elevadores e caixa de escadas (1) .....  | 98 |
| Figura 107 – Pormenor de caixa de elevadores e caixa de escadas (2) .....  | 99 |

---

|   |     |
|---|-----|
| Figura 108 – Planta de fundações com a representação dos cortes referentes ao Reservatório e ao Lintéis ..... | 111 |
| Figura 109 – Representação dos cortes LT6-LT6', LT7-LT7' e LT8-LT8' .....                                     | 112 |
| Figura 110 – Representação dos cortes LT6, LT7 e 8.1-8.1 dos desenhos fornecidos .....                        | 113 |
| Figura 111 – Representação do corte R1-R1' e detalhe de Armaduras.....  | 114 |
| Figura 112 – Representação dos cortes Horizontal e B-B dos desenhos fornecidos.....                           | 115 |
| Figura 113 – Planta das fundações com representação de cortes das Sapatas (parte1).....                       | 116 |
| Figura 114 – Planta das fundações com representação de cortes das Sapatas (parte2).....                       | 117 |
| Figura 115 – Representação do corte SC1.....  | 117 |
| Figura 116 – Representação dos cortes SC2-SC2', SC3-SC3' E SC4-SC4' .....                                     | 118 |
| Figura 117 – Representação dos cortes S14-S14' e S13-S13' .....   | 119 |
| Figura 118 – Representação dos cortes S2-S2', S15-S15'. S12-S12',S16.1-S16.1' e S16.2-S16.2'.....             | 120 |
| Figura 119 – Representação dos cortes das Sapatas SC1, SC2 e SC3 dos desenhos fornecidos .....                | 121 |
| Figura 120 – Planta das fundações com representação de cortes dos Muros de Suporte (parte1) .....             | 122 |
| Figura 121 – Planta das fundações com representação de cortes dos Muros de Suporte (parte2) .....             | 123 |
| Figura 122 – Representação dos cortes MS1A-MS1A' e MS1B-MS1B' .....   | 124 |
| Figura 123 – Representação dos cortes MS1C-MS1C' e MS1D-MS1D' .....   | 125 |
| Figura 124 – Representação dos cortes MS1E-MS1E' e MS2A-MS2A' .....   | 126 |
| Figura 125 – Representação dos cortes MS6A-MS6A', M2B-M2B' e MS2C-MS2C' .....                                 | 127 |
| Figura 126 – Representação dos cortes MS6B-MS6B' e MS6C-MS6C' .....   | 128 |
| Figura 127 – Representação dos cortes MS6D-MS6D' e MS6E-MS6E' .....   | 129 |
| Figura 128 – Representação dos cortes MS5B-MS5B', MS5A-MS5A' e P-P' .....                                     | 130 |
| Figura 129 – Representação dos cortes dos Muros de Suporte MS1A e MS1B dos desenhos fornecidos .....          | 131 |
| Figura 130 – Representação do corte vertical A-A' da Caixa de Plataforma Elevatória .....                     | 132 |
| Figura 131 – Representação dos cortes Nível 120.51-120.51', Nível 116.51-116.51' e Nível 104.82-104.82' ..... | 133 |
| Figura 132 – Representação dos cortes Nível 104.82-Nível 104.82' .....  | 134 |
| Figura 133 – Representação dos cortes da Plataforma Elevatória dos desenhos fornecidos .....                  | 134 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 134 – Representação de cortes Nível 100.00-Nível 100.00' e Nível 104.82-Nível 104.82' | 135 |
| Figura 135 – Representação de cortes Nível 108.37-Nível 108.37 e Nível 112.51-Nível 112.51'  | 136 |
| Figura 136 – Representação de cortes 1-1', 2-2' e 3-3'                                       | 137 |
| Figura 137 – Representação de cortes 4-4', 5-5', 6-6' e 7-7'                                 | 138 |
| Figura 138 – Representação de cortes 8-8', 9-9' e 10-10'                                     | 139 |
| Figura 139 – Representação dos cortes 3-3 e 2-2 das Escadas dos desenhos fornecidos          | 140 |
| Figura 140 – Planta das fundações com representação de cortes das Vigas (parte1)             | 141 |
| Figura 141 – Planta das fundações com representação de cortes das Vigas (parte2)             | 142 |
| Figura 142 – Representação de exemplos de cortes das vigas (parte1)                          | 143 |
| Figura 143 – Representação de exemplos de cortes das vigas (parte2)                          | 144 |
| Figura 144 – Representação dos cortes das Vigas dos desenhos fornecidos                      | 145 |
| Figura 145 – Planta das fundações com representação de cortes dos Pilares (parte1)           | 146 |
| Figura 146 – Planta das fundações com representação de cortes dos Pilares (parte2)           | 147 |
| Figura 147 – Representação de exemplos de cortes dos pilares                                 | 148 |
| Figura 148 – Representação dos cortes dos Pilares dos desenhos fornecidos                    | 149 |
| Figura 149 – Representação do corte Pórtico 01-Pórtico 01'                                   | 150 |
| Figura 150 – Representação do corte D-D'   | 150 |
| Figura 151 – Representação do corte 1.3-1.3 das Paredes dos desenhos fornecidos              | 150 |
| Figura 152 – Representação de cortes A-A', B-B' e C-C'                                       | 151 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Resultados da extração das quantidades de armaduras modeladas ..... | 66 |
| Tabela 2 – Comparação entre os dados fornecidos e os dados obtidos.....        | 67 |



## SIGLAS E ACRÓNIMOS

|      |   |
|------|---|
| 2D   | Bidimensional   |
| 3D   | Tridimensional  |
| €    | Euros   |
| %    | Porcentagem   |
| mm   | Milímetros  |
| kg   | Quilograma  |
| ROI  | Retorno do Investimento   |
| A/E  | Arquitetura/Engenharia  |
| AEC  | Arquitetura, Engenharia e Construção  |
| AIA  | <i>The American Institute of Architects</i> (Instituto Americano de Arquitetos) |
| BB   | Betão Branco  |
| BIC  | <i>BIM International Conference</i> (Conferência International BIM)             |
| BIM  | <i>Building Information Modeling</i>  |
| CAD  | <i>Computer-aided Design</i> (Desenho assistido por computador)                 |
| CX   | Caixa de Escadas  |
| DEC  | Departamento de Engenharia Civil  |
| DWG  | <i>AutoCAD Drawing Database</i> (extensão de arquivo)                           |
| ELEV | Elevadores  |
| GT   | Grupo de Trabalho   |

|       |   |
|-------|---|
| IAI   | <i>International Alliance of interoperability</i> (Aliança International para a Interoperabilidade)   |
| IFC   | <i>Industry Foundation Classes</i>  |
| ISO   | <i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para a Padronização) |
| LT    | Lintel  |
| MCRS  | Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis  |
| MIEC  | Mestrado Integrado em Engenharia Civil  |
| MS    | Muro de Suporte   |
| OGC I | Organização e Gestão da Construção I  |
| P     | Pilar   |
| PAR   | Parede  |
| PDF   | <i>Portable Document Format</i> (Formato Portátil de Documento)                                       |
| PTPC  | Plataforma Tecnológica Portuguesa para a Construção   |
| R     | Reservatório  |
| ROI   | Retorno do Investimento   |
| S     | Sapata Individual   |
| SC    | Sapata Contínua   |
| UC    | Unidade Curricular  |
| UM    | Universidade do Minho   |
| UPTEC | Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade do Porto   |
| V     | Viga  |

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Enquadramento

Este estudo desenvolvido em parceria com as empresas Mota-Engil Engenharia e Construção S.A. (Mota-Engil, 2013) e Construsoft, Lda. (Construsoft, 2013), enquadra-se no desenvolvimento da dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Esta temática, cada vez mais, tem vindo a despertar interesse, não só a nível profissional, mas também a nível estudantil, sendo esta tecnologia um potencial de sucesso industrial, promovendo novos hábitos e métodos de trabalho, sempre em prol da melhoria de eficácia, aumento da produtividade e competitividade.

É comumente reconhecido a crescente evolução que a indústria, no âmbito geral, tem experimentado, nestas últimas décadas, como forma de aumentar a competitividade, melhorar o seu desempenho através da atualização das suas práticas, aumentar a satisfação do cliente e, ainda, os seus lucros (Ferreira, 2011). Desta forma, a implementação das tecnologias de informação tem permitido o desenvolvimento de novas metodologias de trabalho em todos os setores da economia, incluindo o setor da construção civil. Ainda assim, constata-se que a indústria da construção é uma das menos eficientes na adoção das tecnologias de informação (Teicholz, 2004).

A indústria da construção comparativamente às indústrias em expansão, por exemplo a indústria automóvel ou aeroespacial, está bastante fragmentada (Ferreira, 2011). O setor da construção civil revela ineficiências importantes no que respeita à transição entre as sucessivas fases do processo construtivo (ver figura 1). Estes graus de fragmentação estrutural, que são evidenciados através dos diversos problemas de interoperabilidade entre os sistemas de informação ao longo de todo o processo construtivo, acarretam custos elevados para todos os intervenientes. Estas ineficiências evidenciam-se de múltiplas maneiras, entre as quais o desperdício de tempo e a acumulação de erros resultantes da introdução repetida de dados por processo manuais, a dificuldade de comunicar/relacionar com os demais intervenientes no processo e a dificuldade de reutilização de toda a informação produzida em projetos antecedentes (Martins, 2009).

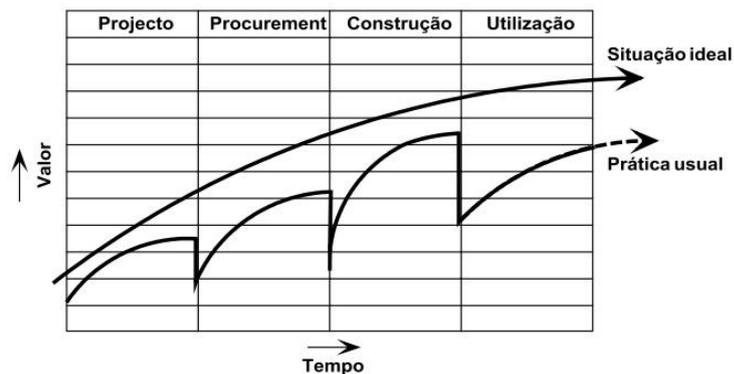


Figura 1 – Perda de valor entre as diversas fases do processo construtivo (Autodesk, 2007)

A construção, como um processo multiorganizacional e multidisciplinar, exige a intervenção de várias especialidades, tornando bastante dependente a partilha e troca de muitos dados complexos e informação. Torna-se, assim, imprescindível a precisão, facilidade, eficácia e rapidez de comunicação e troca de informação e dados entre os membros da equipa (Gudnason, 2000).

É através desta filosofia, ou seja, é através desta necessidade de mudança de paradigma no processo de execução dos projetos das diferentes especialidades, que o *Building Information Modeling* (BIM), atualmente, é reconhecido como um importante desenvolvimento na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Atualmente, a nível nacional, é possível encontrar alguns exemplos práticos de aplicação desta metodologia, embora ainda existem resistências que têm contribuído para uma lenta adoção destes novos procedimentos. Uma das formas de promover esta metodologia é englobar a mesma nos processos educativos e na formação dos engenheiros civis pois, cada vez mais profissionais na área da construção necessitarão de adquirir conhecimentos e competências para relacionar e comunicar através das ferramentas BIM (Lino [et al.], 2012).

Segundo (Sinergia, 2012), “BIM é um processo integrado que armazena e agiliza a troca de informação de projeto, de construção e exploração entre os vários intervenientes do ciclo de construção, criando modelos de elevado potencial para tomadas de decisão, nas diversas fases de preparação, construção e manutenção de um empreendimento. Estes modelos de informação que representam todas as características físicas e funcionais do edifício permitem a visualização, simulação e análise numa fase bastante anterior à existência do edifício, criando uma nova dimensão: a virtual.”

Portanto, como principais vantagens da introdução desta tecnologia nos processos construtivos, pode-se destacar, o aumento da produtividade, a diminuição dos custos e tempos de processo, o melhoramento da gestão e planeamento dos projetos, melhor coordenação e comunicação entre os intervenientes e maior compatibilização entre as diversas especialidades, antevisto de potenciais problemas e/ou oportunidades e maior eficiência energética e sustentabilidade na construção.

## **1.2. Objetivos**

Nestes últimos anos, o conceito BIM tem sido amplamente procurado pelos investigadores, tornando-o num dos principais temas de estudo e desenvolvimento na indústria AEC. A crença no desenvolvimento desta nova metodologia aumenta à medida que os resultados dos estudos vão surgindo. Como se comprova pelos inúmeros estudos e investigações realizadas, as soluções BIM são, agora, a chave da tecnologia da indústria AEC. O número de empresas que estão a desenvolver suplementos (*add-ons*) de forma a aumentar os recursos dos principais aplicativos BIM está a crescer a um ritmo exponencial, suprimindo desta forma as soluções CAD até então apresentadas (Eastman [*et al.*], 2012).

Deste modo, tendo em conta todo o enquadramento anterior, o objetivo principal de desenvolvimento desta dissertação não é reafirmar e desenvolver a noção de BIM, nem abordar e explorar todas as vantagens e toda a potencialidade que as tecnologias BIM oferecem a toda a indústria AEC, pois sobre este ponto de vista já existem demasiados estudos positivos, o que levaria a que esta dissertação convergisse a linhas de investigação já bastante pesquisadas. O objetivo da dissertação passará, então, por compreender e resolver os problemas que estão a impedir uma difusão mais acelerada do BIM, como por exemplo, os problemas de fiabilidade dos modelos e os problemas de interoperabilidade.

Assim sendo, o principal objetivo é fomentar a sensibilização da utilização da tecnologia BIM para melhorias de sucesso no futuro da construção, aumentando a viabilidade e alargando os horizontes, as metas e objetivos da construção civil. Para tal objetivo, contribuirá o uso do *software* Tekla Structures (Tekla Structures, 2013) (ferramenta BIM) na modelação de armaduras de betão armado de um edifício.

### 1.3. Organização da dissertação

A abordagem às diferentes etapas que se encontram desenvolvidas na presente dissertação é feita em 7 capítulos. A descrição sumária relativa a cada uma das partes corresponde ao seguinte:

Neste primeiro capítulo – **Introdução** – é realizado o enquadramento teórico da dissertação, são apresentados os respetivos objetivos e toda a organização da presente dissertação.

No segundo capítulo – “**BIM – Building Information Modeling**” – é realizado o Estado de Arte relativo ao tema. O autor, além de fazer um enquadramento histórico, descreve também a metodologia BIM, apresentando uma síntese dos aspetos mais importantes, e ainda, demonstra alguns casos de estudo.

No terceiro capítulo – **Processo de Modelação no Tekla Structures** – é iniciado o desenvolvimento do caso de estudo através da modelação das armaduras de betão armado do modelo no *software* Tekla Structures. Neste capítulo, o autor apresenta todo o processo necessário para a modelação dos diversos elementos construtivos presentes no modelo do caso de estudo.

No quarto capítulo – **Processo de Extração** – ocorre a extração dos resultados obtidos devido à modelação das armaduras de betão armado dos respetivos elementos estruturais do modelo. Neste capítulo, o autor, realiza a extração das quantidades das armaduras de betão armado modeladas e, ainda, a extração de diversos desenhos, gerados pelo mesmo *software*, referentes aos respetivos elementos estruturais modelados.

No quinto capítulo – **Análise de Interoperabilidade do Modelo** – o autor aborda o processo de interoperabilidade entre *softwares*. Neste capítulo, o autor, faz a análise de interoperabilidade do modelo gerado com diversos *softwares*, tais como, VICOsoftware, Solibri, ArchiCAD e, ainda, Tekla BIMsight.

No sexto capítulo – **Trabalhos Desenvolvidos** – o autor faz referência a todos os trabalhos que foram desenvolvidos em paralelo com o desenrolar da presente dissertação. Esses trabalhos fomentaram e contribuíram para adquirir um conhecimento mais sólido relativamente ao tema em causa.

Por último, no sétimo capítulo – **Considerações Finais e Perspetivas Futuras** – o autor apresenta as conclusões que retira de todo o trabalho desenvolvido e, ainda, as suas perspetivas relativas a futuros desenvolvimentos no domínio da modelação BIM.



## 2. BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

### 2.1. Enquadramento histórico

Desde os finais da década de 70 que o conceito BIM tem sido promovido através das teorias desenvolvidas pelo Professor Charles M. Eastman, sendo ele o impulsionador para a origem do conceito. O BIM, realmente, não é um avanço tecnológico. Os principais fatores para a implementação BIM e para o facto de este conceito ressurgir tão vigorosamente nestes últimos anos é a revolução dos Sistemas de Informação (Yessios, 2004).

“Whatever the case, BIM is an attitude a lot more than it is a technology” (Yessios, 2004).

Em 2002, a Autodesk desenvolveu um *software* 3D para a indústria de desenho mecânico, usando os mesmos conceitos para a introdução de uma versão direcionada à indústria AEC. Esta ferramenta, desenvolvida pelo Arquiteto Phil Berstein, foi projetada exclusivamente para fins de BIM – representação digital dos processos de construção (Agustsson, 2007).

Atualmente, já vários países sentem a necessidade de implementação do BIM, assumindo a metodologia nos seus quadros legislativos, sendo que em alguns deles esta metodologia torna-se obrigatória nos projetos de obras públicas de elevado valor (Eastman [*et al.*], 2010).

### 2.2. BIM

#### 2.2.1. O que é o BIM ?

O acrónimo BIM, do inglês *Building Information Model* ou *Building Information Modeling*, não tem tradução direta para português (Monteiro, 2010).

Segundo uma das definições encontradas (Sinergia, 2012):

*O BIM é um processo integrado que armazena e agiliza a troca de informação de projeto, de construção e exploração entre os vários intervenientes do ciclo de construção, criando modelos de elevado potencial para tomadas de decisão, nas diversas fases de preparação, construção e manutenção de um empreendimento. Estes modelos de informação que representam todas as*

*características físicas e funcionais do edifício permitem a visualização, simulação e análise numa fase bastante anterior à existência do edifício, criando uma nova dimensão: a virtual.*

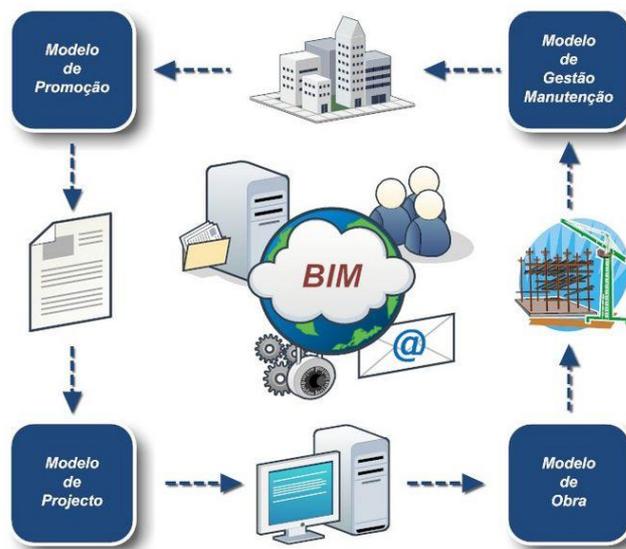


Figura 2 – Esquemática do ciclo de aplicação dos BIM (SIGABIM, 2011).

## 2.2.2. Dimensões do BIM

Segundo (AIA, 2007) já se estuda a possibilidade da integração dos BIM a sete dimensões (7D). Assim sendo, no conjunto das dimensões temos:

- 3D – referente à modelagem espacial;
- 4D-BIM – relativamente ao 3D é adicionado o parâmetro “Tempo”. Esta dimensão permite análises das fases da construção do edifício;
- 5D-BIM – introdução do parâmetro “Custo” ao projeto;
- 6D-BIM – introdução do parâmetro “Aquisição”, melhorando desta forma os processos de aquisição (dimensão prevista para um futuro próximo);
- 7D-BIM – introdução do parâmetro “Operações”, melhorando assim o ciclo de vida operacional (dimensão prevista para um futuro próximo).

A quarta dimensão de um modelo BIM consegue simular a sequência da construção e avaliar as melhores alternativas do projeto. É capaz de retratar o ciclo de vida da construção, permitindo um controle da evolução do edifício ao longo do tempo (SIGABIM, 2011).

No que se refere à quinta dimensão, (VICOSoftwares – 5D BIM, 2013) apresenta as suas potencialidades:

- Fornece o cronograma de custos;
- Mostra, ao proprietário, o que acontece com o orçamento e o cronograma quando é realizada uma alteração no projeto;
- Organiza os dados com custos e preços, taxas de produtividade do trabalho e desempenho de processo;
- Proporciona várias estimativas de custo-alvo, para que o proprietário possa rapidamente perceber as respectivas evoluções.

Atualmente as dimensões mais recentes e mais divulgadas são a escala temporal e os custos, no entanto o potencial BIM permite o estabelecimento de outras dimensões (p.e. 6D e 7D), que mais cedo ou mais tarde serão fortemente divulgadas e usadas para benefício da indústria da construção.

### **2.2.3. Vantagens do BIM**

Segundo John I. Messner, a dura realidade é que o BIM continuará a alterar significativamente o ambiente de negócios da construção e produto manufaturados, sendo que as empresas que não estão dispostas a se adaptarem aos processos BIM deixarão de ser competitivas no “mundo” do mercado, reafirmando que cada vez mais aproxima-se o dia em que haverá custos significativos para os fabricantes de produtos que não produzirem informações BIM para os seus clientes (HM Gov., 2012).

Com uma simples afirmação, Ray O’Rourke KBE descreve uma das principais vantagens do BIM: “O BIM permite uma visão mais holística dos objetivos do cliente.” (HM Gov., 2012) pois o BIM tem a capacidade de produzir um modelo próximo do produto final, imprimindo assim precisão nas ideias e diretivas do Dono de Obra (Monteiro, 2010).

Segundo (Monteiro, 2010) a utilização BIM repercute vantagens em todas as fases do processo construtivo, sendo que essas vantagens não se limitam ao âmbito pessoa, mas antes estende-se a todos os intervenientes na cadeia de valores. Portanto, como se verifica na figura 3, todas as fases de processo construtivo, desde a pré-construção, o projeto, a construção e fabricação e, ainda, a pós-construção, são beneficiadas, embora seja necessário enquadrar essas vantagens da utilização dos BIM para, realmente, justificar a sua utilização.

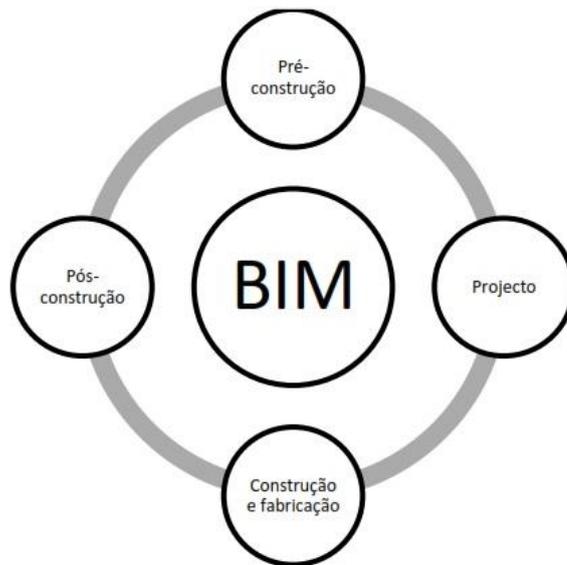


Figura 3 – Integração dos BIM no processo construtivo (Monteiro, 2010).

Na fase da pré-construção, o Dono de Obra é quem mais sentirá esses benefícios pois esta é a fase de viabilidade e planeamento do projeto. Nesta fase, os principais benefícios que a utilização dos BIM permite são:

- Orçamentação precisa e o mais realista possível;
- Levantamento mais preciso dos recursos, levando a uma gestão eficiente de materiais e quantidades;
- Melhor performance e qualidade de obra, aumentando a eficiência dos processos manuais de quantificação dos diversos parâmetros;
- Grande facilidade para introdução de alterações no modelo do edifício, permitindo criar um ambiente de simulação, aumentando a qualidade da obra.

Na fase de projeto os principais benefícios que a utilização dos BIM permite são:

- Facilidade na visualização de todos os esquemas ou desenhos do processo construtivo através da geração automática de desenhos 2D, reduzindo tempo e erros associados aos projetos;
- Melhor comunicação entre os intervenientes do processo, devido à base de dados única e à sua fácil visualização;
- Maior compatibilização entre as diversas especialidades devido à permissão de trabalho simultâneo, reduzindo assim as omissões e erros do projeto;

- Maior adaptabilidade do orçamento devido à possibilidade de ajustes contínuos nos custos de projeto;
- Maior eficiência energética e sustentabilidade na construção devido à interface existente entre os modelos e as ferramentas de análise energética, a partir das fases iniciais do projeto.

Na fase de construção e fabricação os principais benefícios que a utilização dos BIM permite são:

- Melhor sincronização entre projeto e planeamento de tarefas;
- Antevição de potenciais problemas e/ou oportunidades;
- Maior proximidade entre as várias especialidades, melhorando a coordenação das mesmas;
- Rapidez e facilidade de mudanças no projeto;
- Capacidade de importar esquemas pré-fabricados através do modelo.

Na fase de pós-construção os principais benefícios que a utilização dos BIM permite são:

- Melhoria na utilização e manutenção devido à rigorosa informação existente sobre os diversos recursos disponíveis;
- Utilização do modelo como um manual de utilização, reforçando a documentação técnica existente;
- Melhoria promocional, visto ser mais fácil a comunicação com o público-alvo.

Segundo (Maunula, 2008), com a implementação dos BIM, uma das vantagens mais significativas é a antecipação das decisões de projeto e acontecimentos que só seriam detetáveis na fase de construção. Este impacto da antecipação das decisões de projeto é mostrado na figura 4, e pode ser explicado pela análise das curvas 3 e 4.

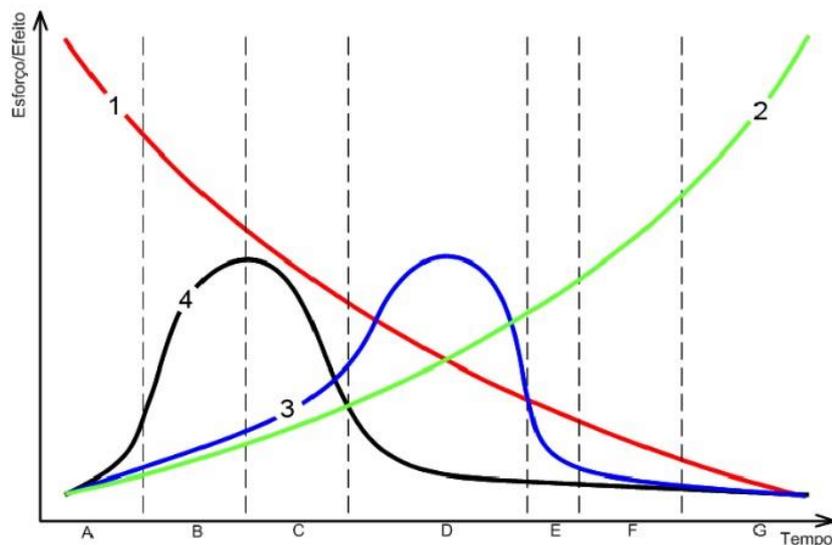


Figura 4 – Vantagens da antecipação na tomada de decisões. Curva de MacLeamy (Maunula, 2008).

Os respetivos significados são:

1. Possibilidade de produzir impacto nos custos e aspetos funcionais do projeto;
  2. Custo de alterações produzidas no projeto;
  3. Processo tradicional;
  4. Processo alternativo.
- A. Promoção;  
B. Estudo prévio;  
C. Projeto;  
D. Projeto de execução;  
E. *Procurement*;  
F. Gestão da construção;  
G. Operação.

Como se pode observar na figura 4, existe um maior esforço na fase de execução associado aos processos tradicionais, estando próxima da zona de maior custo de alterações produzidas no projeto. Enquanto no processo alternativo – aplicação BIM – esse esforço é verificado nas fases de estudo prévio e de projeto, o que contraria positivamente as tendências dos processos tradicionais.

### 2.2.4. Desvantagens do BIM

Devido às suas potencialidades e ao facto de se tratar de uma tecnologia em crescimento, existe uma forte possibilidade de o BIM se tornar a principal tecnologia a utilizar nos processos da indústria da construção. Esta rápida emergência trás consigo certas desvantagens ainda por explorar. Sendo uma tecnologia recente, e tendo em conta o facto de que os profissionais da construção são ainda utilizadores algo inexperientes, e que vão adquirindo experiência consoante a sua utilização, o evoluir da tecnologia centra-se na tentativa erro. É através desta experiência que se vão desenvolvendo “defesas”, ou seja, desenvolve-se a compreensão dos problemas e riscos associados à utilização do BIM.

Portanto, quanto maior for a utilização mais benefícios serão gerados, devido a troca de informações e dados entre os utilizadores e, maior será a experiencia acumulada pelos mesmos. Como resultado, haverá um crescimento eficaz e limpo da tecnologia, sendo aproveitadas todas as vantagens oferecidas.

Segundo (Eastman [*et al.*], 2008), as resistências que se encontram na aplicação dos BIM dividem-se em duas categorias: resistências processuais e resistências tecnológicas.

No que concerne às resistências processuais o autor menciona que os BIM estão numa fase de inovação, portanto, o mercado ainda não se encontra totalmente preparado para a sua correta aceitação; os custos e curva de aprendizagem são demasiado elevados; em alguns projetos já não valerá a pena a introdução dos BIM pois o projeto já se encontra completo e a obra financiada; terá de existir uma disposição “global” para a utilização para o esforço valer a pena; existem ainda demasiadas barreiras legais que exigem custos elevados para as alterar.

Relativamente às resistências tecnológicas o autor refere que ainda existem normas que têm de ser amplamente divulgadas e estabelecidas, e ainda, o projeto integrado (como um todo) não se encontra ainda preparado pois a tecnologia não se encontra preparada para abranger todas as disciplinas do projeto.

A falta de padronização e qualificação daqueles que introduzem informação nos modelos são carências que terão de ser colmatadas com o crescimento da tecnologia. Estes fatores influenciam a competitividade do mercado, fazendo com que as pequenas empresas – que possuem menos recursos para a qualificação de todos os trabalhadores e obtenção dos próprios *softwares* e *hardwares* – deixem de ser competitivas e sejam literalmente “esmagadas” e

ultrapassadas pelas empresas dominadoras e mais influentes, tornando assim o mercado de trabalho muito restrito.

### 2.2.5. Futuro do BIM

Um relatório do McGraw Hill SmartMarket 2012 (MHC's, 2012) aborda os principais benefícios do BIM após cinco anos, ou seja, num futuro próximo. Este relatório analisa a opinião das pessoas que todos os dias lidam com este tema, ou seja, os profissionais da indústria da construção. Na figura 5 podemos verificar os resultados obtidos:

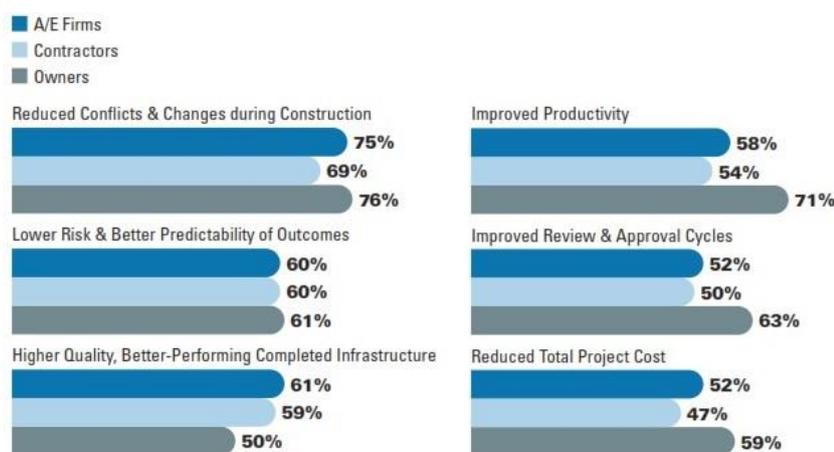


Figura 5 – Áreas de maior valor, em projetos de infraestruturas, daqui a 5 anos (MHC's, 2012).

Analisando os dados do gráfico verifica-se que todos os inquiridos acreditam que um dos maiores benefícios do uso do BIM para infraestruturas será a redução de conflitos e mudanças durante a fase de construção. Esta redução terá um impacto na melhoria da programação do projeto e no aumento da produtividade, reduzindo os riscos de derrapagens orçamentais e atrasos no cronograma.

Uma previsibilidade e riscos mais baixos é outro dos benefícios a considerar num futuro próximo. Para comprovar como esta tecnologia é valiosa em todas as fases do projeto, outro estudo de 2009 (MHC's, 2009) considerava que este também seria um benefício importante (64%) da aplicação da tecnologia em edifícios.

No que concerne à melhoria de produtividade, os proprietários são mais otimistas, com 71%, considerando que este será um benefício altamente valorizado no futuro dos BIM, ultrapassando as perspetivas dos próprios empreiteiros e das empresas AEC. Este fator é pertinente pois

denota-se a preocupação dos proprietários em controlar as várias fases do projeto, nomeadamente, a grande preocupação com os custos do projeto.

A parcela do melhoramento dos ciclos de revisão e aprovação, com 63%, demonstra a consciência que existe no valor da tomada de decisão.

Curiosamente, relativamente fator de maior qualidade imprimida e melhor performance na conclusão das infraestruturas, os proprietários revelaram menor entusiasmo. Isto pode ser explicado devido ao facto de, atualmente, não existir capacidade de alcançar esse resultado mas, essa opinião pode mudar quando for impresso maior potencial na utilização dos BIM.

### **2.3. Interoperabilidade**

No setor da construção, existem muitos processos envolvidos durante a vida útil de um edifício, desde a fase de projeto até à fase de demolição do edifício. Estes processos envolvem especialidades diferentes que trocam informações ao longo de todo o ciclo de vida do edifício. Portanto, a dificuldade de troca de informação, devido à baixa interoperabilidade, surge como um fator limitante à utilização de BIM nos processos construtivos (Andrade, 2009). Neste contexto, a interoperabilidade é, então entendida como, a capacidade dos sistemas comunicarem entre si. Esta identifica a necessidade de passar dados entre aplicações e elimina a reintrodução de dados (Eastman [*et al.*], 2008).

As dificuldades de interoperabilidade tornam-se cada vez mais importantes com o aumento significativo da utilização das tecnologias BIM. Para o aumento do uso das tecnologias BIM é pertinente a correta otimização e eficácia na troca de informações entre as diversas especialidades, sendo a interoperabilidade um fator determinante, caso contrário geram-se custos acrescidos desnecessários a todos os intervenientes. A interoperabilidade imprime rapidez nos processos, minimiza desperdícios e tempo (Ferreira, 2011).

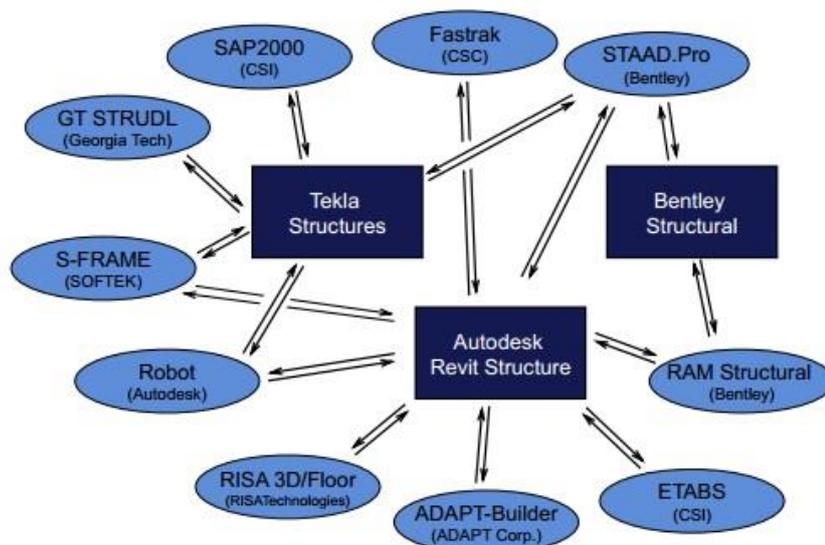


Figura 6 – Interoperabilidade entre Analysis & Design Software e BIM Software (Burt, 2009).

Sem a interoperabilidade de *softwares* verifica-se (AIA, 2009):

- Aumento de gastos materiais, energia, dinheiro e desperdício de tempo;
- Gastos elevados em formação e requalificação profissional dos proprietários e aumento das despesas com o setor da construção;
- Défices na replicação de dados, na verificação de documentos e fluxos de trabalho originando baixa de produtividade;
- Marginalização dos novos *softwares* e ferramentas pelas dominantes empresas de *software* que liberam os seus próprios recursos de interoperabilidade;
- Ineficiente desenvolvimento da análise e simulação de ferramentas e interfaces pertinentes à evolução do setor da construção;
- Falta de concorrência empresarial a nível de *softwares* acessíveis para apoio ao setor da construção;
- Perda de acessibilidade a ficheiros de dados no futuro.

## 2.4. IFC – Industry Foundation Classes

Em 1994, através de uma organização de empresas americanas ligadas à Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), e tendo em conta, uma abordagem, cada vez mais, baseada num modelo de interoperabilidade que impõe disposições de informação uniformizadas em todo o setor da construção surgiu a necessidade de criar um modelo universal, eficaz e especificamente direcionado para a representação de dados do edifício (Ferreira A., 2010).

Neste seguimento, a *International Alliance of Interoperability* (IAI) aperfeiçoou e desenvolveu o conceito através do modelo de dados *Industry Foundation Classes* (IFC) com o intuito de proporcionar essa normalização na permuta de dados. O IFC é um modelo de dados destinado a descrever, trocar e partilhar informações normalmente utilizadas no setor da construção (Ferreira, 2011). É um formato neutro e aberto, que não é controlada por um único fornecedor ou grupo de fornecedores, e ainda, contém especificações padronizadas para o BIM transportando propriedades alfanuméricas, materiais e relações entre objetos além das suas propriedades geométricas (Ferreira A., 2010).

O modelo IFC está certificado pela ISO como ISO/PAS 16739 e em processo de se tornar *International Standard ISO 16739*. O IFC aperfeiçoa a comunicação, a produtividade, o tempo de entrega e a qualidade em todo o ciclo de vida de um edifício. O esquema de dados inclui informação relativa ao longo de todos os processos do ciclo de vida do edifício: desde a conceção à remodelação ou demolição (BuildingSMART, 2013)

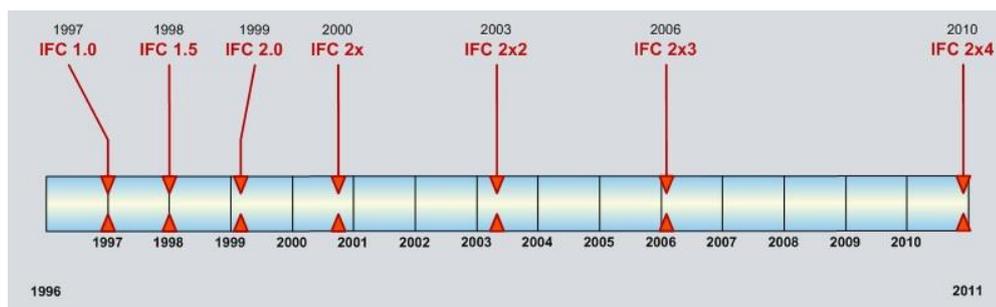


Figura 7 – Várias versões lançadas do modelo IFC (Liebich, 2010).

Como se pode verificar pela figura 7, várias versões foram implementadas desde o surgimento do modelo IFC, tendo como propósito a criação de uma linguagem sólida, estável e que seja suportada pelos diferentes *softwares*. A versão IFC 2×4, também designada por IFC4 é atualmente a versão mais recente.

## 2.5. Retorno de Investimento – ROI – “*Return on Investment*”

Uma das resistências ao investimento ou atualização de um *software*, por parte de uma empresa, a fim de se integrar e ter a capacidade de competir com restante mercado de trabalho, tendo para isso que adaptar novas formas e renovar hábitos de trabalho, é a capacidade de retorno, em lucros, que essa necessidade de mudança estratégica trará para a empresa, ou seja, é a capacidade de Retorno do Investimento (ROI).

(Autodesk, 2007) Devido às capacidades emergentes que o BIM imprime, atualmente, nos processos de construção, o setor da construção, finalmente, começa a reconhecer todas as capacidades que esta tecnologia oferece através da dinamização transversal de todo o processo e da forma como um edifício é projetado e construído. Mas, antes de envergar esta tecnologia, as empresas tendem a efetuar análises ROI como forma de prevenção.

Uma análise do ROI torna-se benéfica pois permite, aos envolvidos, perceberem onde o dinheiro está a ser gasto e quais os resultados esperados.

### 2.5.1. ROI 101

Uma das diversas metodologias de avaliar o investimento é através da análise ROI. Esta compara os ganhos esperados de um investimento em relação dos custos desse mesmo investimento (ver equação 1).

$$\text{Lucros/Custo} = \text{ROI} \quad (1)$$

Esta metodologia é utilizada para avaliar vários tipos de investimentos empresariais, desde os mais simples aos mais sofisticados, portanto, quanto mais complexo for o investimento, mais complicada se torna a fórmula.

### 2.5.2. ROI para Investimento BIM

O comportamento posterior à implementação de um novo sistema está representado na figura 8. Como se pode verificar, existe um decréscimo imediato na produtividade dos utilizadores até estes voltarem a ganhar ritmo de produção, ou seja, existe o tempo de atualização ao sistema adotado. Com o tempo, a produtividade volta aos patamares onde se encontrava o sistema antigo, e os níveis de produção tendem a aumentar ainda mais quando já existe o completo domínio sobre o sistema adotado.

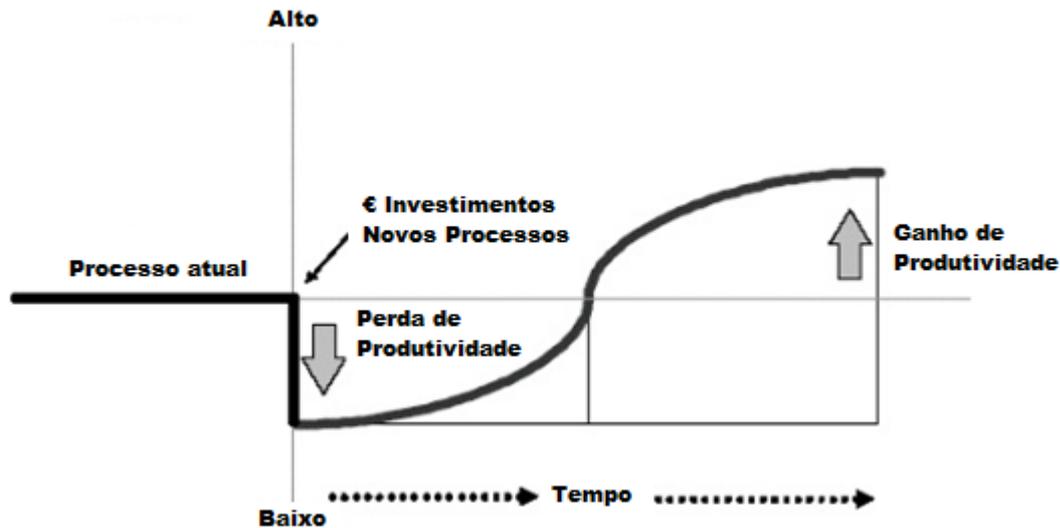


Figura 8 – Produtividade de projeto durante a implementação do sistema BIM (Autodesk, 2007).

A fórmula padrão para calcular o ROI relativo ao primeiro ano é evidenciada pela equação 2. Esta tem em conta apenas algumas variáveis importantes relacionadas com os custos do sistema, adaptação e produtividade global do custo do sistema.

$$\left[ B - \left( \frac{B}{1+E} \right) \right] \times (12 - C) \quad (2)$$

$$\frac{\quad}{(A + (B \times C \times D))} = ROI \text{ do } 1^{\circ} \text{ Ano}$$

Sendo que, as variáveis da fórmula dizem respeito a:

$A = \text{custo do hardware e do software (€)}$

$B = \text{custo mensal do trabalho (€)}$

$C = \text{tempo de adaptação (meses)}$

$D = \text{perda de produtividade durante o tempo de adaptação (\%)}$

$E = \text{ganho de produtividade após o tempo de adaptação (\%)}$

O numerador representa a parcela dos “lucros”, sendo que estes lucros são provenientes do aumento da produtividade humana. O aumento da produtividade média mensal está representado na faixa da esquerda  $\left[ B - \left( \frac{B}{1+E} \right) \right]$ . A parcela  $(12 - C)$  é a subtração do número de meses do ano (12) com o tempo de adaptação (C). Portanto, como exemplo, se o utilizador necessitar de três meses para se adaptar e tornar tão produtivo com o uso do novo sistema como

no antigo sistema, então existe nove meses para o fim do ano para beneficiar de ganhos de produtividade.

O denominador representa a parcela dos “custos”. Esta parcela inclui a soma entre o custo do sistema (A) e o custo da perda de produtividade, em termos de custo de trabalho, para o utilizador se adaptar ao novo sistema. Este último termo corresponde ao produto entre o custo mensal do trabalho (B), os meses relativos ao tempo de adaptação (C) e a perda de produtividade durante o tempo de adaptação (D), ou seja,  $(B \times C \times D)$ . (Entende-se por “tempo de adaptação” o tempo necessário ao utilizador alcançar o mesmo nível de produtividade quando comparado aos níveis de produtividade que exercia com o sistema antigo).

### 2.5.3. Estudos de “Investment and ROI”

#### 2.5.3.1. Investimento em BIM para Infraestruturas

Segundo um relatório do McGraw Hill SmartMarket 2012 (MHC’s, 2012) pode-se verificar, na figura 9, que, comparando os dados das projeções para o ano 2016 e os dados do ano 2011, existe um aumento significativo no investimento de tecnologias BIM.

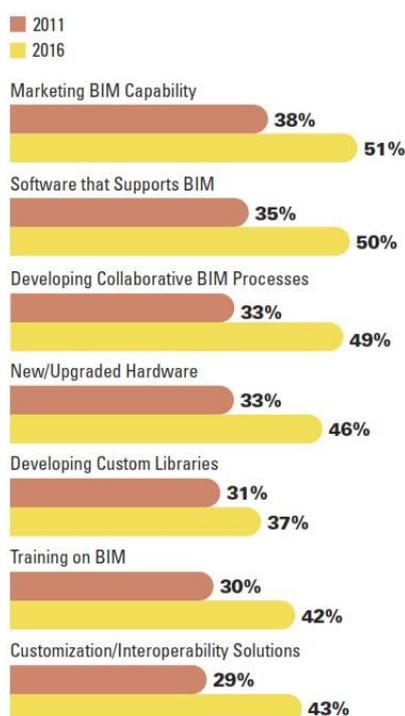


Figura 9 – Parcelas de investimento BIM em Infraestruturas (MHC’s, 2012).

Analisando a figura 9 verifica-se que o maior aumento percentual reflete-se na parcela do “*Developing Collaborative BIM Processes*”. Este aumento demonstra a crescente consciência

de que, enquanto o *hardware* e o software são pré-requisitos, o reforço da inter-relação de processos irá gerar um maior valor.

É, também, notório que, atualmente, um dos principais benefícios de investimento em BIM é a habilidade de comercialização de novas capacidades, demonstrado através da parcela “*Marketing BIM Capability*” que evolui de 38% para 51% em futuro de investimento, segundo a opinião de todos os entrevistados.

Outra parcela com uma previsão de grande investimento futuro é no que respeita ao investimento de *software* em BIM – “*Software that Supports BIM*”.

O terceiro maior investimento é esperado na aquisição e/ou atualização de novo *hardware* para operar com software BIM – “*New or Upgraded Hardware*”.

### 2.5.3.2. Retorno dos Investimentos em BIM para Infraestruturas

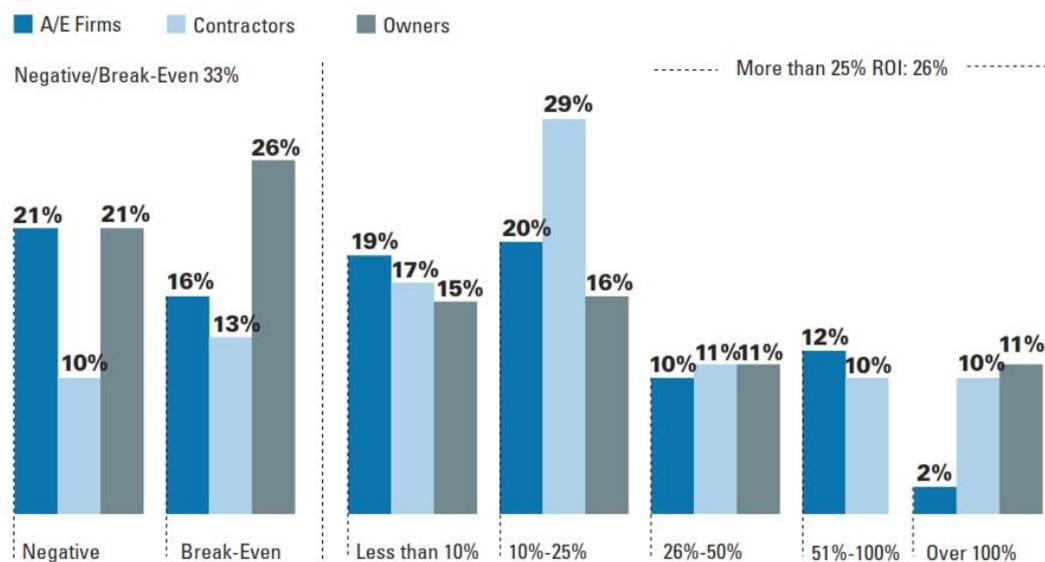


Figura 10 – ROI em BIM para Infraestruturas (MHC’s, 2012).

Na figura 10, os resultados demonstram que a maioria dos entrevistados considera que existe valorização no uso de BIM para as Infraestruturas, sendo que uma percentagem significativa reconhece ganhos significativos nos investimentos efetuados em BIM.

- Um terço dos entrevistados que utilizam BIM para obras de infraestruturas demonstrou um valor de ROI negativo. Quase metade (47%) corresponde à categoria dos proprietários, seguido das empresas de Arquitetura e Engenharia (A/E) com 37%;
- Mais de metade de todos os entrevistados relata valor de ROI igual ou superior a 25%.

Comparando estes resultados com os obtidos no estudo de 2009 (MHC's, 2009) pode-se afirmar que em 2011, 67% relataram um ROI positivo para o uso do BIM em infraestruturas, enquanto em 2009 o valor foi de 63% para o uso de BIM em edifícios.

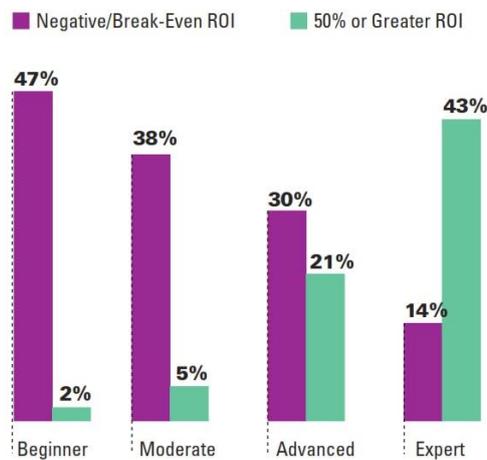


Figura 11 – ROI em BIM para Infraestruturas por nível de conhecimento (MHC's, 2012).

- Quase metade (47%) dos iniciantes em BIM está a experimentar valores de ROI negativo;
- No outro extremo, 43% dos especialistas em BIM afirmam valores de ROI elevados, 50% ou superiores. Apenas 2% dos iniciantes em BIM afirmam valores de ROI a esses níveis.

### 2.5.3.3. Planos futuros para medição do ROI

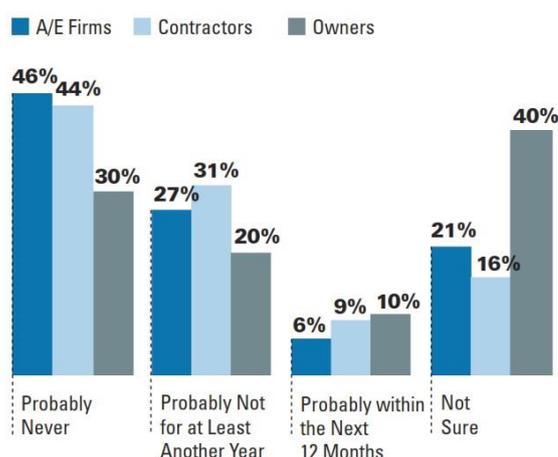


Figura 12 – ROI em BIM para projetos de infraestruturas no futuro (MHC's, 2012).

- No geral, 35% indicam que estão propensos a envolver estudos de ROI no futuro, sendo que 20% não têm a certeza;

- Pouco mais de 7% tenderam a medir o ROI dentro dos próximos 12 meses.

Este baixo nível de compromisso a curto prazo é provavelmente explicado devido à falta de métodos eficazes para o estabelecimento de medições ROI, principalmente entre as empresas AEC, onde a prática não é difundida em condições.

#### 2.5.3.4. Como melhorar o ROI



Figura 13 – Principais fatores para difundir a aplicação do ROI em BIM para infraestruturas (MHC’s, 2012).

Segundo a figura 13, a melhoria dos resultados do processo de projeto – “*Improved Project Process Outcomes*” – representa o fator mais preponderante (66%) para a aplicação do ROI nos projetos. Este fator, muito influenciado pelos problemas de coordenação, é fortemente sentido pelos empreiteiros (71%).

Com um valor muito próximo (63%) está a fator respeitante às melhorias na comunicação – “*Better Multi-Party Communication*”. Este reflete a crença de que o uso da modelagem pode melhorar a troca de informações de uma forma tão eficaz que beneficiará todas as empresas intervenientes.

## 2.6. Casos de estudo BIM

No relatório (MHC's, 2009) são descritos alguns casos de estudo pertinentes para a perceção da importância que a aplicação dos BIM exerce sobre a indústria da construção:

### 2.6.1. Department of Energy

O Departamento da Administração de Energia Nacional de Segurança Nuclear dos EUA fabrica materiais nucleares e altamente explosivos no seu complexo Pantex em Amarillo, Texas.

Tendo em vista um novo projeto no valor de 100 milhões de dólares, com 45 mil metros quadrados e, após a realização de 95% do projeto em CAD, foi pensada a hipótese de utilização dos BIM. Para isso, contrataram profissionais da área BIM e deram-lhes um prazo de quatro meses para converter todos os projetos já realizados em CAD para BIM.

De forma a otimizar ao máximo a coordenação espacial das instalações de todos os sistemas a equipa decidiu modelar tudo, desde os equipamentos, incluindo guindastes, até as próprias condutas de  $\frac{3}{4}$  de polegadas, para demonstrar todo o real funcionamento das instalações. Era possível visualizar todas as interfaces críticas entre a estrutura e os sistemas e equipamentos operacionais.

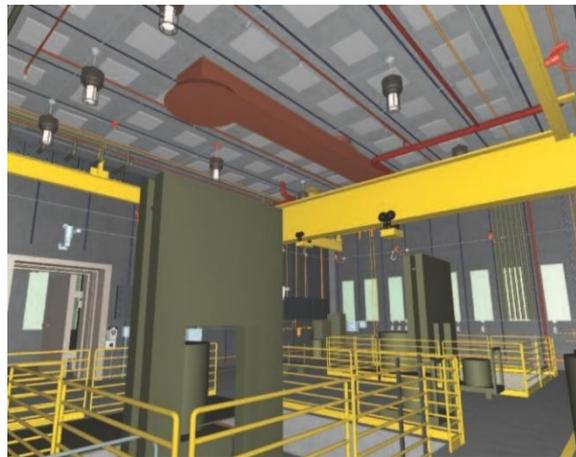


Figura 14 – Modelagem da estrutura do edifício (MHC's, 2009).

A modelagem tornou-se imprecisa e bastante valiosa. Identificou-se milhares de incompatibilidades, mas, mais importante, a modelagem tornou possível a visualização de 500 problemas sérios, sendo que em alguns dos casos era impossível o correto manuseamento dos equipamentos.

Estimativas realizadas calculam que, com a utilização dos BIM, gerou-se uma poupança a rondar os 10 milhões de dólares.

Os diretores do Departamento ficaram rendidos à tecnologia e esperam ainda que consigam explorar maneiras de reduzir o tempo de construção e ainda, planear sessões de aprendizagem aos seus funcionários através da visualização virtual.

### **2.6.2. Virtuak Mock - Ups**

Jim Bostic, vice-presidente de construção no St. Joseph Health System, em Orange, Califórnia, com o conhecimento de que o BIM já havia sido implantado com sucesso em vários projetos recentes decidiu contactar uma empresa para modelar cinco áreas críticas relativas ao projeto de revestimento exterior, de forma a obter um exame mais detalhado e rigoroso.

Nesta fase, os desenhos de maquetes de revestimento exterior já tinham sido produzidos e aprovados, sendo que a fabricação dos modelos já estavam em andamento. Com a modelagem dessas cinco áreas críticas foram detetados problemas críticos que fizeram com que Jim interrompesse todo o processo. Decidiu, então, investir mais 150 mil dólares para planear cada pormenor de toda a envolvente exterior do edifício. Foram precisos três meses de modelagem. Este tempo gasto em modelagem tornou-se eficiente pois contribuiu para a realização de um cronograma de fabricação mais rigoroso e com menos desperdício de tempo.

Em suma, a modelação fez com que 45% dos painéis fossem modificados, resultando numa poupança de aproximadamente 138.7500 dólares. A aplicação do BIM tornou também possível o equilibrado trabalho de equipa entre projetistas e empreiteiros, resolvendo com mais eficácia todos os problemas de projeto.

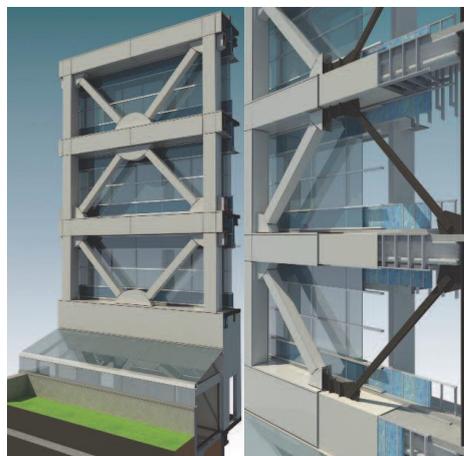


Figura 15 – Revestimento exterior do St. Joseph Health System (MHC's, 2009).

### **2.6.3. Texas A&M Health Science Center**

A empresa Satterfield & Pontikes Construction, sediada em Houston, Texas, vê o BIM como uma aposta certa. Em 2008, a empresa decidiu investir cerca de 250 mil dólares para a modelagem de um projeto que Texas A&M Health Science Center tinha lançado, acabando mesmo por ganhar esse contrato. O projeto era referente à construção de novas instalações num custo estimado em 103,5 milhões de dólares.

John Marshall, vice-presidente de marketing da Satterfield & Pontikes, refere que a empresa viu BIM como uma maneira de reduzir os riscos da sua oferta e dar-lhe vantagem sobre a concorrência. Ao fazer a modelagem do projeto antes da licitação, a empresa teve uma perspetiva sólida das quantidades e custos, permitindo a adoção de um preço de licitação confortável e bem abaixo das estimativas do cliente.

A equipa fez a modelagem do projeto em seis semanas, modelando elementos exteriores e interiores, incluindo paredes exteriores, paredes interiores, pavimentos, fundações, lajes, vigas, pilares, tetos, janelas, portas e todos os outros elementos que resultariam num maior benefício para a estimativa dos custos e tempo. Como tal, a empresa investiu cerca de dez vezes mais em recursos iniciais do que seria de esperar noutro projeto semelhante sem a utilização do BIM mas, Marshall expõe que a empresa ganhou um enorme impulso necessário para relançar a competitividade da empresa.

### **2.6.4. University of Colorado – Denver Health Sciences Center**

Em 2003, a empresa Mortenson Construction de Minneapolis foi selecionada para a construção de um projeto para a Universidade de Colorado, avaliado em 201 milhões de dólares.

O projeto era em tudo semelhante a um outro projeto, denominado daqui em diante por R1, construído por um empreiteiro diferente num local adjacente também em Colorado, pelo que, de certa forma, houve a possibilidade de comparar o desempenho dos dois projetos.

Até à altura, a empresa selecionada fazia modelagem em alguns projetos de menor dimensão, mas nunca tinham obtido desempenhos rígidos. Sendo que, a empresa acreditava que poderia obter benefícios quando aplicado a projetos mais complexos.

A fim de melhor aproveitar os benefícios da tecnologia, Mortenson seguiu uma abordagem integrada, envolvendo toda a equipa do projeto. Em vez de se focarem em questões meramente relacionadas com a coordenação e construção, a equipa decidiu incluir nos processos representantes dos proprietários conseguindo garantir que o projeto seria de fácil manutenção após a sua conclusão.

Os próprios engenheiros estruturais, que nunca tinham trabalhado com uma modelagem única de todo o projeto, foram capazes de analisar e aprovar toda a fabricação, contribuindo para que o aço da estrutura estivesse a ser colocado seis semanas antes do previsto.

Em meados de 2007, a equipa ainda estava a metade da construção e já arrecadava lucros positivos.

No geral, houve uma redução estimada em 37% na coordenação de todos os processos e 32% em pedidos de alteração de processos, comparando com projeto R1.

Até a níveis mecânicos estimou-se uma redução de 50% no trabalho e no cronograma com a utilização do BIM.

Finalizado a construção em junho de 2008, houve ganhos significativos de tempo, sendo concluído dois meses antes do previsto inicialmente e seis meses antes quando comparado com o projeto R1.

Derek Cunz, diretor de desenvolvimento do projeto na Mortenson, sublinha a importância da utilização da tecnologia BIM no setor da construção. Ele afirma que é importante para as empresas a monitorização dos dados de desempenho em BIM para perceberem e compreenderem o seu verdadeiro impacto quer no negócio, quer no próprio funcionamento de toda a equipa de trabalho.



Figura 16 – Modelagem virtual do projeto (MHC's, 2009).

### 3. PROCESSO DE MODELAÇÃO NO TEKLA STRUCTURES

O autor, neste capítulo, pretende dar a conhecer toda a metodologia necessária para proceder à modelação de armaduras de betão armado de um edifício no *software* Tekla Structures. O objetivo é explicar e demonstrar passo a passo todo o processo de modelação das armaduras de betão armado que é realizado através do Tekla Structures, verificando, desta forma, que este é um processo simples e intuitivo e, que se torna numa alternativa aos métodos tradicionais utilizados para o mesmo efeito.

#### 3.1. Introdução

O trabalho desenvolvido nesta fase incide, concretamente, na modelação das armaduras de betão armado de um edifício no *software* Tekla Structures. Para tal, foi necessário a utilização de um modelo BIM já contruído e desenvolvido, onde fosse possível a introdução das armaduras de betão armado nesse mesmo modelo. Assim sendo, em conjunto com as empresas Mota-Engil Engenharia e Construção S.A. e Construsoft, Lda., o modelo do edifício escolhido para proceder à modelação das armaduras de betão armado foi o modelo do edifício UPTEC – Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade do Porto. Este é um edifício situado na cidade do Porto, Portugal.

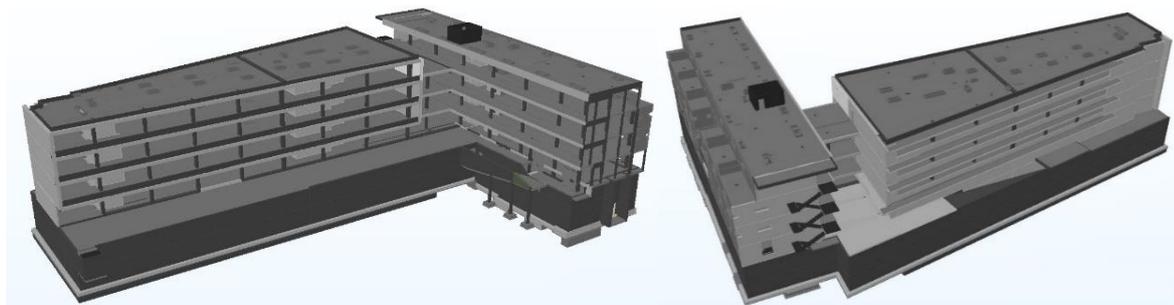


Figura 17 – Modelo do edifício UPTEC (1) (*software* BIMsight)

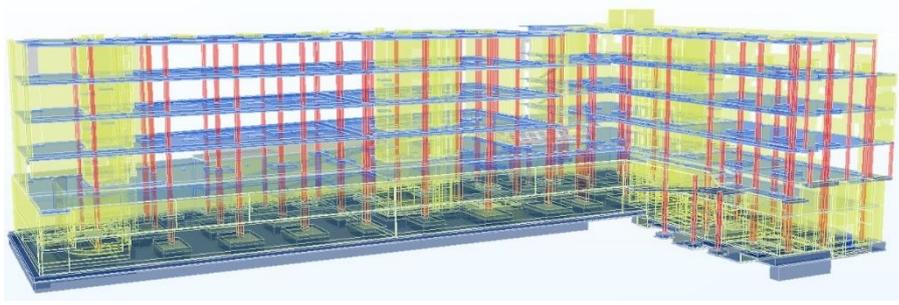


Figura 18 – Modelo do edifício UPTEC (2) (*software* BIMsight)

Este é um edifício com uma volumetria constituída por quatro pisos acima do nível do solo e dois abaixo (duas c/v + r/c + três pisos), destinado a funcionalidades de serviços e empresas de investigação com elevado valor acrescentado tecnológico, sendo que as duas caves destinam-se a estacionamento automóvel residente (Mota-Engil – Áreas de Negócio, 2013).

## 3.2. Metodologia adotada

### 3.2.1. Instalação do *software* Tekla Structures

Com o apoio da empresa Construsoft, o autor procedeu à instalação do *software* Tekla Structures, como o qual executou toda a modelação das armaduras no modelo BIM fornecido pela empresa Mota-Engil.

Inicialmente, visto que até à data não existia nenhuma licença de estudante para utilização deste *software*, foi necessário adquirir uma licença temporária, cedida pela empresa supramencionada, para a instalação da versão mais atual deste *software*. A versão fornecida pela empresa foi a versão 18.1. Contudo, na reta final da elaboração da presente dissertação, foi lançada uma academia *online* por parte da Tekla Structures denominada “Tekla Campus” (Tekla Campus, 2013). Esta academia foi pensada nos engenheiros e estudantes de engenharia, e permite a utilização da versão mais atual do *software*, através do uso de uma licença de estudante. O surgimento desta academia *online* trouxe consigo o acesso livre, enquanto estudante, à versão 19.1 do *software*. Assim sendo, e aproveitando a oportunidade, essa versão foi utilizada pelo autor na reta final de desenvolvimento da sua dissertação.

### 3.2.2. Fornecimento dos dados e familiarização ao *software*

Todos os dados necessários ao progresso do trabalho foram fornecidos pela empresa Mota-Engil. Entre os dados fornecidos destacam-se, o modelo BIM do edifício em estudo, os projetos

das armaduras de betão armado e restantes elementos construtivos (em ficheiros DWG e PDF) e, ainda, os respetivos mapas de medições (em ficheiro EXCEL). Alguns exemplos podem ser verificados através das figuras 19 até 24, inclusive.

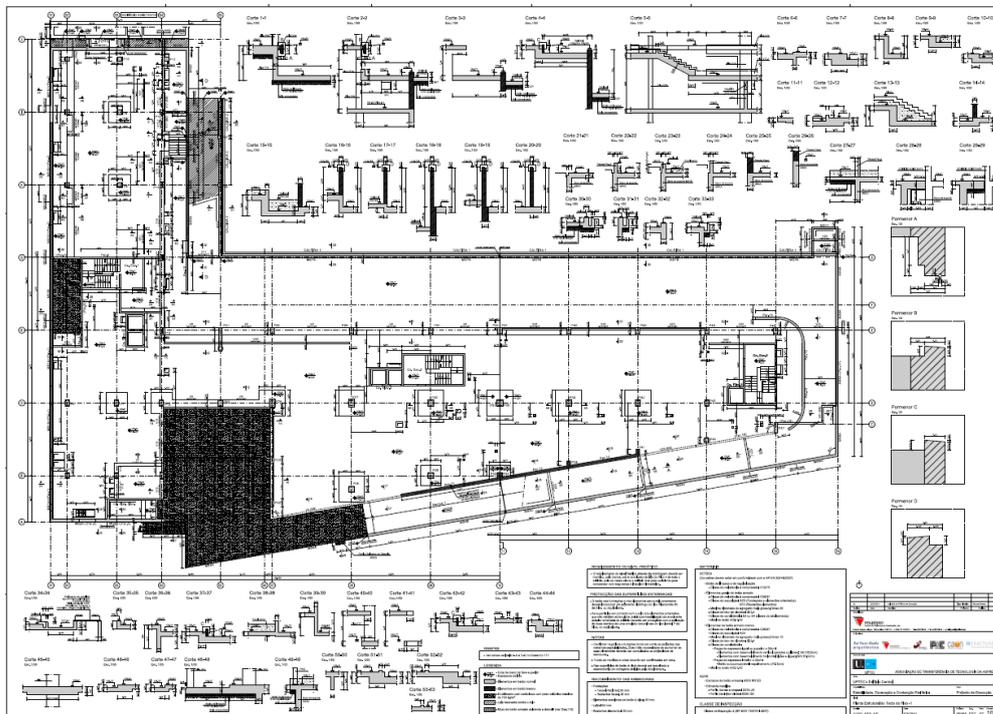


Figura 19 – Plano do Teto Piso -1 do edifício em estudo (dados Mota-Engil)

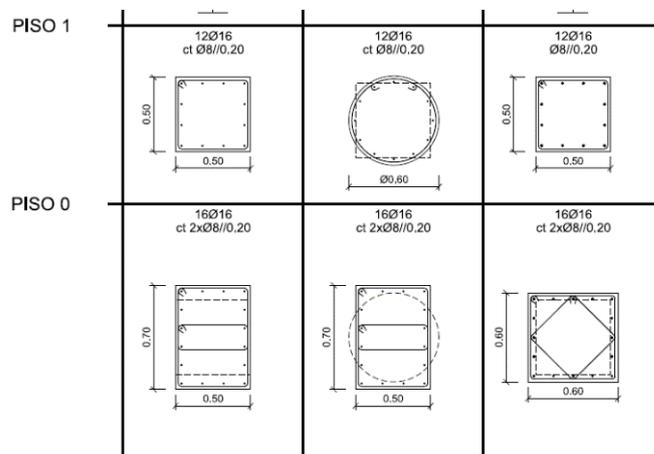


Figura 20 – Pormenores de armaduras de pilares do edifício (dados Mota-Engil)

Corte 7.1-7.1

Esc. 1/25

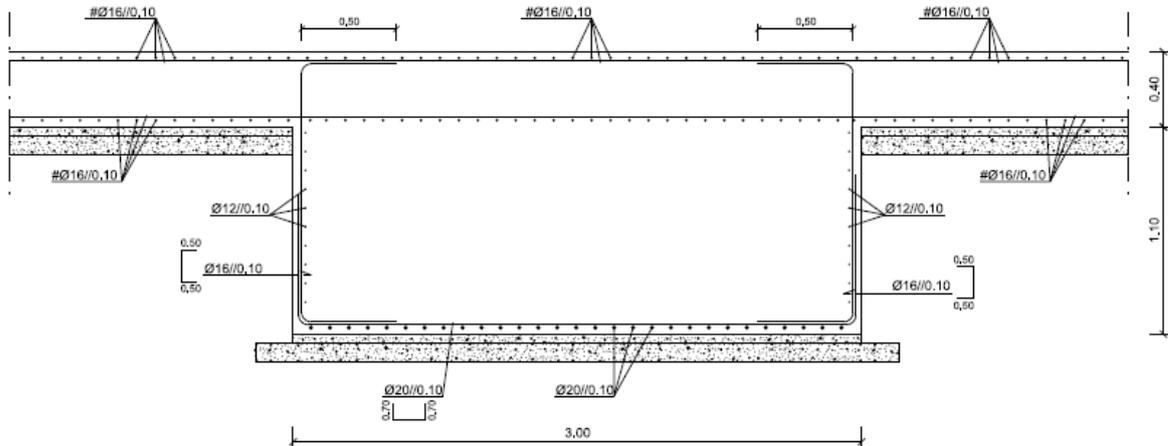


Figura 21 – Representação de um corte de uma sapata do edifício (dados Mota-Engil)

| ref#<br>subtot.   | Cód.<br>Uni. | Item | Descrição | Un | Dimensões  |            |       |       |           | Quantidades |            |          | Observações |       |
|---|--------------|------|-----------|----|------------|------------|-------|-------|-----------|-------------|------------|----------|-------------|-------|
|   |              |      |           |    | (-)/factor | repetições | comp. | larg. | alt./esp. | massa/área  | Parcial    | Subtotal |             | Total |
| <p>PROJECTO: UP Tec -12265</p> <p>Elaboração joao Nogueira</p> <p>Versão 00</p> <p>Código Utilizador</p> <p>Data 6-1-2012</p>   |              |      |           |    |            |            |       |       |           |             |            |          |             |       |
| <p>19. CAPITULO 4 - ESTABILIDADE, ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA</p>  |              |      |           |    |            |            |       |       |           |             |            |          |             |       |
| <p>4.1. MOVIMENTO DE TERRAS</p>   |              |      |           |    |            |            |       |       |           |             |            |          |             |       |
| <p>4.1.1. Escavação geral para implantação do edifício, tendo em conta a Planta de Escavação Geral, em terreno de qualquer natureza, incluindo todos os trabalhos necessários, nomeadamente contenções, entivagens, transporte a depósito no local (para posterior aterro) ou a vazadouro, incluindo os trabalhos de limpeza, desmatação e decapagem.</p> |              |      |           | M3 |            |            |       |       |           |             |            |          | 32.581,97   |       |
| <p>escavação</p>  |              |      |           |    |            |            |       |       |           |             | 32.581,970 |          |             |       |
| <p>Artº 4,3,4,3</p>   |              |      |           |    |            |            |       |       |           | 31.294,700  | 31.294,700 |          |             |       |
| <p>Betão Limpeza base de laje fundo</p>   |              |      |           |    |            |            |       |       |           | 1.029,820   | 1.029,820  |          |             |       |
|   |              |      |           |    |            |            |       |       |           | 257,450     | 257,450    |          |             |       |
| <p>4.1.2. Escavação em abertura de caboucos para implantação das fundações, em terreno de qualquer natureza, incluindo todos os trabalhos necessários, nomeadamente contenções, entivagens, transporte a depósito no local (para posterior aterro) ou a vazadouro e eventual indemnização por depósito.</p>   |              |      |           | M3 |            |            |       |       |           |             |            |          | 2.143,86    |       |
| <p>escavação de caboucos</p>  |              |      |           |    |            |            |       |       |           |             | 2.143,864  |          |             |       |
| <p>Artº4,3,1,1</p>  |              |      |           |    |            |            |       |       |           | 1,080       | 1,080      |          |             |       |
| <p>Artº4,3,1,2</p>  |              |      |           |    |            |            |       |       |           | 45,850      | 45,850     |          |             |       |
| <p>Artº4,3,1,3</p>  |              |      |           |    |            |            |       |       |           | 8,580       | 8,580      |          |             |       |
| <p>Artº4,3,2,1</p>  |              |      |           |    |            |            |       |       |           | 259,710     | 259,710    |          |             |       |
| <p>Artº4,3,2,2</p>  |              |      |           |    |            |            |       |       |           | 136,300     | 136,300    |          |             |       |

Figura 22 – Exemplo de caderno de encargos do projeto (dados Mota-Engil)

|    | A   | B                             | J       | K        | L        | M         | N         | O         | P        | Q  | R    | S                  |
|----|-----|-------------------------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----|------|--------------------|
| 14 | arç | Local                         |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 15 | a²  |                               | 6       | 8        | 10       | 12        | 16        | 20        | 25       | 31 | Obs. |                    |
| 17 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      | Total              |
| 18 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 19 |     | Sapatas Isoladas              |         |          |          | 12.200,0  | 28.566,6  | 30.076,4  | 19.931,1 |    |      | 90.774,11          |
| 20 |     | Sapata Gruas                  |         | 513,3    | 2.237,6  |           |           | 1.359,8   | 8.355,9  |    |      | 12.466,61          |
| 21 |     | Sapatas Corridas              |         |          | 1.615,0  |           | 14.277,2  | 14.913,9  |          |    |      | 30.806,13          |
| 22 |     | Reservatorios                 | 2.902,9 | 4.383,7  | 1.429,5  |           |           |           |          |    |      | 8.716,21           |
| 23 |     | Laje Fundo                    |         |          | 1.566,6  |           | 236.858,3 | 59,3      |          |    |      | 238.486,15         |
| 24 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 25 |     | Linteis                       | 283,1   | 420,5    | 192,9    |           |           | 159,6     |          |    |      | 1.056,09           |
| 26 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 27 |     | Muros de suporte              |         | 413,5    | 772,7    | 52.874,2  | 31.292,2  | 4.549,6   |          |    |      | 89.902,22          |
| 28 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 29 |     | Muros de suporte Betão Branco | 3,5     | 61,3     | 1.953,5  |           |           |           |          |    |      | 2.018,23           |
| 30 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 31 |     | Arranque Pilares              |         | 246,4    |          |           | 1.050,7   | 2.772,6   | 5.352,7  |    |      | 9.422,33           |
| 32 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 33 |     | lajes                         | 2,5     | 8.592,5  | 20.214,2 | 303.890,3 | 125.527,6 | 53.009,7  | 238,7    |    |      | 511.475,49         |
| 34 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 35 |     | paredes cx                    |         | 14.224,2 | 305,0    | 16.468,3  | 22.964,2  | 4.081,9   |          |    |      | 58.043,61          |
| 36 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 37 |     | paredes                       |         | 626,4    | 14.422,3 | 17.599,4  | 9.940,1   | 4.308,6   | 242,6    |    |      | 47.139,36          |
| 38 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 39 |     | paredes Betão branco          | 104,6   | 358,4    | 11.520,8 | 21.190,8  | 5.359,5   | 177,8     |          |    |      | 38.607,40          |
| 40 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 41 |     | Pilares                       |         | 9.261,8  | 89,0     | 165,4     | 18.009,2  | 11.326,3  | 18.814,7 |    |      | 57.666,37          |
| 42 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 43 |     | Pilares betão Branco          |         | 513,9    |          |           | 1.660,8   | 1.033,7   |          |    |      | 3.208,42           |
| 44 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 45 |     | Vigas                         | 61,3    | 4.328,3  | 5.725,0  | 2.767,7   | 3.539,9   | 5.399,3   | 1.175,4  |    |      | 22.996,82          |
| 46 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 47 |     | Vigas Betão Branco            | 2.022,8 | 3.104,5  | 2.458,6  | 7.380,1   | 821,7     | 33,3      |          |    |      | 15.821,19          |
| 48 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 49 |     | platibandas                   |         |          | 707,1    | 707,1     |           |           |          |    |      | 1.414,16           |
| 50 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 51 |     | Escadas                       |         |          | 1.360,7  | 4.082,0   | 1.360,7   |           |          |    |      | 6.803,40           |
| 52 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 53 |     | rampas                        |         |          |          | 2.886,3   | 5.772,6   | 962,1     |          |    |      | 9.621,04           |
| 54 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 55 |     | Pregos da Conteção            |         |          |          |           |           |           | 2.440,2  |    |      | 2.440,20           |
| 56 |     | Suporte de talude             |         |          |          |           |           |           | 242,6    |    |      |                    |
| 57 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 59 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      | %Empal. e Desperd. |
| 61 |     | TOTAIS (kg)                   | 2.194,7 | 44.917,4 | 62.892,8 | 451.208,8 | 507.001,4 | 134.224,0 | 56.793,7 |    |      |                    |
| 62 |     |                               | 0,17%   | 3,57%    | 4,99%    | 35,83%    | 40,26%    | 10,66%    | 4,51%    |    |      | 1.256.445,33       |
| 63 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |
| 64 |     | Aço Para Betão Branco         | 2.130,9 | 4.038,2  | 13.979,4 | 30.524,4  | 7.842,1   | 1.244,9   |          |    |      | 59.759,80          |
| 65 |     |                               |         |          |          |           |           |           |          |    |      |                    |

Figura 23 – Exemplo do ficheiro fornecido relativo às quantidades do projeto (1) (dados Mota-Engil)

| varço           | Local    | Nº de partes | Geosat. elementar | Comp. (m) | Geosat. Total | 6  | 8    | 10 | 12 | 16 | 20    | 25 | 32 | Obs.        |
|-----------------|----------|--------------|-------------------|-----------|---------------|----|------|----|----|----|-------|----|----|-------------|
| Fund ao Piso -1 |          |              |                   |           |               |    |      |    |    |    |       |    |    | 16.363,5 kg |
| <b>P1</b>       |          |              |                   |           |               |    |      |    |    |    |       |    |    |             |
| 1               |          |              | 16                | 16        | 3,46          | 16 |      |    |    |    | 87,5  |    |    |             |
| 1               | emp      |              | 16                | 16        | 0,96          | 16 |      |    |    |    | 24,3  |    |    |             |
| 2               | estribos | 22           | 2                 | 8         | 1,44          | 44 | 25,0 |    |    |    |       |    |    |             |
| <b>P2</b>       |          |              |                   |           |               |    |      |    |    |    |       |    |    |             |
| 1               |          |              | 16                | 16        | 3,46          | 16 |      |    |    |    | 87,5  |    |    |             |
| 1               | emp      |              | 16                | 16        | 0,96          | 16 |      |    |    |    | 24,3  |    |    |             |
| 2               | estribos | 22           | 2                 | 8         | 1,44          | 44 | 25,0 |    |    |    |       |    |    |             |
| <b>P3</b>       |          |              |                   |           |               |    |      |    |    |    |       |    |    |             |
| 1               |          |              | 16                | 20        | 5,01          | 16 |      |    |    |    | 198,0 |    |    |             |
| 1               | emp      |              | 16                | 20        | 1,20          | 16 |      |    |    |    | 47,4  |    |    |             |
| 2               | estribos | 31           | 1                 | 8         | 2,36          | 31 | 28,9 |    |    |    |       |    |    |             |
| 2               | estribos | 31           | 1                 | 8         | 1,80          | 31 | 22,0 |    |    |    |       |    |    |             |
| <b>P4</b>       |          |              |                   |           |               |    |      |    |    |    |       |    |    |             |
| 1               |          |              | 16                | 20        | 4,81          | 16 |      |    |    |    | 190,1 |    |    |             |
| 1               | emp      |              | 16                | 20        | 1,20          | 16 |      |    |    |    | 47,4  |    |    |             |
| 2               | estribos | 30           | 1                 | 8         | 2,36          | 30 | 28,0 |    |    |    |       |    |    |             |
| 2               | estribos | 30           | 1                 | 8         | 1,80          | 30 | 21,3 |    |    |    |       |    |    |             |
| <b>P5</b>       |          |              |                   |           |               |    |      |    |    |    |       |    |    |             |
| 1               |          |              | 14                | 20        | 4,51          | 14 |      |    |    |    | 156,0 |    |    |             |
| 1               | emp      |              | 14                | 20        | 1,20          | 14 |      |    |    |    | 41,5  |    |    |             |
| 2               | estribos | 28           | 1                 | 8         | 1,96          | 28 | 21,7 |    |    |    |       |    |    |             |
| 2               | estribos | 28           | 1                 | 8         | 0,44          | 28 | 4,9  |    |    |    |       |    |    |             |
| <b>P6</b>       |          |              |                   |           |               |    |      |    |    |    |       |    |    |             |
| 1               |          |              | 16                | 16        | 3,46          | 16 |      |    |    |    | 87,5  |    |    |             |
| 1               | emp      |              | 16                | 16        | 0,96          | 16 |      |    |    |    | 24,3  |    |    |             |
| 2               | estribos | 22           | 2                 | 8         | 1,88          | 44 | 32,7 |    |    |    |       |    |    |             |
| <b>P7</b>       |          |              |                   |           |               |    |      |    |    |    |       |    |    |             |
| 1               |          |              | 16                | 20        | 3,46          | 16 |      |    |    |    | 136,7 |    |    |             |
| 1               | emp      |              | 16                | 20        | 1,20          | 16 |      |    |    |    | 47,4  |    |    |             |
| 2               | estribos | 30           | 2                 | 8         | 1,88          | 60 | 44,6 |    |    |    |       |    |    |             |
| <b>P8</b>       |          |              |                   |           |               |    |      |    |    |    |       |    |    |             |

Figura 24 – Exemplo do ficheiro fornecido relativo às quantidades do projeto (2) (dados Mota-Engil)

Uma vez na posse do *software*, o autor iniciou a fase de adaptação ao mesmo, ou seja, a autoaprendizagem. Esta fase, tão importante como as restantes, tornou-se premente para o adequado progresso do trabalho a desenvolver, pois era necessário adquirir competências transversais base que facilitassem o manuseamento do *software* nas suas diversas componentes. De forma a acelerar este período de aprendizagem, a empresa Construsoft contribui, não só nesta fase mas também durante todo o processo, com orientações pertinentes e, ainda, com o fornecimento de material didático (por exemplo: vídeos, tutoriais e manuais de utilização).

### 3.2.3. Início da modelação das armaduras de betão armado

Concluída a fase de familiarização e adaptação ao *software* e, após a análise criteriosa do modelo BIM referente ao edifício em estudo, o autor deu início à modelação das armaduras de betão armado do edifício. Tendo sido esta uma fase complexa e bastante crucial tornou-se pertinente o acompanhamento das empresas em todo o desenrolar do processo. Este

acompanhamento foi realizado através de reuniões/sessões periódicas efetuadas entre o autor, os respetivos orientadores e as empresas supramencionadas.

Num primeira reunião efetuada entre os elementos acima referidos, ficou acordado que, tendo em conta as dimensões do edifício modelo, apenas seria necessário a modelação de metade do edifício, desde que, na parte escolhida do edifício ficasse evidenciado a modelação das armaduras de todos os pormenores tipo, tais como, modelação de armaduras das sapatas, pilares, vigas, paredes, escadas e caixa de elevadores.

Uma vez que, segundo o mapa de medições fornecido, o edifício já se encontrava dividido por partes e que as quantidades fornecidas eram referentes a cada elemento construtivo individual, facilmente se chegou a um consenso quanto à parte do edifício que ficaria afeto à modelação das armaduras de betão armado. Como se pode verificar pela figura 25, a parte do edifício afeta à modelação das armaduras de betão armado é a zona 2, especificamente, as zonas 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4.

Escolhida a parte do edifício afeto à modelação, o autor avançou para a fase de modelação das armaduras de betão armado.

O autor, mais à frente, demonstra, passo a passo, todo o procedimento necessário e os diversos modos para modelar armaduras em elementos construtivos de betão, sendo que, o exemplo utilizado é a modelação das armaduras de um pilar de betão. Contudo, além de demonstrar todos os procedimentos necessários à modelação das armaduras, o autor, demonstra, mais uma vez, passo a passo, todo o procedimento necessário até iniciar a respetiva modelação das armaduras, ou seja, todos os procedimentos que antevêm esta fase. Explica todo o processo existente, desde a abertura do *software*, passando pela criação de elementos básicos de betão, como uma sapata e um pilar, até à modelação das armaduras.

Uma vez que, apenas se pretende a modelação das armaduras de betão armado, todo o modelo do edifício, com os respetivos elementos construtivos, foi fornecido (já referido anteriormente), não sendo preciso, o autor, proceder à criação dos mesmos. No entanto, mesmo sabendo que a criação de elementos construtivos de betão não faz parte do desenvolvimento desta dissertação, o autor achou pertinente e resolveu apresentar um breve procedimento com descrições sucintas de como proceder para a criação de elementos construtivos de betão. No fundo, o autor pretende eliminar ao máximo as resistências que o *software* oferece, de início, ao leitor, permitindo que

este adquira algumas competências bases sobre as funcionalidades que antecedem a respetiva modelação das armaduras.

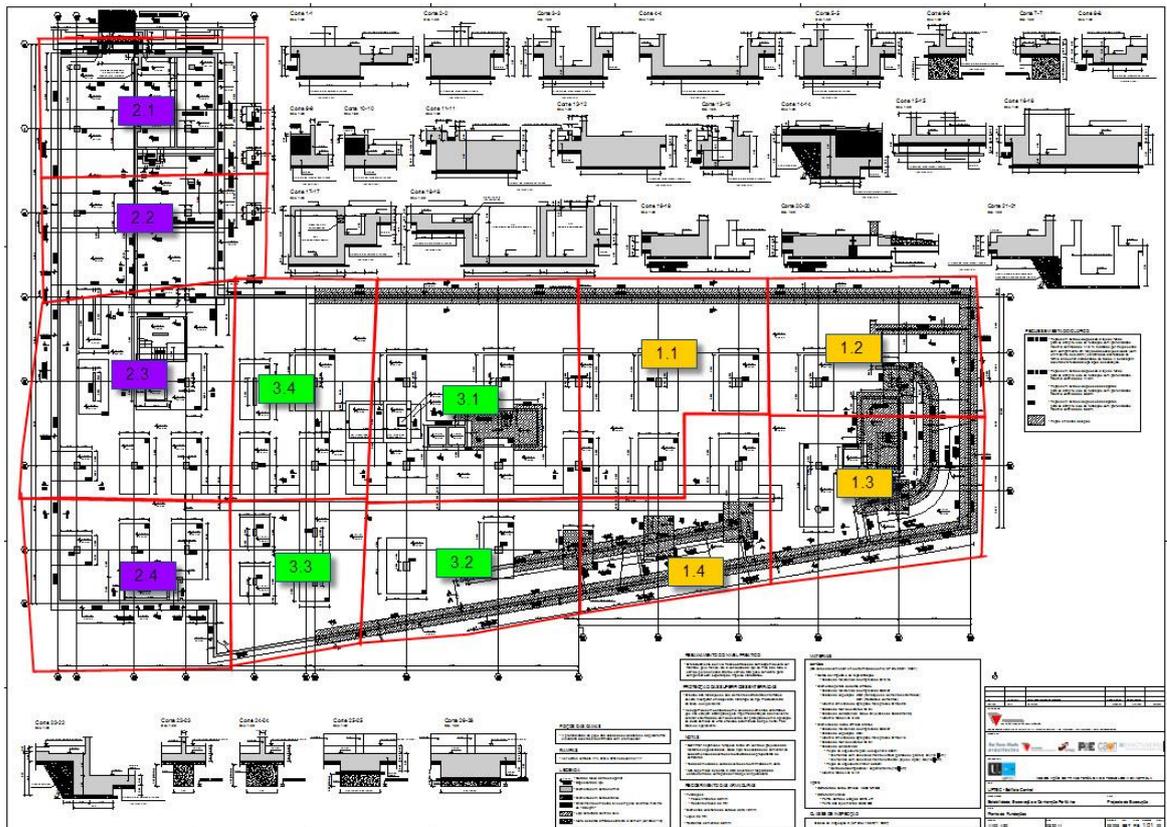


Figura 25 – Planta das fundações dividida por partes (dados Mota-Engil)

### 3.2.3.1. Análise detalhada dos elementos construtivos a modelar

O autor, após a análise de todos os projetos de armaduras de betão armado, conclui que os conjuntos de elementos construtivos afetos à modelação das armaduras são: pilares, sapatas, vigas, muros de suporte, lintéis, reservatórios, caixa de elevadores, caixa de escadas, caixa plataforma elevatória e paredes. De seguida, o autor apresenta uma breve análise sobre cada um dos conjuntos de elementos construtivos mencionados.

Relativamente ao conjunto de pilares (P), serão, no total, 28 os pilares a serem modelados, do P1 ao P17 e do P49 ao P59, inclusive.

No que concerne às sapatas, existem dois tipos de sapatas que serão modeladas no edifício: (1) sapatas isoladas e (2) sapatas contínuas, cujas abreviaturas são S e SC, respetivamente. No total, serão 4 e 12, as sapatas contínuas e isoladas, respetivamente, que o autor irá modelar. Então, os conjuntos de tipos de sapatas são: S2, S12, S13, S14, S15, S16, SC1, SC2, SC3 e SC4.

Quanto às vigas (V), serão 18 tipos de vigas a serem modeladas: V5, V12, V13, V14, V16, V17(BB), V24.1/2, V31(BB), V36, V40, V41, V42, V43(BB), V44(BB), VE1, VE2, VE4 e VE5.

No que respeita aos muros de suporte (MS), serão 16 tipos de MS a serem modelados: MS1A, MS1B, MS1C, MS1D, MS1E, MS2A, MS2B, MS2C, MS5A, MS5B, MS5F, MS6A, MS6B, MS6C, MS6D e MS6E.

No que se refere aos lintéis (LT), apenas 3 lintéis serão modelados: LT6, LT7 e LT8.

Relativamente aos reservatórios (R), o autor decidiu apenas modelar o R1.

A caixa de elevadores 1, a caixa de escadas 1 e a caixa de plataforma elevatória, por serem elementos que compõem a zona 2 do edifício, também serão modelados.

Por último, no que concerne aos elementos construtivos denominados de paredes (PAR), serão 3 as paredes que serão modeladas e servirão para o estudo. São elas, portanto, a PAR.1, a PAR.2 e a PAR.5.

### **3.2.3.2. Procedimento da modelação das armaduras de betão armado dos elementos construtivos**

Aqui, o autor apresentará, passo a passo, todos os procedimentos que teve de efetuar para proceder à modelação das armaduras de betão armado: desde o início, começando pelos primeiros passos de interação com o *software*; passando pela explicação de como criar elementos construtivos – embora não fosse preciso modelar qualquer elemento construtivo, pois o modelo fornecido já continha todos os elementos construtivos modelados, era necessário perceber como, realmente, se procede à criação dos mesmos para, de forma clara, seguir para os processos de modelação das armaduras nos respetivos elementos construtivos. Então, de seguida, segue todo o procedimento efetuado.

#### **Como proceder à modelação das armaduras de betão armado de um elemento construtivo:**

Existem dois modos para proceder à modelação de armaduras de betão armado através do *software* Tekla Structures. Os modos são, de seguida, apresentados e devidamente exemplificados:

- Modelação das armaduras de betão armado de um elemento construtivo através do método manual.
- Modelação das armaduras de betão armado de um elemento construtivo através da biblioteca de catálogos dos componentes que o *software* fornece. São catálogos com variadíssimos exemplos de elementos construtivos que já contêm armaduras de betão armado, ou seja, são modelos pré-definidos que podem, ou não, ser aplicados ao elemento construtivo afeto à modelação das armaduras.

Atenção que para qualquer um dos modos de modelação das armaduras de betão armado, pressupõe-se que exista de antemão um elemento construtivo a modelar, como por exemplo, um pilar, uma viga, uma sapata, uma parede, etc.

De seguida irá ser demonstrado, passo a passo, como se procede à modelação das armaduras de betão armado tendo em conta os dois modos, anteriormente referidos, do processo. Para isso, primeiramente, é necessário ter um exemplo de modelo construtivo que servirá de base à modelação das armaduras de betão armado. O exemplo a criar, que servirá de base à modelação das armaduras de betão armado, será um exemplo simples, contendo apenas dois elementos construtivos, uma sapata e um pilar que surgirá no centro da sapata.

### **Índice de procedimento:**

1. Abertura do *software* Tekla Structures;
2. Procedimento de criação de uma sapata;
3. Procedimento de criação de um pilar de betão;
4. Modelação das armaduras de betão armado de um pilar através do método manual;
5. Modelação das armaduras de betão armado de um pilar através da biblioteca do *software*.

### **Procedimento:**

#### **1. Abertura do *software* Tekla Structures**

Processo de iniciação do *software*:

Ao abrir o software, aquando o arranque, aparece uma imagem (ver figura 26) que descreve a versão do *software* em causa.



Figura 26 – Imagem de arranque do *software* (*software* Tekla Structures)

De seguida aparece a caixa de “Login” do *software*. Nesta fase, o *software* já reconheceu a licença do mesmo e apresenta na caixa do “Login” a configuração do Tekla Structures, neste caso, versão educacional, como se comprova pela figura 27.



Figura 27 – Janela de “Login” do *software* (*software* Tekla Structures)

Após selecionado o botão “OK”, aparece um menu onde são apresentadas todas as funcionalidades que se pode obter do *software*, como se demonstra na figura 28.

Como o objetivo é a criação de um modelo construtivo, seleciona-se a opção: “Novo modelo”.

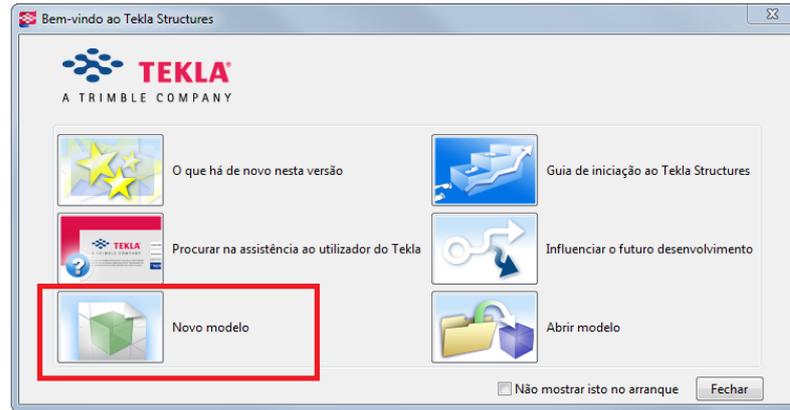


Figura 28 – Menu inicial onde é apresentado todas as opções de iniciação do *software* (*software* Tekla Structures)

Após seleccionada a opção pretendida, automaticamente é aberto o plano de trabalho que permite a criação do modelo construtivo desejado, como se pode constatar pela figura 29.

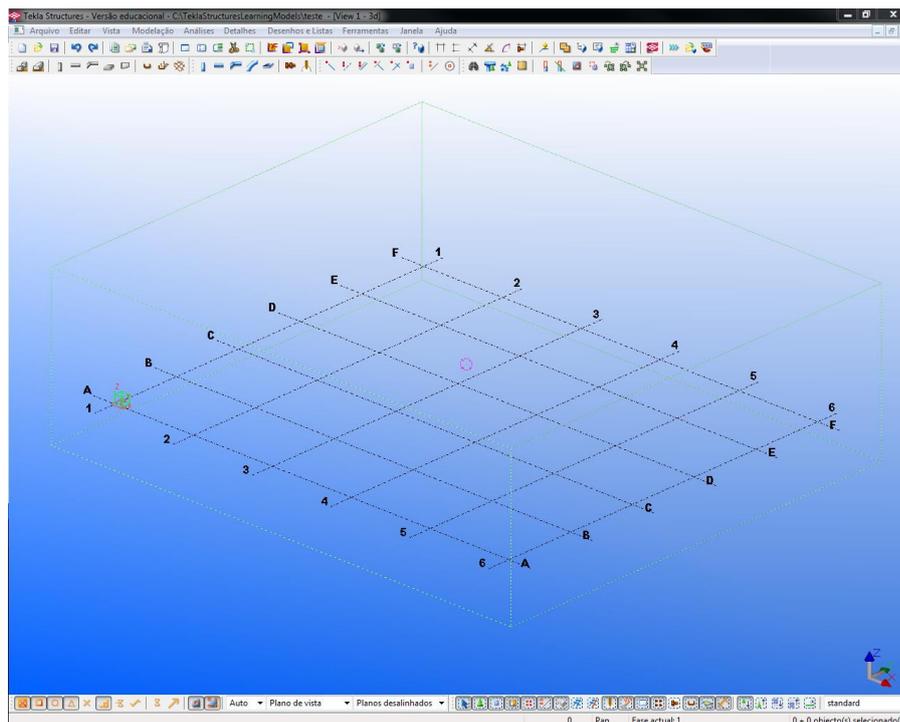


Figura 29 – Plano de Trabalho do *software* (*software* Tekla Structures)

Automaticamente, e por defeito, ao abrir um novo modelo aparece sempre a grelha de construção. A grelha apresentada encontra-se numerada de 1 a 6, segundo o eixo X, e de A a F, segundo o eixo Y. A característica da grelha é apresentada na figura 30.

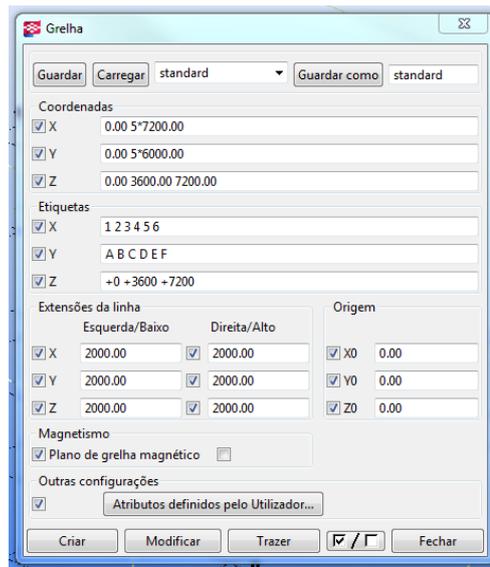


Figura 30 – Propriedades da grelha (*software* Tekla Structures)

Todo o trabalho a ser desenvolvido será efetuado através das opções existentes na barra de ferramentas, apresentada na figura 31:



Figura 31 – Barra de Ferramentas (*software* Tekla Structures)

## 2. Procedimento de criação de uma sapata

Os ícones da barra de ferramentas que permitem a criação de sapatas são apenas dois, o primeiro direcionado para sapatas isoladas e o segundo para sapatas contínuas (ver figura 32).



Figura 32 – Ícones referentes à criação de sapatas (*software* Tekla Structures)

Então os passos para a criação de um pilar de betão são:

- Selecionar o ícone da criação de sapatas isoladas (ver figura 33):



Figura 33 – Ícone referente à criação de sapatas isoladas (*software* Tekla Structures)

- Selecionar o local em que a sapata deve ser colocada e surge por defeito uma sapata representada (ver figura 34):

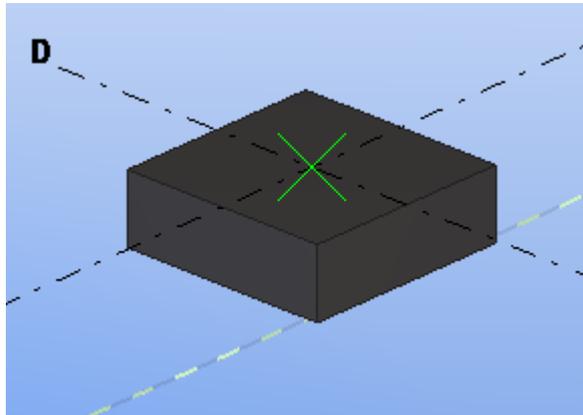


Figura 34 – Exemplo de uma sapata isolada (*software* Tekla Structures)

- Por defeito o *software* criou uma sapata com as seguintes características: sapata quadrada de 1500 mm de lado e 500 mm de profundidade. Para alterar as características da sapata basta aceder às propriedades da mesma (ver figura 35). Para tal é preciso clicar duas vezes com o botão esquerdo do rato sobre a sapata e alterar as características.

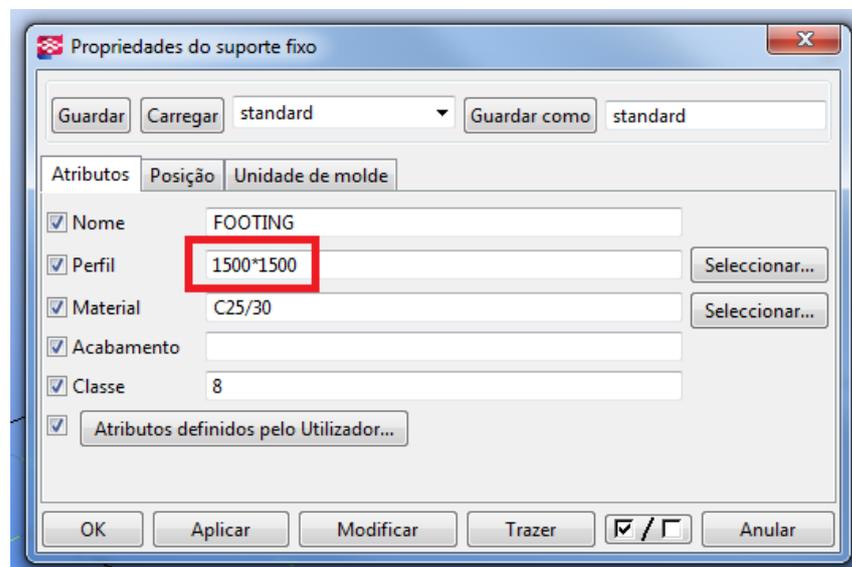


Figura 35 – Propriedades da sapata isolada criada (1) (*software* Tekla Structures)

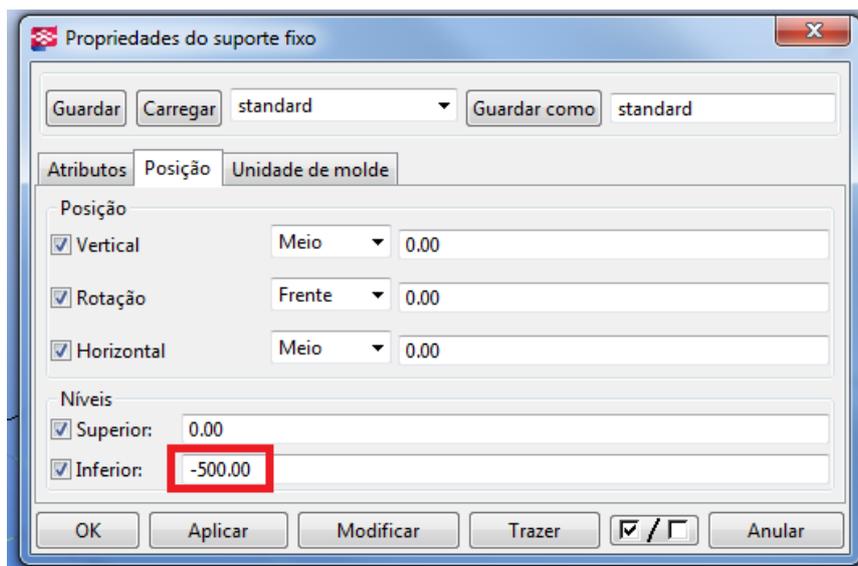


Figura 36 – Propriedades da sapata isolada criada (2) (software Tekla Structures)

### 3. Procedimento de criação de um pilar de betão

Os ícones da barra de ferramentas que possibilitam a criação de elementos de betão são cinco e referem-se à criação de pilares, vigas simples, vigas compostas, lajes e paredes, como se pode verificar pela figura 37:



Figura 37 – Ícones referentes à criação elementos construtivos de betão (software Tekla Structures)

Então os passos para a criação de um pilar de betão são:

- Selecionar o ícone da criação de pilares de betão (ver figura 38):



Figura 38 – Ícone referente à criação de pilares de betão (software Tekla Structures)

- Selecionar o local pretendido para o pilar e surge por defeito um pilar representado:

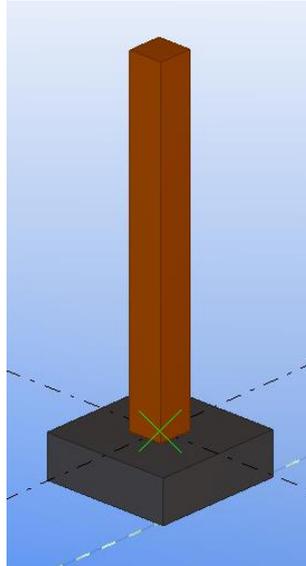


Figura 39 – Exemplo de um pilar de betão (*software* Tekla Structures)

- Por defeito o *software* criou um pilar com as seguintes características: pilar quadrado de 400 mm de lado e 4000 mm de altura. Para alterar as características do pilar é proceder de igual forma ao realizado anteriormente na criação da sapata, ou seja, aceder às propriedades do pilar e alterar os valores (ver figura 40).

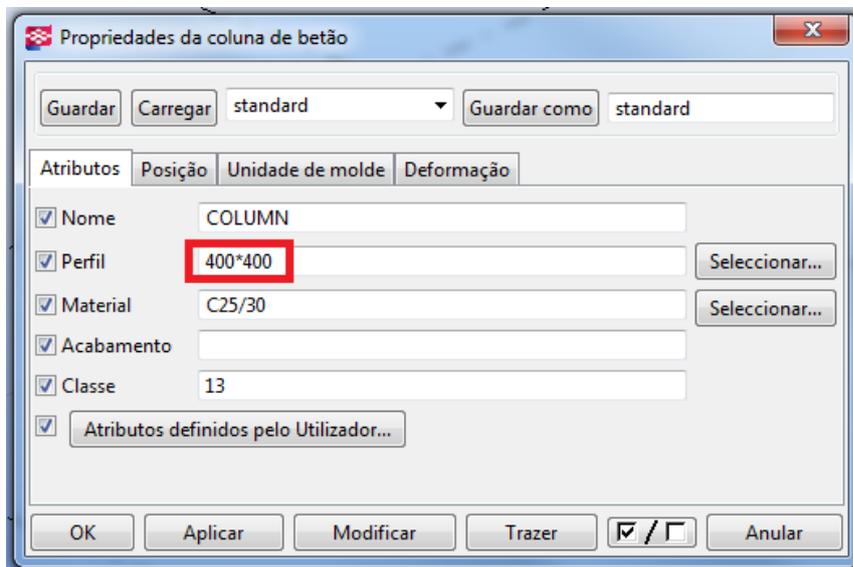


Figura 40 – Propriedades do pilar de betão criado (1) (*software* Tekla Structures)

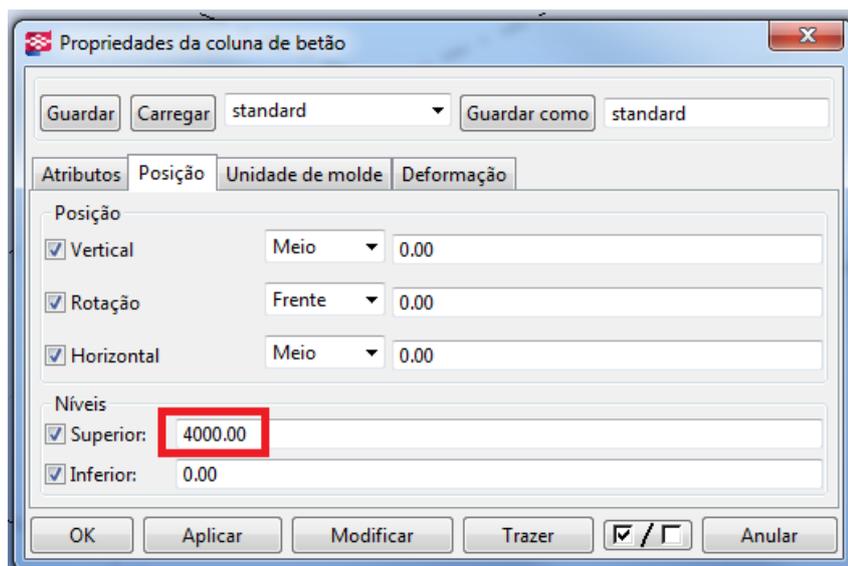


Figura 41 – Propriedades do pilar de betão criado (2) (*software* Tekla Structures)

#### 4. Modelação das armaduras de betão armado de um pilar através do método manual

Os ícones da barra de ferramentas que possibilitam a modelação das armaduras são três e estão representados na figura 42.

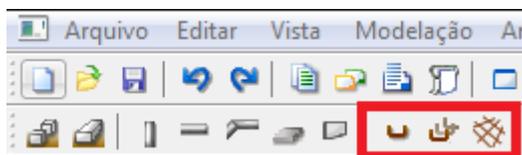


Figura 42 – Ícones referentes à modelação das armaduras (*software* Tekla Structures)

   Permite a criação de uma barra de armadura num elemento construtivo de betão;

   Permite a criação de um conjunto de barras de armaduras num elemento construtivo de betão;

   Permite a criação de malha de armaduras num elemento construtivo de betão.

Para facilitar a interpretação das armaduras modeladas, através do atalho do teclado CTRL + 2, é possível alterar a representação dos elementos construtivos, tornando-os transparentes para que facilmente se visualize as armaduras de betão armado modeladas (ver figura 43).

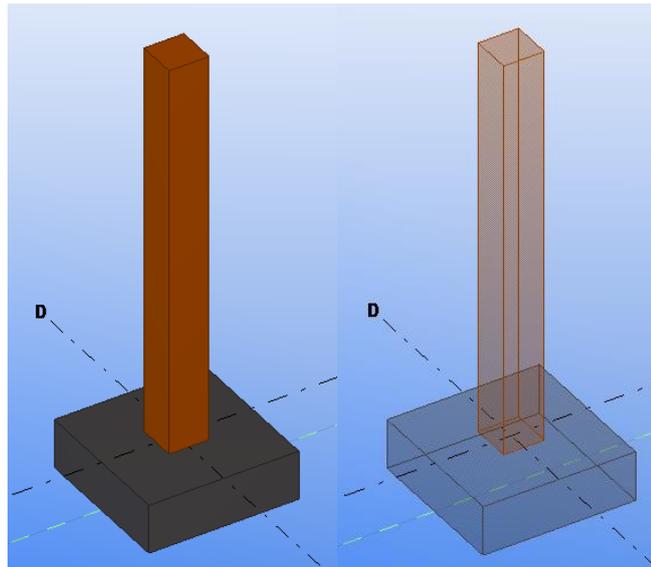


Figura 43 – Exemplos de representação da visualização dos elementos construtivos (*software* Tekla Structures)

- Como proceder à modelação de uma barra longitudinal no pilar:

Ao primeiro o processo pode ser complicado mas torna-se intuitivo, para tal, após seleccionar o ícone certo, basta seguir as instruções apresentadas no canto inferior esquerdo (uma espécie de uma consola de comandos) (ver figura 44).

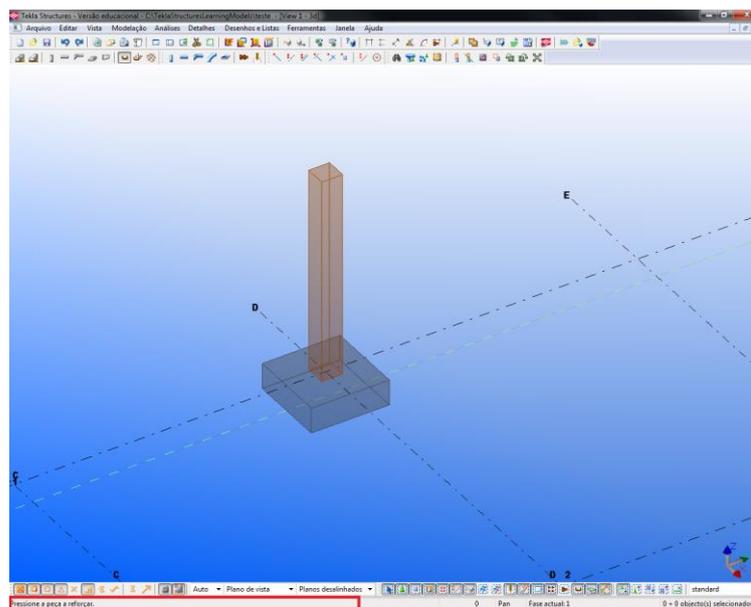


Figura 44 – Representação da “consola de comandos” no canto inferior esquerdo (*software* Tekla Structures)

Então, o procedimento para a modelação de uma barra longitudinal no pilar é o seguinte:

**Passo 1.** Selecionar o ícone respeitante à criação de uma barra de armadura num elemento construtivo de betão, já referido anteriormente (ver figura 45);



Figura 45 – Ícone referente à criação de uma barra de armadura (*software* Tekla Structures)

**Passo 2.** De seguida, conforme as instruções mencionadas no quanto inferior esquerdo, “pressionar a peça a reforçar”, neste caso o pilar (ver figura 46);

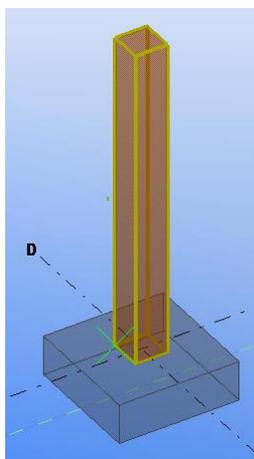


Figura 46 – Pilar selecionado (*software* Tekla Structures)

**Passo 3.** Selecionar a forma da barra pretendida e, para finalizar pressionar o botão do meio do rato (ver figura 47);

Como se pretende uma barra com o comprimento longitudinal do pilar, o primeiro ponto a selecionar será uma das extremidades do pilar e o último ponto será a outra extremidade oposta do respetivo pilar.

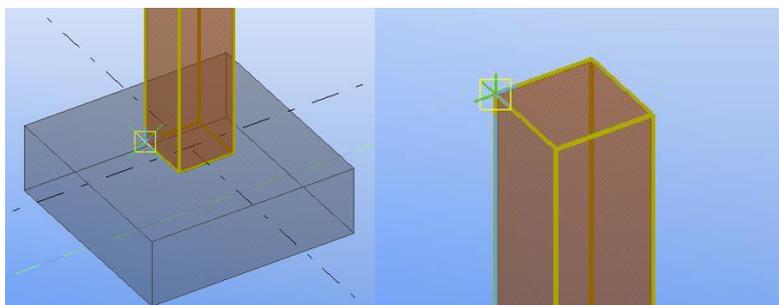


Figura 47 – Exemplificação de seleção da forma da barra de armadura (*software* Tekla Structures)

Como se pode verificar na figura seguinte, ao efetuar o passo 3, surgiu uma barra na extremidade do pilar, ao longo de todo o seu comprimento, consoante os pontos e posição escolhidos (a barra encontra-se identificada a cor verde) (ver figura 48).

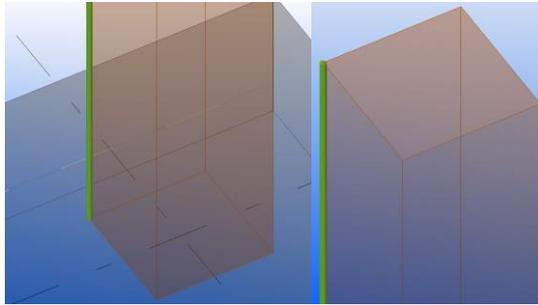


Figura 48 – Representação da barra de armadura criada (*software* Tekla Structures)

**Passo 4.** Alterar as propriedades do varão criado, clicando duas vezes com o botão esquerdo do rato sobre a barra.

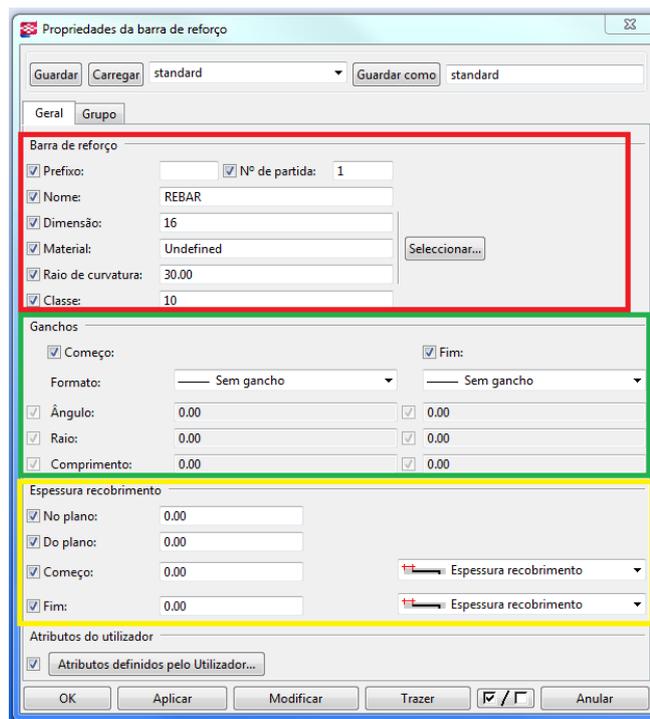


Figura 49 – Propriedades da barra de armadura (1) (*software* Tekla Structures)

Como se pode verificar na figura 49, nas propriedades existe uma série de parâmetros agrupados em três famílias.

Na primeira família, destacada com o retângulo vermelho, é possível dar um nome à barra; escolher a sua dimensão em mm; escolher o tipo de material a que se refere; definir o raio de

curvatura da barra; e atribuir uma determinada cor, designada por classe. Cada cor tem um número associado, como se pode verificar através da figura 50:

| Class  | Color   |            |
|--------|---|------------|
| 1      |    | light gray |
| 2 or 0 |    | red        |
| 3      |    | green      |
| 4      |    | blue       |
| 5      |    | turquoise  |
| 6      |    | yellow     |
| 7      |    | magenta    |
| 8      |    | gray       |
| 9      |    | rose       |
| 10     |    | lime       |
| 11     |    | aqua       |
| 12     |    | pink       |
| 13     |  | orange     |
| 14     |  | light blue |

Figura 50 – Representação das classes/cores que se podem atribuir às armaduras (Tekla Structures – User Assistance, 2013)

Na segunda família, destacada com o retângulo verde, é possível atribuir a forma com que a barra começa e termina, ou seja, é possível determinar a forma dos ganchos.

Na terceira família, destacada com o retângulo amarelo, é possível atribuir as características pretendidas de recobrimento.

Como a barra criada se encontra na extremidade do pilar, é necessário alterar as propriedades para atribuir um determinado recobrimento. As alterações efetuadas, através da modificação da espessura de recobrimento, são apresentadas, respetivamente, nas figuras 51 e 52:

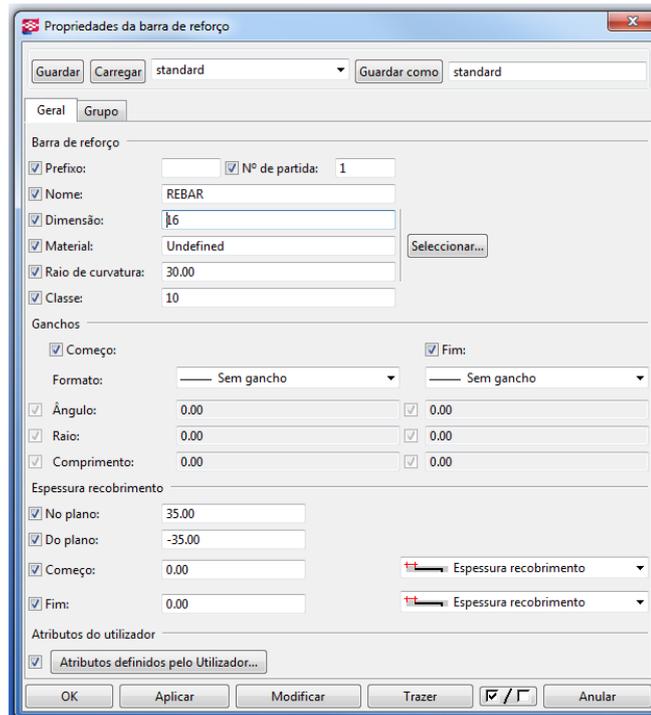


Figura 51 – Propriedades da barra de armadura (2) (*software* Tekla Structures)

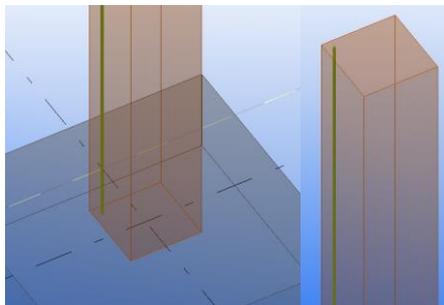


Figura 52 – Representação do recobrimento criado (*software* Tekla Structures)

- Como proceder à modelação de um conjunto de barras longitudinais no pilar:

O processo é praticamente análogo ao exemplificado anteriormente.

**Passo 1.** Selecionar o ícone respeitante à criação de um conjunto de barras de armadura num elemento construtivo de betão, já referido anteriormente (ver figura 53);



Figura 53 – Ícone referente à criação de um conjunto de barras de armadura (*software* Tekla Structures)

**Passo 2.** De seguida, conforme as instruções mencionadas no quanto inferior esquerdo, “pressionar a peça a reforçar”, neste caso o pilar;

**Passo 3.** Selecionar a forma da barra pretendida e, para finalizar pressionar o botão do meio do rato;

**Passo 4.** Selecionar dois pontos de forma a indicar a escala do reforço;

Neste caso a escala de reforço será toda a largura do pilar, como se verifica na figura 54:

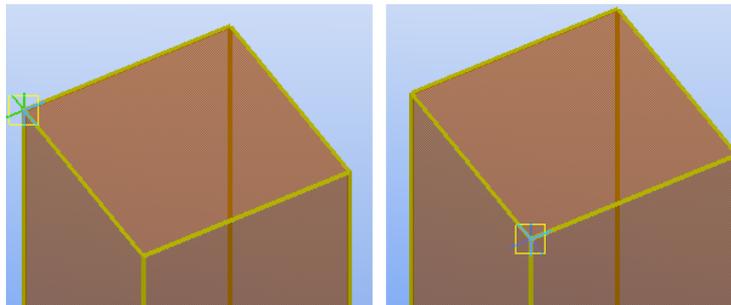


Figura 54 – Procedimento para selecionar a escala do reforço (*software* Tekla Structures)

Como se pode verificar na figura 55, ao efetuar o passo 4, surgiu um conjunto de barras de esforços, ao longo de todo o seu comprimento, consoante os pontos, posição e escala escolhidos (as barras encontram-se identificadas a cor verde).

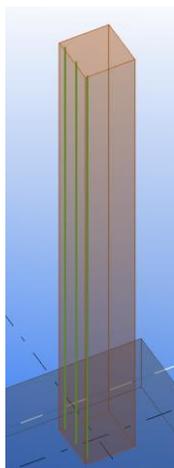


Figura 55 – Representação do conjunto de barras criadas (*software* Tekla Structures)

De salientar que nas propriedades da barra de esforço, quando se trata de um conjunto de barras de esforço, é importante definir o método de criação do grupo, como se verifica na figura 56. Para o método de criação existem sete opções possíveis: (1) Distribuição uniforme pelo número

de barras de esforço; (2) Distribuição uniforme pelo valor do espaçamento do alvo; (3) Espaçamento exato com variação no primeiro espaço; (4) Espaçamento exato com variação no último espaço; (5) Espaçamento exato com variação no espaço do meio; (6) Segundo valor de separação exato com primeiro e último espaço flexível; (7) Espaçamento exato.

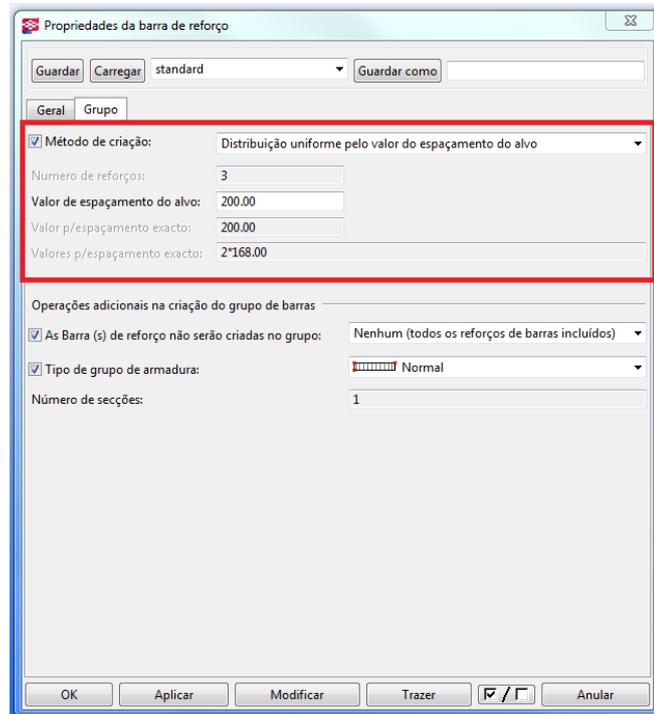


Figura 56 – Propriedades da barra de armadura (3) (*software* Tekla Structures)

## 5. Modelação das armaduras de betão armado de um pilar através da biblioteca do *software*

O ícone da barra de ferramentas que possibilita a modelação das armaduras através da biblioteca fornecida pelo *software* está representado na seguinte figura.



Através deste ícone é possível criar, seleccionar e manusear componentes guardados na “biblioteca”.

Então, o procedimento para a modelação é o seguinte:

**Passo 1.** Seleccionar o ícone, já referido anteriormente. É, então, aberta uma janela designada “base de dados de componentes” (ver figura 57). Como o que se pretende é a modelação de armaduras de um pilar de betão selecciona-se a opção “Reinforcement and Strands”;

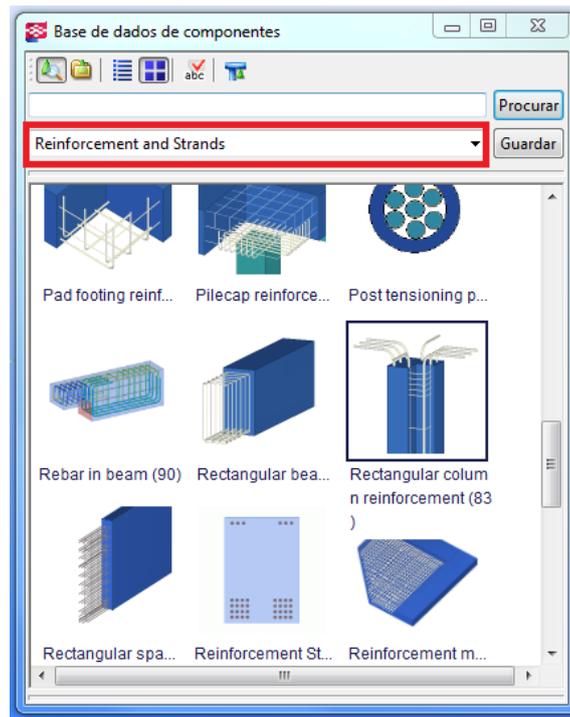


Figura 57 – Janela referente à “Base de dados de componentes” (*software* Tekla Structures)

**Passo 2.** De entre as enumeradas opções, escolher a opção em causa, neste caso, “*Retangular column reinforcement*” (ver figura 58);

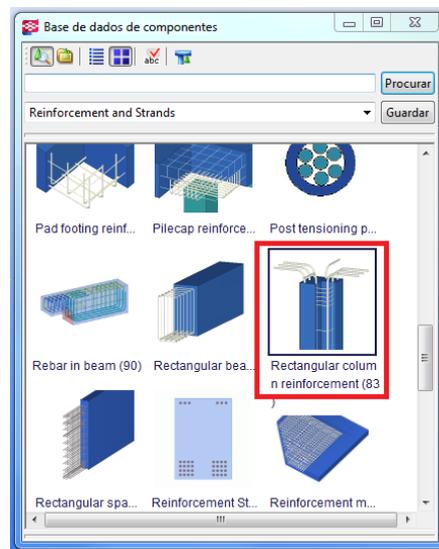


Figura 58 – Representação da escolha da opção “*Retangular column reinforcement*” (*software* Tekla Structures)

**Passo 3.** De seguida, conforme as instruções mencionadas no quanto inferior esquerdo, “seleccionar o objeto”, neste caso o pilar; Automaticamente aparece um modelo de amaduras para reforço do pilar (ver figura 59).

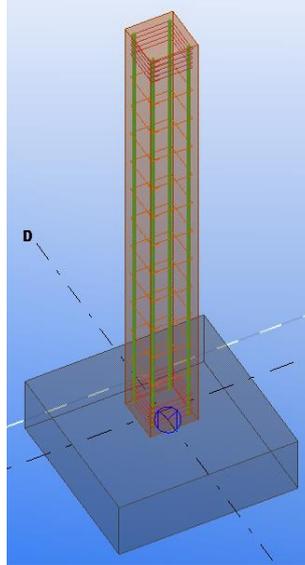


Figura 59 – Representação das armaduras de reforço do pilar (*software* Tekla Structures)

**Passo 4.** Clicar duas vezes com o botão esquerdo do rato sobre as armaduras para aceder às propriedades do reforço do pilar e alterar as definições consoante o pretendido, como se pode verificar na figura 60.

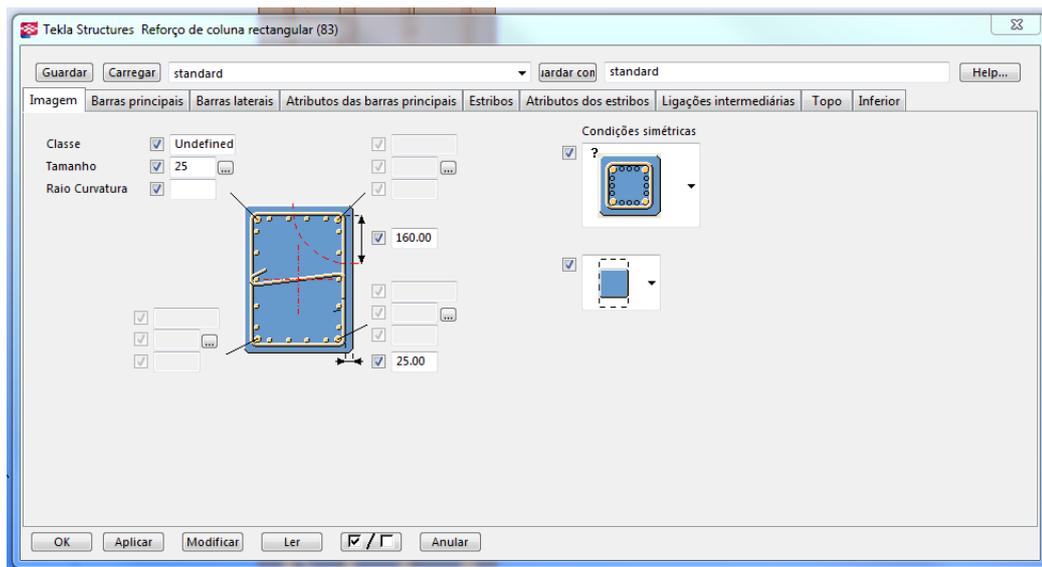


Figura 60 – Propriedades de reforço do pilar (1) (*software* Tekla Structures)

Falando um pouco do que é possível definir nas propriedades do reforço, pois é aqui que se define as características de reforço do pilar (ver figura 61 até à figura 68):

- Definir a cor do reforço, o recobrimento, o tamanho e o raio de curvatura;
- Definir as condições de simetria do reforço;

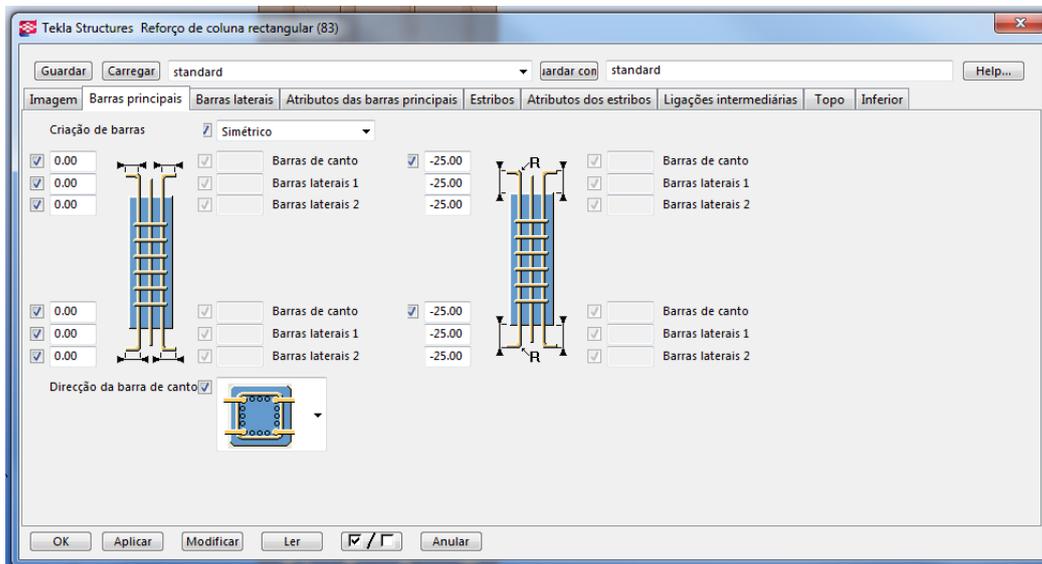


Figura 61 – Propriedades de reforço do pilar (2) (software Tekla Structures)

- Definir as características e atributos das barras principais (canto) e das barras laterais;

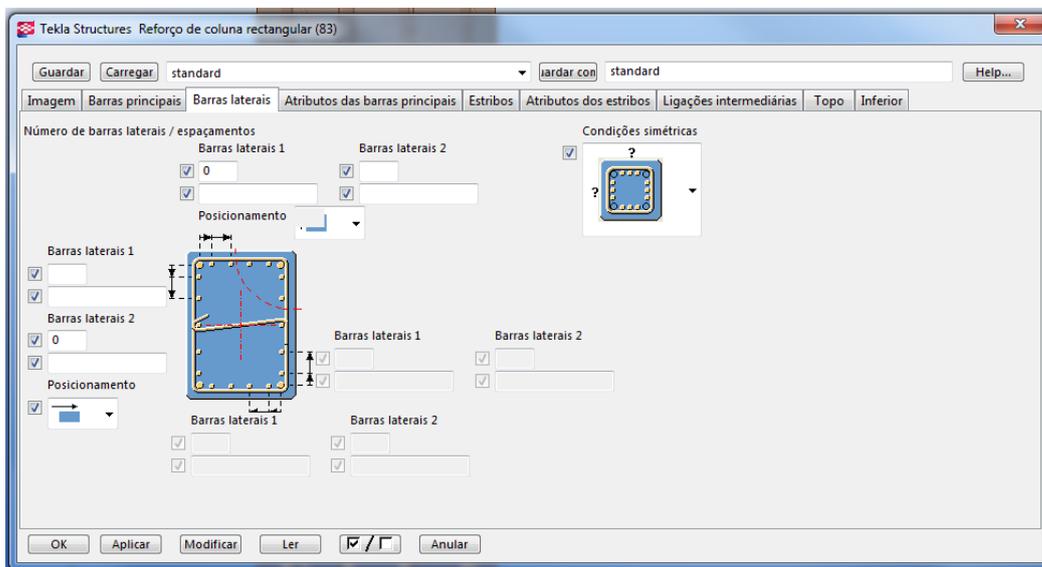


Figura 62 – Propriedades de reforço do pilar (3) (software Tekla Structures)

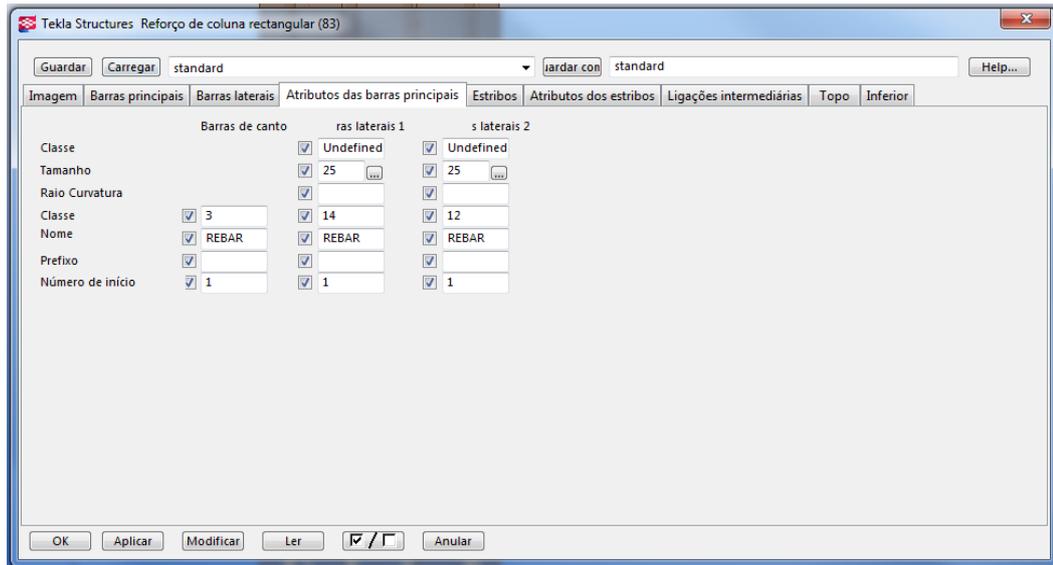


Figura 63 – Propriedades de reforço do pilar (4) (*software* Tekla Structures)

- Definir as características e atributos dos estribos, desde a quantidade de estribos a utilizar, o espaçamento a definir, etc.;

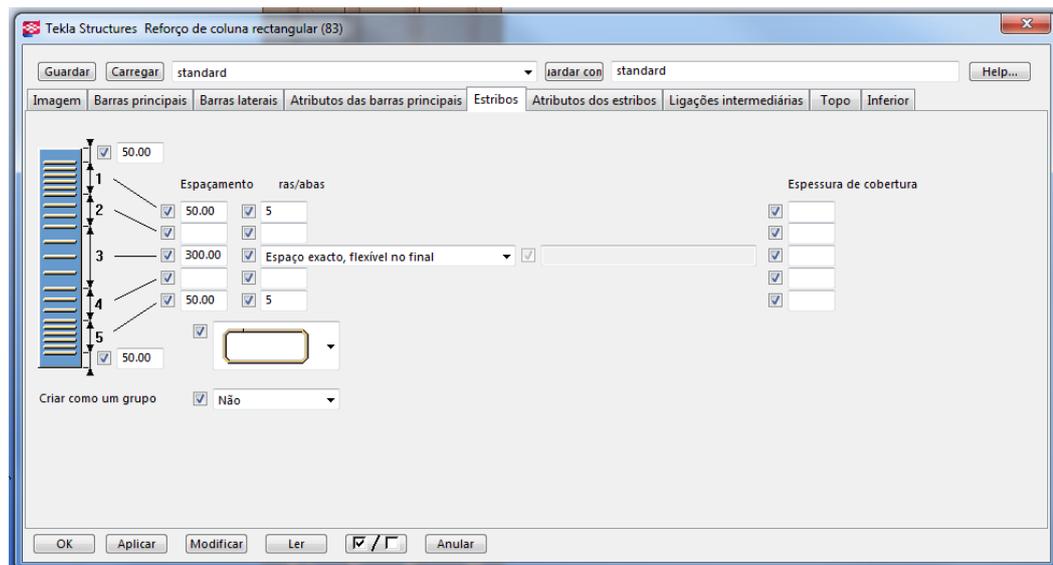


Figura 64 – Propriedades de reforço do pilar (5) (*software* Tekla Structures)

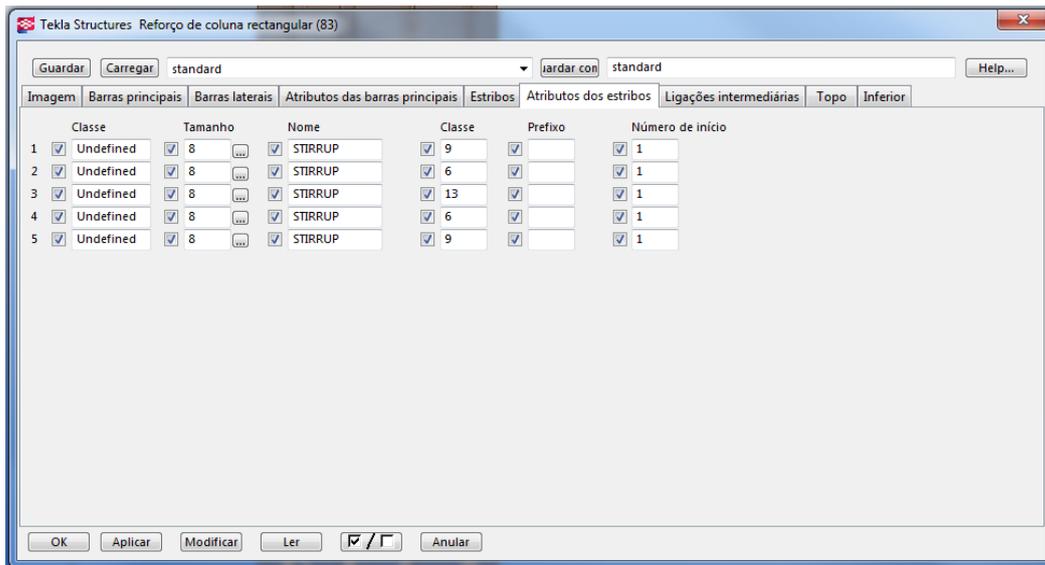


Figura 65 – Propriedades de reforço do pilar (6) (software Tekla Structures)

- Definir possíveis ligações intermédias e características das extremidades do reforço.

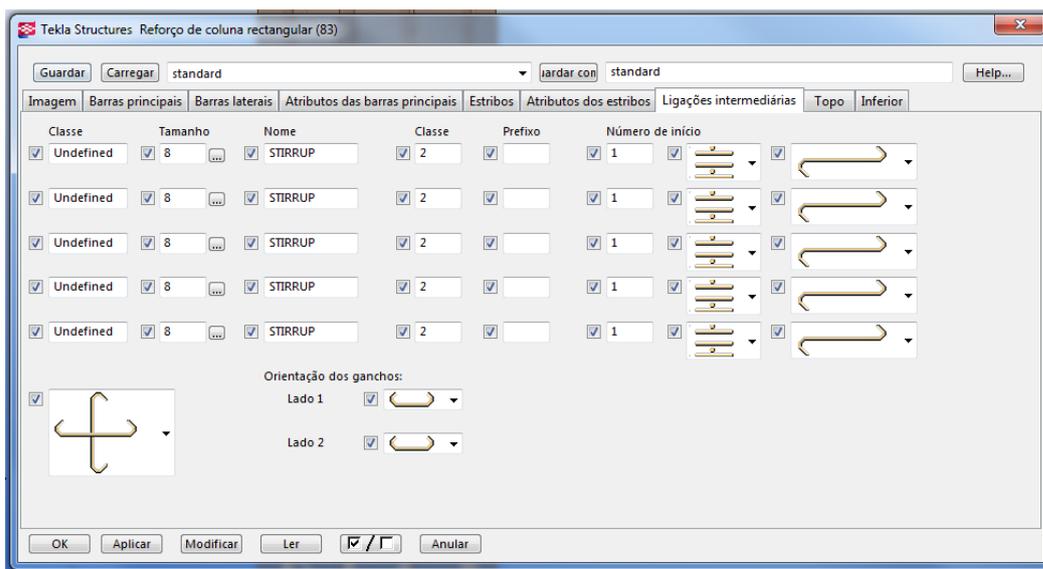


Figura 66 – Propriedades de reforço do pilar (7) (software Tekla Structures)

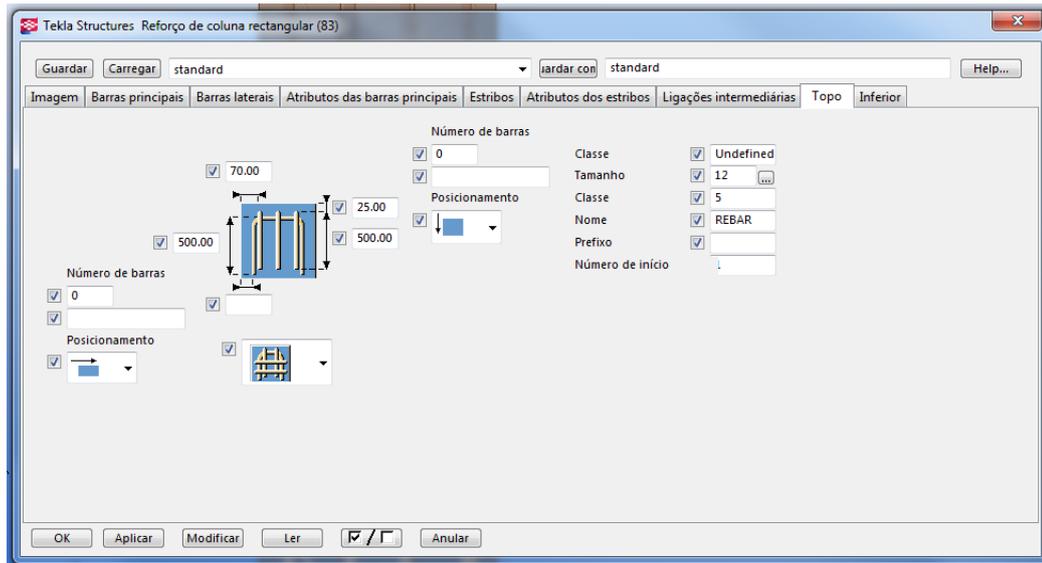


Figura 67 – Propriedades de reforço do pilar (8) (*software* Tekla Structures)

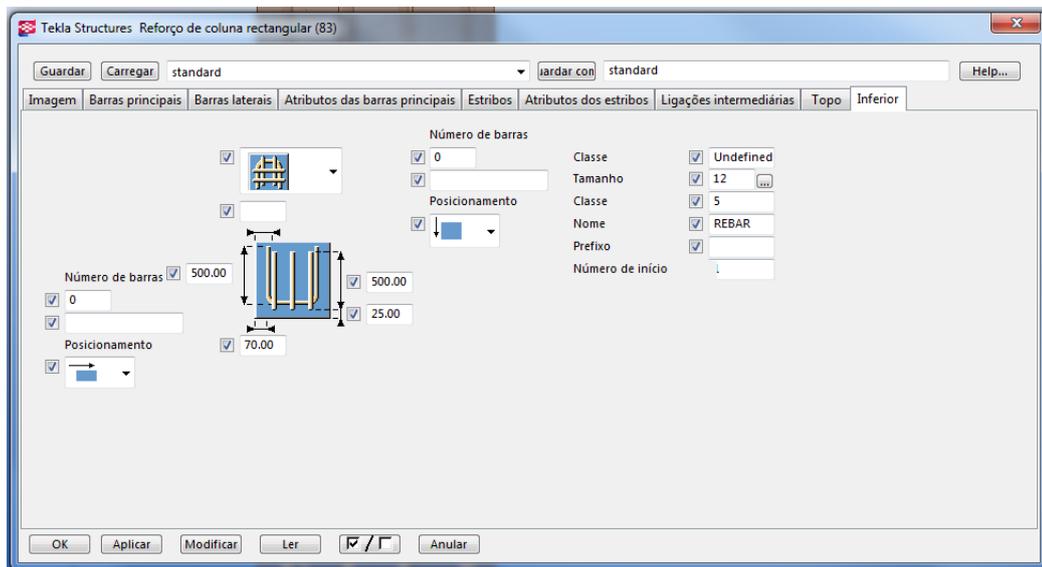


Figura 68 – Propriedades de reforço do pilar (9) (*software* Tekla Structures)

No **Anexo I** é possível verificar imagens referentes aos tipos de elementos construtivos de betão armado sujeitos à modelação das armaduras. Apresentam-se, ainda, no mesmo anexo, imagens que evidenciam as armaduras modeladas nesses mesmos elementos construtivos.

## 4. PROCESSO DE EXTRAÇÃO

Após concluído todo o processo de modelação das armaduras de betão armado, o autor procede à extração dos resultados obtidos dessa respetiva modelação das armaduras. É neste capítulo que são apresentados todos esses resultados.

A extração de resultados é dividida em duas partes: (1) extração, análise das quantidades das armaduras de betão armado modeladas; (2) extração e análise dos desenhos obtidos através dos diversos elementos construtivos.

### 4.1. Extração, análise das quantidades das armaduras de betão armado modeladas

Aqui, o autor pretende apresentar, através da extração, as quantidades (em kg) das armaduras modeladas. Para tal, será necessário explicar todo o procedimento que foi necessário efetuar até à obtenção dos respetivos valores da extração. Com esses respetivos valores extraídos é pretendido efetuar uma breve análise e comparação com os valores que foram fornecidos para o efeito.

#### 4.1.1. Procedimento da extração das quantidades das armaduras de betão armado modeladas

O processo de extração das quantidades das armaduras modeladas é um processo intuitivo pois à medida que as armaduras, em cada elemento construtivo, são modeladas, automaticamente ficam associadas a esse mesmo elemento construtivo. Como tal, a lista das quantidades dos resultados obtidos estará diretamente relacionada com os elementos construtivos modelados.

O *software* permite a obtenção de diversas listas informativas, como por exemplo, informações sobre os materiais utilizados, os custos de fabrico, as quantidades utilizadas, entre outros. Para tal, basta aceder diretamente através do ícone que se encontra na barra de ferramentas (ver figura 69) ou através de “**Desenhos e Listas → Criar Lista**” e uma janela com todas as opções de listas informativas é apresentada (ver figura 70).



Figura 69 – Ícone da barra de ferramentas para a criação de Listas (*software* Tekla Structures)

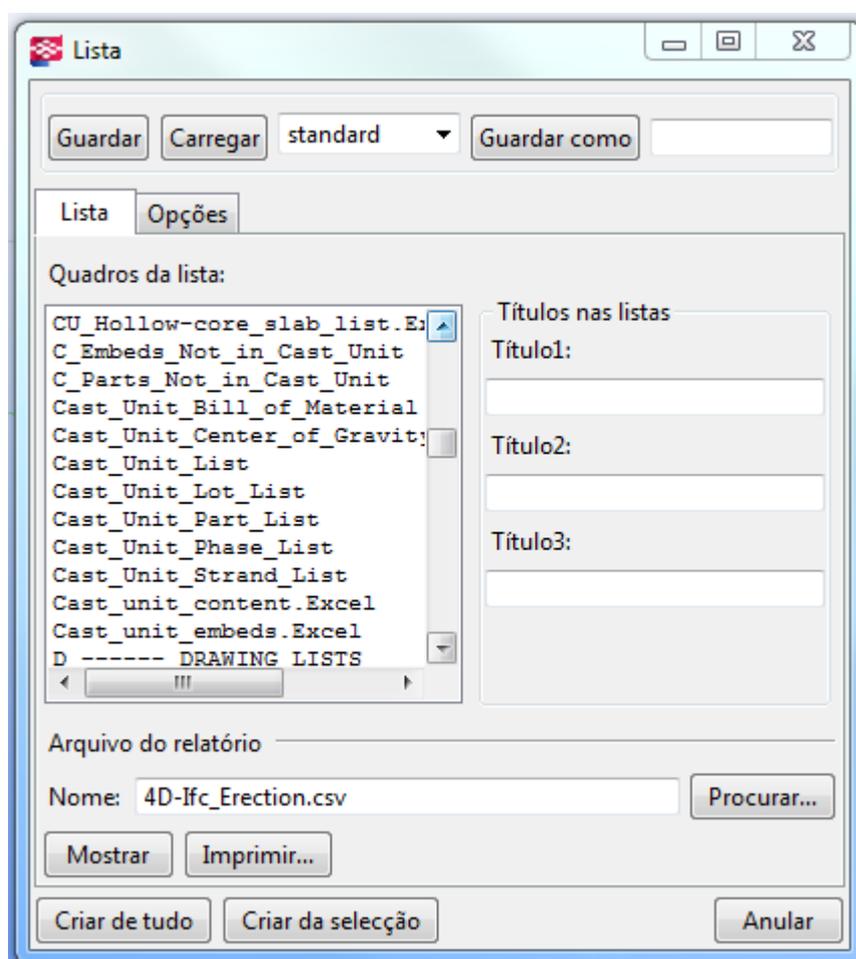


Figura 70 – Opções da lista (*software* Tekla Structures)

Embora existam, no *software*, listas “modelo” já concebidas e preparadas para fornecerem as demais informações dos modelos criados, foi necessário a criação de uma lista que fizesse com que apresentação dos resultados da extração das quantidades das armaduras modeladas fossem os mais parecidos possíveis com os dados fornecidos. Para tal, o autor, em colaboração com a empresa Construsoft, teve a necessidade de criar uma lista que fosse de encontro ao formato que pretendia obter através da extração dos resultados.

A lista “modelo” existente no *software* e que fornece as quantidades relativas à modelação das armaduras, denominada “*Rebar Quantity Takeoff.xls*” apenas fornece, através de uma folha de cálculo (EXCEL) as quantidades modeladas, os diâmetros utilizados e os respetivos pesos em quilograma (kg) das armaduras, não especificando a que elementos construtivos essas armaduras dizem respeito, tal como se pode verificar num excerto apresentado na figura 71, ou integralmente, através do **Anexo II**.

|    |                        |                |             |              |              |               |                    |
|----|------------------------|----------------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------------|
| 4  | <b>Project Number:</b> | project n      |             |              |              | <b>Date:</b>  | 09.09.2013         |
| 5  | <b>Project Name:</b>   | Construsoft bv |             |              |              | <b>Time:</b>  | 16:08:18           |
| 6  |                        |                |             |              |              |               |                    |
| 7  | <b>Qty</b>             | <b>Name</b>    | <b>Size</b> | <b>Grade</b> | <b>Shape</b> | <b>Length</b> | <b>Weight (kg)</b> |
| 8  | 1174                   |                | 6           | A500HW       | 4            |               | 180                |
| 9  | 148                    |                | 6           | A500HW       | 4_2          |               | 14                 |
| 10 | 775                    |                | 6           | A500HW       | 7            |               | 196                |
| 11 | 195                    |                | 6           | A500HW       | 48           |               | 50                 |
| 12 | 391                    |                | 6           | A500HW       | Unkno        |               | 204                |
| 13 | 749                    |                | 8           | A500HW       | 1            |               | 480                |
| 14 | 39                     |                | 8           | A500HW       | 2_1          |               | 16                 |
| 15 | 36                     |                | 8           | A500HW       | 3_1          |               | 53                 |
| 16 | 1604                   |                | 8           | A500HW       | 4            |               | 934                |
| 17 | 2412                   |                | 8           | A500HW       | 5_1          |               | 3409               |
| 18 | 666                    |                | 8           | A500HW       | 5_2          |               | 139                |
| 19 | 109                    |                | 8           | A500HW       | 8            |               | 155                |
| 20 | 50                     |                | 8           | A500HW       | 19           |               | 25                 |
| 21 | 24                     |                | 8           | A500HW       | 27           |               | 6                  |
| 22 | 27                     | STRRP          | 8           | A500HW       | 48           |               | 20                 |
| 23 | 4810                   |                | 8           | A500HW       | 48           |               | 3351               |

Figura 71 – Excerto da folha de cálculo referente à lista “*Rebar Quantity Takeoff.xls*”  
(*software* Tekla Structures)

Visto que, através da lista “modelo” supramencionada, a forma como os resultados obtidos são apresentados não se enquadra com os dados fornecidos, tornando impossível a comparação entre ambos, o autor em colaboração com a empresa Construsoft, aos poucos e por iterações, foram construindo uma lista de extração o mais parecido possível aos dados fornecidos (ver figura 71), tornando mais fácil a comparação e análise de ambos os resultados.

|    | J                             | K        | L        | M        | N         | O         | P        | Q        | R    | S          |
|----|-------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|------|------------|
| 14 | Local                         |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 15 | φ6                            | φ8       | φ10      | φ12      | φ16       | φ20       | φ25      | 3        | Obs. |            |
| 17 | Total                         |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 18 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 19 | Sapatas Isoladas              |          |          | 12.200,0 | 28.566,6  | 30.076,4  | 19.931,1 |          |      | 90.774,11  |
| 20 | Sapata Gruas                  | 513,3    | 2.237,6  |          |           | 1.359,8   | 8.355,9  |          |      | 12.466,61  |
| 21 | Sapatas Corridas              |          |          | 1.615,0  | 14.277,2  | 14.913,9  |          |          |      | 30.806,13  |
| 22 | Reservatorios                 | 2.902,9  | 4.383,7  | 1.429,5  |           |           |          |          |      | 8.716,21   |
| 23 | Laje Fundo                    |          |          | 1.568,6  | 236.858,3 | 59,3      |          |          |      | 238.486,15 |
| 24 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 25 | Linteis                       | 283,1    | 420,5    | 192,9    |           | 159,6     |          |          |      | 1.056,09   |
| 26 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 27 | Muros de suporte              | 413,5    | 772,7    | 52.874,2 | 31.292,2  | 4.549,6   |          |          |      | 89.902,22  |
| 28 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 29 | Muros de suporte Betão Branco | 3,5      | 61,3     |          | 1.953,5   |           |          |          |      | 2.018,23   |
| 30 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 31 | Arranque Pilares              | 246,4    |          |          |           | 1.050,7   | 2.772,6  | 5.352,7  |      | 9.422,33   |
| 32 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 33 | lajes                         | 2,5      | 8.592,5  | 20.954,8 | 304.672,7 | 125.527,8 | 53.009,7 | 238,7    |      | 512.998,51 |
| 34 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 35 | paredes cx                    | 14.224,2 | 305,0    | 16.468,3 | 22.964,2  | 4.081,9   |          |          |      | 58.043,61  |
| 36 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 37 | paredes                       | 626,4    | 14.422,3 | 17.599,4 | 9.940,1   | 4.308,6   | 242,6    |          |      | 47.139,36  |
| 38 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 39 | paredes Betão branco          | 104,6    | 358,4    | 11.520,8 | 21.190,8  | 5.359,5   | 177,8    |          |      | 38.607,40  |
| 40 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 41 | Pilares                       |          | 9.261,8  | 89,0     | 165,4     | 18.009,2  | 11.326,3 | 18.814,7 |      | 57.666,37  |
| 42 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 43 | Pilares betão Branco          |          | 513,9    |          |           | 1.660,8   | 1.033,7  |          |      | 3.208,42   |
| 44 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 45 | Vigas                         | 61,3     | 4.328,3  | 5.725,0  | 2.767,7   | 3.539,9   | 5.399,3  | 1.175,4  |      | 22.996,82  |
| 46 |                               |          |          |          |           |           |          |          |      |            |
| 47 | Vigas Betão Branco            | 2.022,8  | 3.104,5  | 2.458,6  | 7.380,1   | 821,7     | 33,3     |          |      | 15.821,19  |

Figura 72 – Dados fornecidos referente às quantidades de armadura (dados Mota-Engil)

A primeira lista de extração das quantidades elaborada, denominada “0\_UnivMinho\_Armaduras\_Resumo.rpt” tem o aspeto apresentado na figura 73. Esta lista já se encontrava mais organizada, relativamente à lista “modelo” supramencionada, sendo que era apresentado, por elemento construtivo, as quantidades em kg de armadura utilizadas agrupadas pelo seu respetivo diâmetro. A lista apresentava diretamente as informações num documento de texto (\*.txt). Um excerto do código utilizado para a construção desta lista de extração está representado na figura 74.

| Local         |    | Ø6 | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø16 | Ø20 | Ø25 | KGs    |
|---------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| BEAM          | 6  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 3.71   |
|               | 8  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 14.85  |
|               | 12 | 0  | 0  | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 16.09  |
|               | 16 | 0  | 0  | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 12.73  |
|               | 20 | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 19.90  |
| BEAM_V5       | 8  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 43.75  |
|               | 10 | 0  | 0  | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 24.08  |
|               | 16 | 0  | 0  | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 22.22  |
|               | 20 | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 29.56  |
| BEAM_V12      | 8  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 24.56  |
|               | 10 | 0  | 0  | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 22.89  |
|               | 16 | 0  | 0  | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 34.13  |
|               | 20 | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 63.21  |
| BEAM_V13      | 8  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 20.45  |
|               | 16 | 0  | 0  | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 24.58  |
| BEAM_V14      | 8  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 55.00  |
|               | 20 | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 70.70  |
|               | 25 | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 169.09 |
| BEAM_V16      | 8  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 85.70  |
|               | 16 | 0  | 0  | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 27.97  |
|               | 20 | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 135.85 |
| BEAM_V17 (BB) | 6  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 7.29   |
|               | 8  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 16.90  |
|               | 12 | 0  | 0  | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 12.50  |
| BEAM_V17.1    | 8  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 17.42  |

Figura 73 – Aspetto da lista “0\_UnivMinho\_Armaduras\_Resumo.rpt” (software Tekla Structures)

```

Sem título - Bloco de notas
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
template _tmp_896
{
  name = "tpld_template1";
  type = TEXTUAL;
  width = 100;
  maxheight = 40;
  columns = (1, 1);
  gap = 0;
  fillpolicy = EVEN;
  filldirection = HORIZONTAL;
  margins = (1, 1, 1, 1);
  gridspacing = 1;
  gridyspacing = 1;
  version = 3.21;
  created = "12.08.2013 14:08";
  modified = "12.08.2013 17:09";
  notes = "";

  pageheader _tmp_929
  {
    name = "CabeçalhoPágina";
    height = 5;
    outputpolicy = NONE;

    text _tmp_930
    {
      name = "Local";
      x1 = 7;
      y1 = 1;
      x2 = 7;
      y2 = 1;
      string = "Local";
      fontname = "Arial Narrow";
    }
  }
}

```

Figura 74 – Excerto do código da lista de extração “0\_UnivMinho\_Armaduras\_Resumo.rpt” (software Tekla Structures)

Ainda não satisfeito com o resultado, o autor procedeu a mais alterações das características da lista. Então, numa nova iteração, houve um processo de atualização da lista, tal como se pode verificar num excerto apresentado na figura 75. Desta vez, a lista já apresentava as quantidades das armaduras, por diâmetro, referentes a cada elemento construtivo, e ainda, contabilizava as quantidades totais de cada elemento construtivo. O resultado de outra nova iteração é representado na figura 76. Aqui, a diferença, desta iteração relativamente a iteração anterior, é a apresentação dos resultados numa folha de cálculo (EXCEL).

| Local                |                   | QTD  | Ø6   | Ø8   | Ø10  | Ø12   | Ø16   | Ø20  | Ø25  | Ø32 | Total    |
|----------------------|-------------------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-----|----------|
| ID:72270             | BEAM              | 1    |      |      |      |       |       |      |      |     |          |
| BEAM_V42<br>ID:72595 | KGS>><br>BEAM     | 0.12 | 0.78 | 0.00 | 4.04 | 4.24  | 6.63  | 0.00 | 0.00 |     | 18.21 KG |
| BEAM_V42<br>ID:76058 | KGS>><br>BEAM     | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 |     | 0.00 KG  |
| BEAM_V42<br>ID:76659 | KGS>><br>BEAM     | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 |     | 0.00 KG  |
| BEAM_V42<br>ID:76671 | KGS>><br>BEAM     | 0.19 | 0.00 | 0.00 | 4.02 | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 |     | 4.22 KG  |
| BEAM_V42<br>ID:77807 | KGS>><br>BEAM     | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 |     | 0.00 KG  |
| Local                |                   | QTD  | Ø6   | Ø8   | Ø10  | Ø12   | Ø16   | Ø20  | Ø25  | Ø32 | Total    |
| BEAM_V42<br>ID:77952 | KGS>><br>BEAM     | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 |     | 0.00 KG  |
| BEAM_V42<br>ID:78006 | KGS>><br>BEAM     | 0.19 | 0.00 | 0.00 | 4.02 | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 |     | 4.22 KG  |
| BEAM_V42<br>ID:77868 | KGS>><br>BEAM_V5  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 |     | 0.00 KG  |
| BEAM_V42<br>ID:77874 | KGS>><br>BEAM_V12 | 0.00 | 1.29 | 3.44 | 0.00 | 11.11 | 30.74 | 0.00 | 0.00 |     | 50.02 KG |

Figura 75 – Aspeto da atualização da lista “0\_UnivMinho\_Armaduras\_Resumo.rpt” (software Tekla Structures)

|    | Local        | ∅6   | ∅8   | ∅10  | ∅12   | ∅16   | ∅20    | ∅25   | ∅32  | Total  |
|----|--------------|------|------|------|-------|-------|--------|-------|------|--------|
| 6  | Local        |      |      |      |       |       |        |       |      |        |
| 7  | BEAM         |      |      |      |       |       |        |       |      |        |
| 8  | >>           | 0.32 | 0.78 | 0.00 | 8.06  | 4.24  | 6.63   | 0.00  | 0.00 | 26.64  |
| 9  | BEAM_V5      |      |      |      |       |       |        |       |      |        |
| 10 | >>           | 0.00 | 1.29 | 3.44 | 0.00  | 11.11 | 30.74  | 0.00  | 0.00 | 50.02  |
| 11 | BEAM_V12     |      |      |      |       |       |        |       |      |        |
| 12 | >>           | 0.00 | 1.44 | 4.75 | 0.00  | 6.83  | 12.64  | 0.00  | 0.00 | 28.12  |
| 13 | BEAM_V13     |      |      |      |       |       |        |       |      |        |
| 14 | >>           | 0.00 | 0.85 | 0.00 | 0.00  | 9.02  | 0.00   | 0.00  | 0.00 | 14.79  |
| 15 | BEAM_V14     |      |      |      |       |       |        |       |      |        |
| 16 | >>           | 0.00 | 0.85 | 0.00 | 0.00  | 0.00  | 48.14  | 31.82 | 0.00 | 80.81  |
| 17 | BEAM_V16     |      |      |      |       |       |        |       |      |        |
| 18 | >>           | 0.00 | 2.09 | 0.00 | 0.00  | 51.32 | 101.23 | 0.00  | 0.00 | 155.72 |
| 19 | BEAM_V17(BB) |      |      |      |       |       |        |       |      |        |
| 20 | >>           | 0.33 | 0.53 | 0.00 | 8.19  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00 | 21.11  |
| 21 | BEAM_V17.1   |      |      |      |       |       |        |       |      |        |
| 22 | >>           | 0.00 | 0.73 | 0.00 | 8.06  | 8.69  | 0.00   | 0.00  | 0.00 | 17.48  |
| 23 | BEAM_V24.1   |      |      |      |       |       |        |       |      |        |
| 24 | >>           | 0.00 | 0.99 | 0.00 | 17.41 | 30.98 | 0.00   | 0.00  | 0.00 | 51.36  |
| 25 | BEAM_V24.2   |      |      |      |       |       |        |       |      |        |
| 26 | >>           | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 2.35  | 4.19  | 0.00   | 0.00  | 0.00 | 14.33  |
| 27 | BEAM_V31(BB) |      |      |      |       |       |        |       |      |        |
| 28 | >>           | 0.25 | 0.53 | 0.00 | 12.50 | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00 | 64.06  |

Figura 76 – Excerto da folha de cálculo referente à lista criada (*software* Tekla Structures)

Como se pode verificar, a lista que foi criada expressa, respetivamente, as quantidades de armadura modeladas de cada elemento construtivo. No entanto, era pretendido que a lista apresentasse as quantidades de armaduras modeladas agrupadas por “grupos” de elemento construtivo, para que assim fosse fornecido diretamente o total das quantidades das armaduras modeladas por “grupos” de elemento construtivo.

Nesse sentido, além de ter efetuado uma lista renovada quer em nome – “**armaduras\_por\_fase**” – quer em conteúdo, foi necessário agrupar por grupos os próprios elementos construtivos. Quanto à lista, o resultado final pode ser observado através de um excerto da figura 77, ou integralmente através do **Anexo III**. No que diz respeito ao agrupamento, por grupos, dos elementos construtivos, foi necessário criar, por cada grupo, uma respetiva fase de construção. Assim, por cada fase construída existe um grupo onde estão alocados todos os seus elementos construtivos.

O procedimento para criar uma fase e alocar qualquer elemento construtivo é o seguinte: Selecionar a opção “**Ferramentas** → **Gestor de Fases**”. Automaticamente surge uma janela, denominada “**Gerenciador de fase**” (ver figura 78), na qual é possível a criação das respetivas fases. Então as fases criadas, tendo em conta os grupos dos elementos construtivos, foram:

- Pilares
- Lajes
- Vigas
- Lintéis

- Muros Sup
- Reservatórios
- Par. CX e ELEV
- Paredes
- Sapatas Isoladas
- Sapatas Corridas

Após várias iterações, convergiu-se para uma lista satisfatória, que apresentava de forma simples e eficaz os resultados da extração da modelação das armaduras de betão armado, e com a qual era possível utilizar os referidos dados para comparação com os dados fornecidos.

```

-----
LISTADO DE ARMADURAS DE TEKLA STRUCTURES
Modelo: UPTEC_v2.3
-----

```

| Número              | Ø  | Long. | Forma | Parte | Calidad | Peso/ud | Peso     | Dimensiones | Nota |
|---------------------|----|-------|-------|-------|---------|---------|----------|-------------|------|
| Fase:3      Lajes   |    |       |       |       |         |         |          |             |      |
| 134                 | 8  |       | Unk   | w0(?) | A500HW  | 0.51    | 67.9     |             |      |
| 37                  | 12 |       | 3_1   | w0(?) | A500HW  | 3.27    | 114.1    | 3281 401    |      |
| 783                 | 16 |       | 1     | w0(?) | A500HW  | 27.22   | 13045.2  | 17229       |      |
| 522                 | 16 |       | 2_1   | w0(?) | A500HW  | 11.81   | 6948.4   | 7168 344    |      |
| 3                   | 20 |       | Unk   | w0(?) | A500HW  | 24.85   | 74.6     |             |      |
| Total               |    |       |       |       |         |         | 20250 kg |             |      |
| Fase:6      Linteis |    |       |       |       |         |         |          |             |      |
| 39                  | 8  |       | 2_1   | w0(?) | A500HW  | 0.40    | 15.7     | 930 105     |      |
| 275                 | 8  |       | 4     | w0(?) | A500HW  | 0.80    | 197.7    | 125 1811    | 125  |
| 50                  | 8  |       | 19    | w0(?) | A500HW  | 0.52    | 25.2     | 125 935     | 110  |
| 86                  | 10 |       | 1     | w0(?) | A500HW  | 3.80    | 216.1    | 6151        |      |
| 22                  | 12 |       | 1     | w0(?) | A500HW  | 0.53    | 71.8     | 601         |      |
| 4                   | 20 |       | 4     | w0(?) | A500HW  | 22.45   | 90.3     | 340 8509    | 340  |
| Total               |    |       |       |       |         |         | 617 kg   |             |      |

Figura 77 – Aspeto da lista “armaduras\_por\_fase” (*software* Tekla Structures)

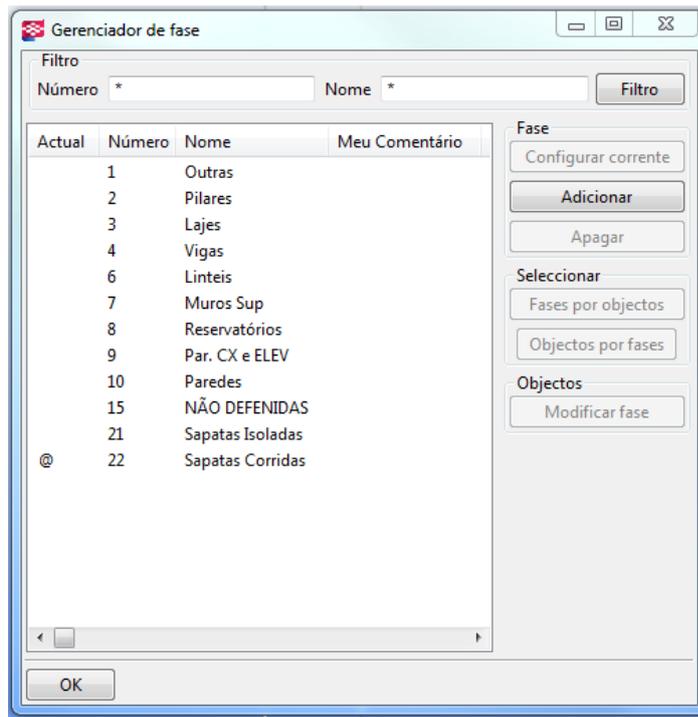


Figura 78 – Janela “Gerenciador de fase” (*software Tekla Structures*)

Com as alterações da lista finalizadas, procedeu-se à extração dos respetivos resultados das quantidades, em quilograma, das armaduras modeladas. O resultado pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da extração das quantidades de armaduras modeladas

| Local            | Dados Obtidos (kg) |
|------------------|--------------------|
| Sapatas Isoladas | 12.710             |
| Sapatas Corridas | 17.364             |
| Lintéis          | 617                |
| Muros Sup        | 36.244             |
| Reservatórios    | 3.006              |
| Pilares          | 21.949             |
| Vigas            | 6.427              |

|                    |                |
|--------------------|----------------|
| Par. CX e Elev     | 26.760         |
| Paredes            | 17.783         |
| <b>Totais (kg)</b> | <b>142.860</b> |

#### 4.1.2. Análise e comparação dos dados da extração das quantidades das armaduras de betão armado modeladas com os dados fornecidos

Uma vez na posse dos valores da extração das quantidades de armaduras modeladas, o autor, procedeu à sua comparação com os dados fornecidos anteriormente, tal como se pode verificar na tabela 2.

Tabela 2 – Comparação entre os dados fornecidos e os dados obtidos

| Local              | Dados (kg)     |                | Diferença %   |
|--------------------|----------------|----------------|---------------|
|                    | Fornecidos     | Obtidos        |               |
| Sapatas Isoladas   | 17.520         | 12.710         | -27,45%       |
| Sapatas Corridas   | 30.806         | 17.364         | -43,63%       |
| Lintéis            | 725            | 617            | -14,90%       |
| Muros Sup          | 33.990         | 36.244         | 6,63%         |
| Reservatórios      | 3.639          | 3.006          | -17,39%       |
| Pilares            | 20.533         | 21.949         | 6,90%         |
| Vigas              | 6.472          | 6.427          | -0,70%        |
| Par. CX e Elev     | 22.038         | 26.760         | 21,43%        |
| Paredes            | 14.838         | 17.783         | 19,85%        |
| <b>Totais (kg)</b> | <b>150.561</b> | <b>142.860</b> | <b>-5,11%</b> |

Analisando isoladamente cada conjunto de elementos construtivos, pode-se verificar: que no que se refere às sapatas isoladas, as quantidades das armaduras fornecidas e as quantidades das armaduras extraídas são, respetivamente, 17520 kg e 12710 kg, tal como se pode confirmar pela figura 79, sendo a diferença de quantidades de 27,45%; já no que concerne às sapatas corridas (ver figura 80), a diferença de quantidades das armaduras é superior, 43,63%, sendo as

quantidades das armaduras fornecidas e as quantidades das armaduras extraídas, respetivamente, 30806 kg e 17364 kg.

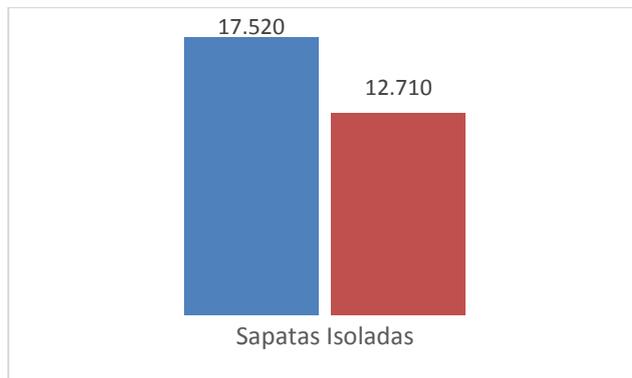


Figura 79 – Valores da quantidade de armaduras das Sapatas Isoladas

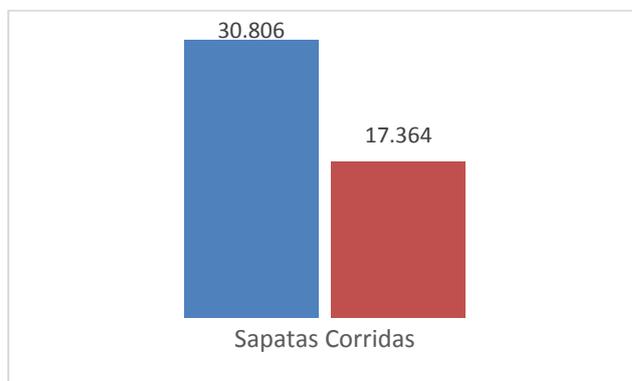


Figura 80 – Valores da quantidade de armaduras das Sapatas Corridas

Relativamente aos Lintéis, as quantidades das armaduras fornecidas e as quantidades das armaduras extraídas são, respetivamente, 725 kg e 617 kg, tal como se pode confirmar pela figura 81, sendo a diferença de quantidades de 14,90%. Na figura 82, é expressa os valores das quantidades das armaduras dos Muros de Suporte. As quantidades das armaduras fornecidas e as quantidades das armaduras extraídas são, 33990 kg e 36244 kg, respetivamente, verificando-se uma diferença de quantidades de 6,63%.

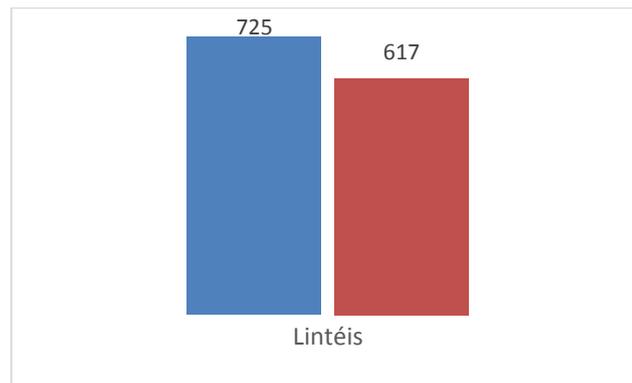


Figura 81 – Valores da quantidade de armaduras dos Lintéis

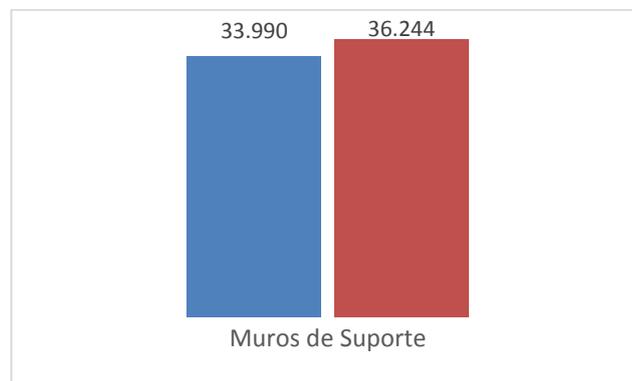


Figura 82 – Valores da quantidade de armaduras dos Muros de Suporte

Analisando os resultados dos elementos construtivos referentes aos Reservatórios, as quantidades das armaduras fornecidas e as quantidades das armaduras extraídas são, respetivamente, 3639 kg e 3006 kg, tal como se pode confirmar pela figura 83, sendo a diferença de quantidades de 17,39%. Na figura 84, é demonstrado os valores das quantidades das armaduras dos elementos construtivos dos Pilares. As quantidades das armaduras fornecidas e as quantidades das armaduras extraídas são, 20533 kg e 21949 kg, respetivamente, verificando-se uma diferença de quantidades de 6,90%.



Figura 83 – Valores da quantidade de armaduras dos Reservatórios

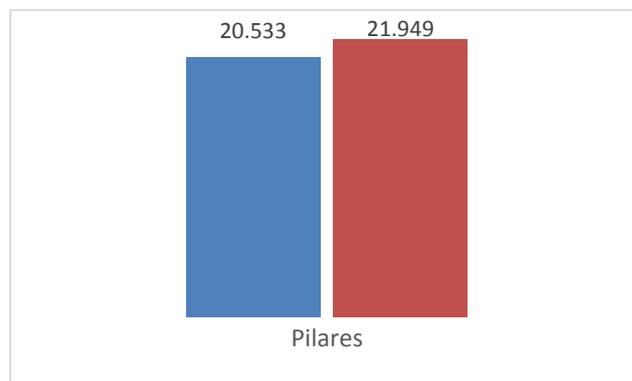


Figura 84 – Valores da quantidade de armaduras dos Pilares

Analisando os resultados dos elementos construtivos referentes às Vigas, as quantidades das armaduras fornecidas e as quantidades das armaduras extraídas são, respetivamente, 6472 kg e 6427 kg, tal como se pode confirmar pela figura 85, sendo a diferença de quantidades de 0,70%. Na figura 86, é demonstrado os valores das quantidades das armaduras dos elementos construtivos das Paredes da Caixa de Escadas e Elevadores. As quantidades das armaduras fornecidas e as quantidades das armaduras extraídas são, 22038 kg e 26760 kg, respetivamente, verificando-se uma diferença de quantidades de 21,43%. No que concerne aos elementos construtivos das Paredes (ver figura 87), a diferença de quantidades das armaduras é de 19,85%, sendo as quantidades das armaduras fornecidas e as quantidades das armaduras extraídas, respetivamente, 14,838 kg e 17783 kg.

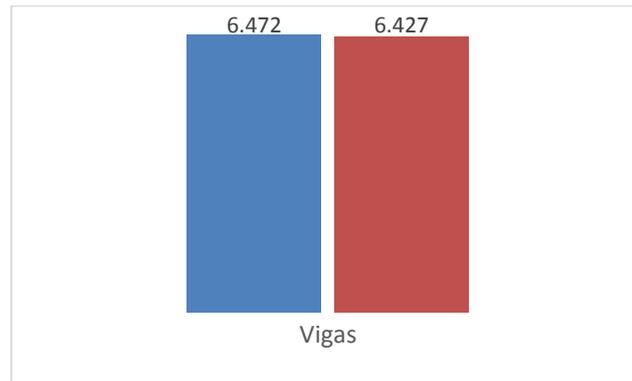


Figura 85 – Valores da quantidade de armaduras das Vigas

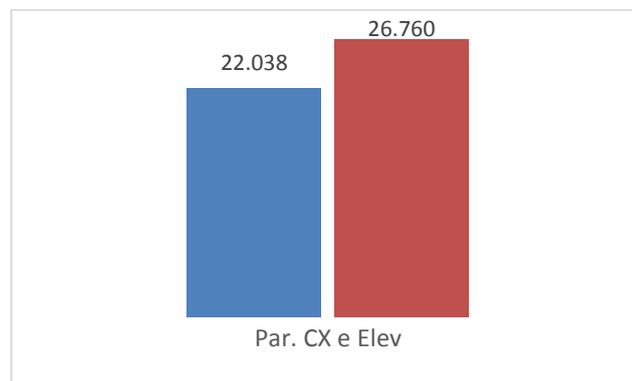


Figura 86 – Valores da quantidade de armaduras das Paredes da Caixa de Escadas e dos Elevadores

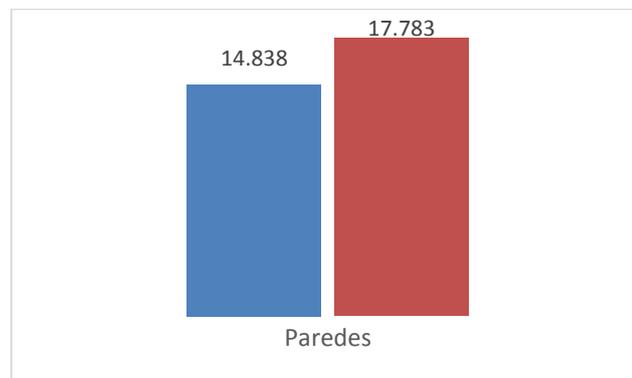


Figura 87 – Valores da quantidade de armaduras das Paredes

Em suma, e fazendo a análise em termos globais dos dados fornecidos e dos dados extraídos, verifica-se uma diferença de 5,11% entre os resultados fornecidos e os resultados que foram extraídos no que concerne às quantidades das armaduras. De forma concreta, os totais das quantidades das armaduras fornecidas e das quantidades das armaduras extraídas são, respetivamente, 150561 kg e 142860 kg, como se pode confirmar pela figura 88.

Esta diferença verificada, de 5,11% entre os dados fornecidos e os dados extraídos, é positiva, pois verifica-se que existe uma redução das quantidades das armaduras utilizadas. Salienta-se, deste modo, que a utilização deste *software* para modelação das armaduras do edifício torna o processo mais eficiente, pois promove uma medição mais concreta e racional dos recursos materiais; torna o processo mais económico, quer a nível de custos materiais, quer a nível de mão de obra, pois promove uma orçamentação mais rigorosa e equilibrada, ou seja, uma orçamentação mais “real”, evitando deste modo as chamadas “derrapagens orçamentais” que, naturalmente, a indústria AEC está habituada a assistir em muitos projetos de construção civil.

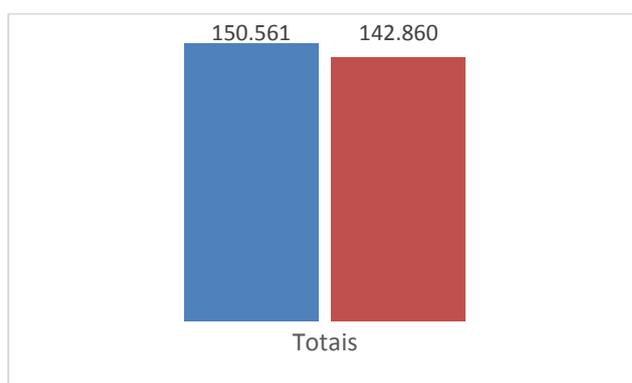


Figura 88 – Valores Totais das quantidades de armaduras

#### **4.2. Extração e análise dos desenhos obtidos através dos diversos elementos construtivos**

Um dos pontos a ser explorado, como já referido anteriormente, seria a capacidade e facilidade que o *software* permite no que concerne à extração de desenhos dos diversos elementos construtivos. Aqui, o autor apresenta os procedimentos e todos os resultados que obteve relativamente à extração de desenhos referentes aos elementos construtivos que foram modelados.

Para demonstrar toda a capacidade informativa que a extração dos desenhos, através deste *software*, oferece, o autor, irá fazer uma comparação entre os desenhos de projeto que lhe foram devidamente fornecidos e os desenhos que extraiu após a modelação do modelo no respetivo *software*. Com esta comparação, analisando se existe ou não perda de informação entre os diversos desenhos gerados, é pretendido que se verifique a viabilidade da extração dos desenhos através do respetivo *software*.

### 4.2.1. Procedimento da extração dos desenhos dos elementos construtivos

O *software* permite a obtenção de toda a espécie de desenhos que pretendemos obter do modelo em causa. Somos nós, os utilizadores, que decidimos a informação que queremos que seja transmitida para a formação de um desenho. Temos a liberdade de gerar desenhos únicos e que contenham informações específicas e únicas, de situações próprias, para os mais diversos fins.

Existem duas maneiras de acesso para a criação de desenhos: (1) aceder diretamente através do ícone que se encontra na barra de ferramentas (ver figura 89); (2) através de “**Desenhos e Listas** → **Criar Desenhos**”. Em ambos os casos, uma janela com todas as propriedades de criação de um desenho será apresentada (ver figura 90).



Figura 89 – Ícone da barra de ferramentas para a criação de Desenhos (*software* Tekla Structures)

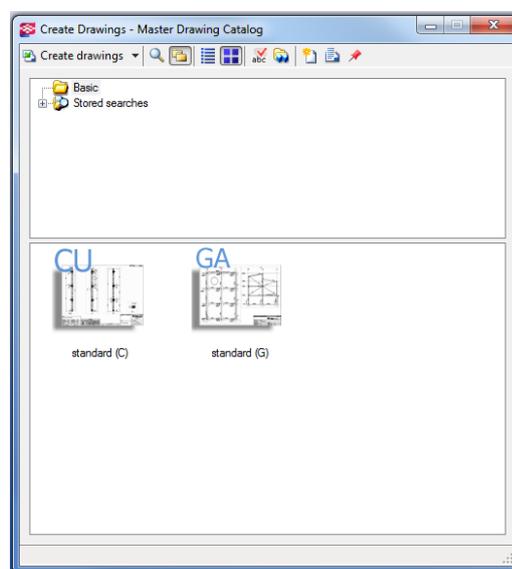


Figura 90 – Opções da criação de Desenhos (*software* Tekla Structures)

Tal como se sucedeu com a criação das Listas das quantidades, já anteriormente explicadas, para a criação de Desenhos, o *software* também fornece “modelos tipo” que podem ser utilizados. No entanto, como o pretendido era aproximar, ao máximo, as configurações dos desenhos criados com as configurações existentes nos desenhos de projeto fornecidos, foi

necessário moldar certos parâmetros e atributos na configuração dos desenhos. Para tal, o autor, com a colaboração da empresa Construsoft, conseguiu convergir para um formato de desenho com configurações idênticas aos desenhos de projeto fornecidos, como se pode verificar, respetivamente, pelas figuras 91 e 92.

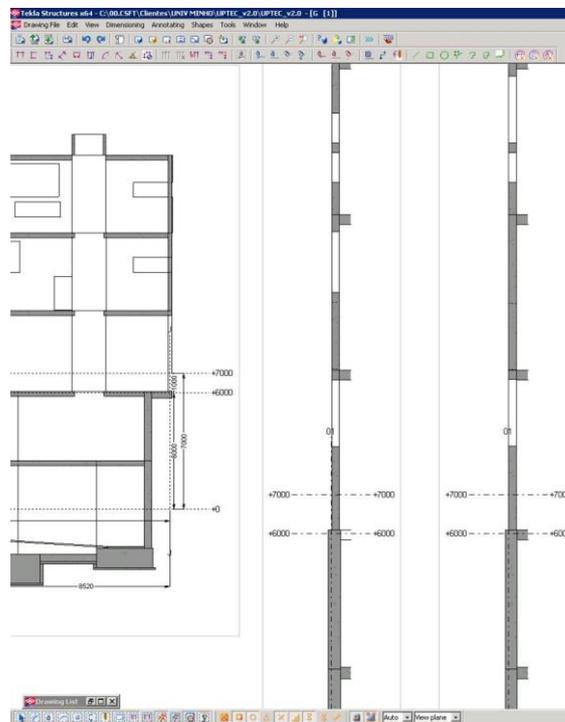


Figura 91 – Configurações dos desenhos criados através do *software* (*software* Tekla Structures)

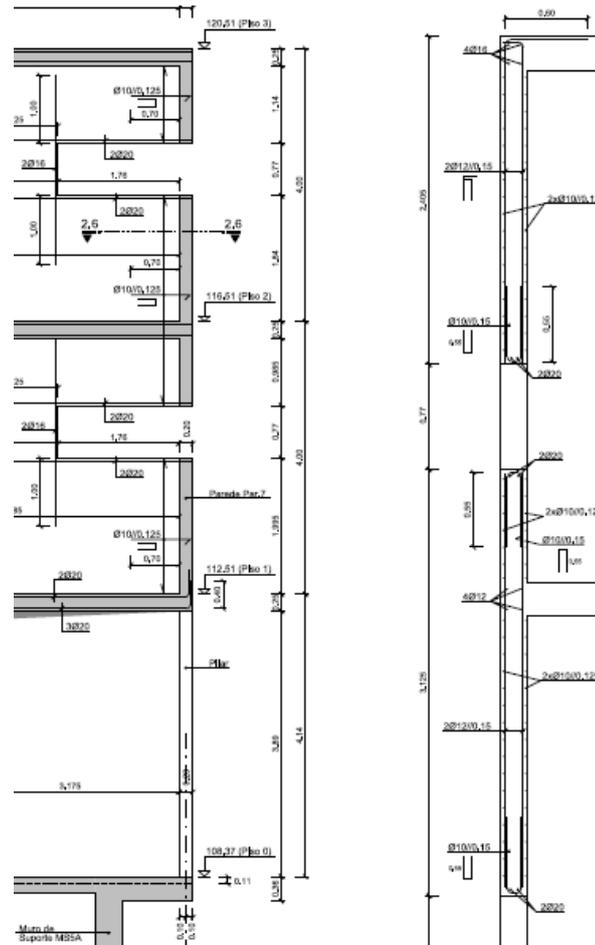


Figura 92 – Configurações dos desenhos fornecidos (dados Mota-Engil)

Uma vez obtidas as configurações específicas para a criação de desenhos, o autor foi trabalhando e desenvolvendo desenhos representativos de todos os tipos de elementos construtivos que sofreram modelação de armaduras: Lintéis; Reservatórios; Sapatas; Muros de Suporte; Caixa de Escadas e Caixas de Elevadores; Vigas; Pilares; e por fim, Paredes. Ao todo, o autor, criou 8 ficheiros de desenhos onde é possível verificar diversos pormenores de todos os tipos de elementos construtivos supramencionados.

Existem duas maneiras para aceder à lista de desenhos criados: (1) através do ícone que se encontra na barra de ferramentas (ver figura 93); (2) através de **“Desenhos e Listas → Lista de Desenhos”**. Em ambos os casos, uma janela com a lista de todos os desenhos criados é apresentada (ver figura 94).



Figura 93 – Ícone da barra de ferramentas para acesso à Lista de Desenhos (*software* Tekla Structures)

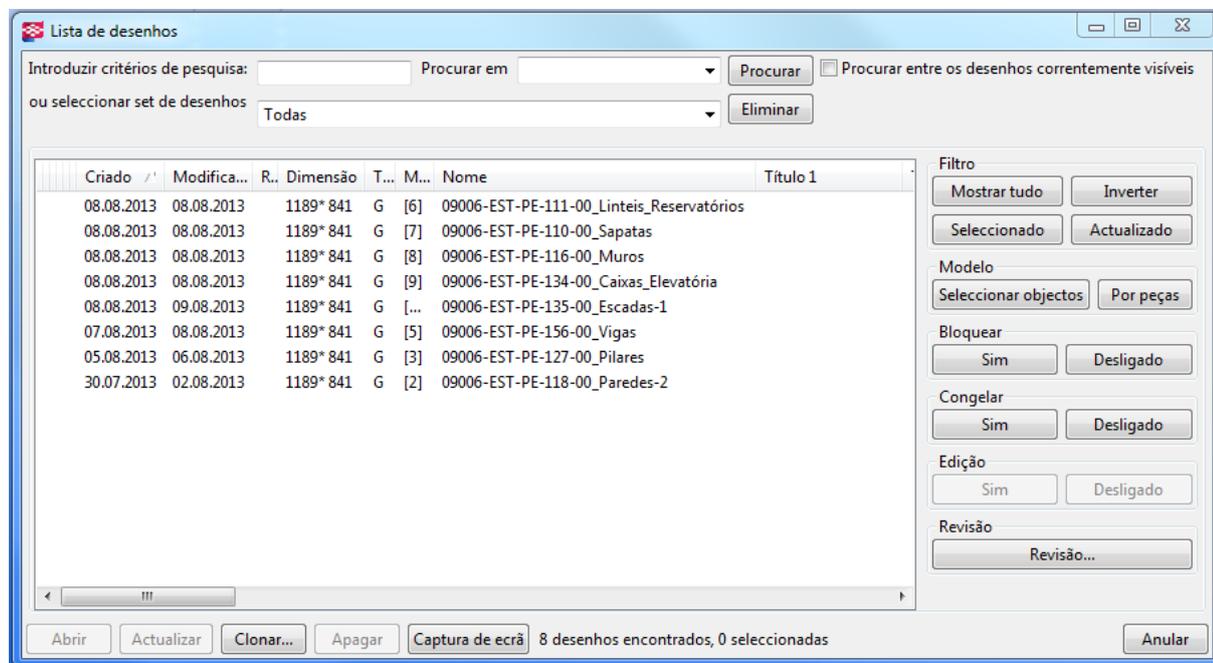


Figura 94 – Lista de Desenhos (*software* Tekla Structures)

Todos os desenhos criados podem ser observados através da consulta do **Anexo IV**. No referido anexo, encontram-se todos os desenhos e pormenores criados pelo autor, e ainda, exemplos de pormenores dos desenhos de projeto fornecidos. Deste modo, torna-se fácil proceder à comparação dos respetivos dados e chegar à conclusão que a extração de desenhos através do *software* é um processo eficiente e uma alternativa viável à utilização de softwares próprios para a produção de desenhos construtivos. É possível apresentar, nos desenhos, qualquer tipo de informação que o modelo possua, não existindo, deste modo, perda de informação entre as diversas etapas e processos de extração dos desenhos.

## 5. ANÁLISE DE INTEROPERABILIDADE DO MODELO

A interoperabilidade pode ser definida como "a capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informações e usar as informações que foram trocadas" (IEEE, 1990). A interoperabilidade permite a reutilização, comparação e validação dos dados de projeto, e assim, garantir a consistência entre os modelos (Howell [et al.], 2004). A interoperabilidade elimina o processo dispendioso de integrar todas as aplicações com outras aplicações. (Grilo [et al.], 2010)

Usualmente, os profissionais que trabalham com ferramentas BIM são, frequentemente, sobrecarregados com o desafio de integrar vários tipos de dados (dados espaciais, gráficos e tabelas) em inúmeros formatos de arquivo (Campbell, 2007). Como tal, um dos problemas da interoperabilidade gira em torno da qualidade e consistência dos modelos produzidos (Steel [et al.], 2009).

A melhor forma para testar a interoperabilidade de dados entre as ferramentas BIM é verificar a viabilidade de exportação de dados dos modelos produzidos entre as ferramentas BIM.

É com esta atitude que o autor apresenta a análise de interoperabilidade entre o *software*, no qual o modelo foi desenvolvido, o Tekla Structures, com alguns dos softwares/visualizadores existentes na indústria AEC: ViCOSoftware (VICO, 2013), Solibri (Solibri, 2013), ArchiCAD (ArchiCAD, 2013) e Tekla BIMsight (Tekla BIMsight, 2013).

### 5.1. Interoperabilidade entre Tekla Structures e ViCOSoftware

A passagem do modelo para o *software* ViCOSoftware, quer através do add-on específico existente no *software* Tekla Structures, quer através de ficheiro em formato IFC, não permite a importação de listas relacionadas com elementos de modelação, como por exemplo, as armaduras. Esta situação foi confirmada pela Trimble (Trimble, 2013). Portanto, no atual modelo não há nada que se possa fazer para importar as armaduras para o *software*.

Contudo, para um projeto de colaboração futura entre estes dois *softwares*, existe possibilidade de aproveitar as quantidades de armaduras provenientes do Tekla Structures. Para isso é necessário proceder da seguinte maneira:

1. Criação da organização dos elementos 3D no *software* VICOSoftware (por exemplo, Lajes de betão; Escadas de betão; Patamares das escadas; Pilares de betão; etc.);
2. Definir no *software* VICOSoftware as localizações de obra (pisos, zonas, ...) que serão utilizadas no planeamento físico da obra;
3. Extrair uma listagem de quantidades das armaduras do *software* Tekla Structures tendo em conta as localizações e tipos de elementos que estão definidas no *software* VICOSoftware;
4. Introduzir manualmente as quantidades das armaduras provenientes do *software* Tekla Structures no *software* VICOSoftware, através da funcionalidade de associar quantidades manuais aos elementos 3D existentes por localização. Ou seja, necessário ir à organização dos elementos 3D que foi gerada no *software* VICOSoftware (por exemplo: Lajes de betão), criar uma quantidade manual associada (por exemplo, designada armaduras) e introduzir os valores por localização (quer seja por piso, zona da obra ou outra localização definida).

Só no caso de o processo construtivo se realizar desta forma é que será possível aproveitar as quantidades calculadas pelo *software* Tekla Structures e utilizar todo o potencial do *software* VICOSoftware em termos de planeamento e controlo de obra, além da criação de vídeos de simulação do processo construtivo de todo o projeto.

## **5.2. Interoperabilidade entre Tekla Structures e Solibri**

A passagem do modelo para o *software* Solibri é realizada através do ficheiro em formato IFC. Em análise, verifica-se que este *software* não tem a capacidade para abrir o modelo na sua totalidade, acabando por “crashar”, ou seja, o programa deixa de responder. No entanto, é possível abrir e analisar partes pequenas do modelo, como por exemplo, alguns pilares, sapatas e vigas.

## **5.3. Interoperabilidade entre Tekla Structures e ArchiCAD**

No *software* ArchiCAD é possível a abertura do modelo em formato IFC. Da análise do modelo pode-se retirar as seguintes conclusões:

1. Toda a informação que é transmitida pelo modelo fica contida num único piso sendo muito complicado a visualização 2D.
2. Contrariamente, a visualização 3D do modelo é boa e contém um detalhe elevado.

3. Todos os objetos do modelo são automaticamente identificados pelo *software* como “Objetos”, não existindo propriedades específicas no *software* ArchiCAD para retirar qualquer quantidade útil. Como tal não é possível a extração das quantidades de armaduras, quer em volume, quer em quilogramas.

#### **5.4. Interoperabilidade entre Tekla Structures e Tekla BIMsight**

Sendo o Tekla BIMsight um visualizador de modelos BIM em formato IFC ou diretamente extraídos do Tekla Structures, era de prever que a interoperabilidade entre estes dois *softwares* fosse de alto desempenho. Analisando o modelo através do visualizador Tekla BIMsight verifica-se que as informações referentes aos objetos presentes no modelo, tais como sapatas, pilares, vigas, lajes, entre outros, e ainda informações referentes às descrições de cada objeto e ligações entre objetos é de elevado detalhe, garantindo, desta forma, que todo o modelo criado é transferido sem haver perda de informação.

## 6. TRABALHOS DESENVOLVIDOS

O autor foi adquirindo e atualizando o seu conhecimento relativo ao tema, seja através da constante recolha e estudo da bibliografia científica, seja através da participação e acompanhamento de conferências, seminários e *workshops* sobre a área.

Tendo em conta todo este conhecimento adquirido, o qual permitiu o desenvolvimento desta dissertação, o autor envolveu-se, ainda, em várias atividades de carácter pedagógico que de seguida são referidas.

### 6.1. Artigo científico publicado em conferência

- O autor submeteu e publicou como primeiro autor um artigo científico para a 1st BIM International Conference (BIC) que decorreu na cidade do Porto – Portugal, durante os dias 20 e 21 de junho de 2013, intitulado “Measurements and budgeting of reinforced concrete in BIM” (BIC 2013) (Sousa [*et al.*], 2013)

### 6.2. Palestrante e orador convidado

- *Workshop* de modelação subordinado ao tema “BIM nas estruturas de betão armado” realizado na Escola de Engenharia da Universidade do Minho, no dia 16 de abril de 2013, tendo o autor apresentado “Modelação e pormenorização – Tekla Structures”
- Apresentação sobre “Introdução ao BIM – contributo para as medições e orçamentação” realizada na Escola de Engenharia da Universidade do Minho, no âmbito da UC denominada OGC I relativa ao 2º ano do MIEC, no dia 18 de abril de 2013, a convite do Professor Doutor João Pedro Couto
- Palestra no âmbito do MCRS do DEC da Universidade do Minho relativo à UC exclusivamente dedicada a BIM, denominada “Building Information Modeling: Conceção, Projeto e Construção”, no dia 11 de maio de 2013, tendo o autor abordado aspetos de modelação e pormenorização do *software* Tekla Structures e, ainda, uma pequena apresentação do *software* VICOSoftware, a convite do Professor Doutor João Pedro Couto

- Orador no âmbito da 1st BIM International Conference (BIC), tendo o autor apresentado o seu artigo científico “Measurements and budgeting of reinforced concrete in BIM” (BIC 2013) (Sousa [*et al.*], 2013)

### **6.3.Exposição de Poster na Semana do DEC da UM**

- O autor contribuiu com a elaboração de um *poster* relativo ao seu plano de dissertação para a exposição “A Engenharia Civil na Universidade do Minho” enquadrada nas atividades que foram desenvolvidas durante a Semana do DEC da Universidade do Minho, que decorreram desde o dia 24 de abril de 2013 até ao dia 3 de maio do respetivo ano

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS

### 7.1. Considerações Finais

A utilização das tecnologias BIM, no ramo da Engenharia Civil, têm sido uma aposta constante, e cada vez mais certa, nos projetos de construção. Muitos são os estudos que tentam, a cada passo, explorar afincadamente o conceito BIM e a oferta de potencial que a utilização da metodologia BIM imprime nos processos construtivos. Na realização desta dissertação pretendeu-se evidenciar alguns problemas que impedem uma difusão mais acelerada do BIM, como por exemplo, os problemas de fiabilidade dos modelos e os problemas de interoperabilidade entre as tecnologias BIM.

Começou-se por apresentar o conceito BIM, alguns objetivos e potencialidades que beneficiam todo o setor da construção civil. Foram ainda enumerados alguns exemplos de aplicação da metodologia, constatando-se que a aplicação BIM ainda se encontra pouco generalizada no que concerne às medições, orçamentações e detalhes das armaduras de betão armado.

Em seguida, fez-se a abordagem ao trabalho a desenvolver na presente dissertação. Foi apresentado, como caso de estudo, a utilização do *software* Tekla Structures para a modelação das armaduras de betão armado de um edifício. Como objetivos prementes, do caso de estudo assinalado, estaria a contribuição para o desenvolvimento de processos mais eficientes, especificamente, no que concerne aos processos de medição e orçamentação; na verificação da viabilidade de exportação de dados dos modelos produzidos, entre as ferramentas BIM; e ainda, contribuição para uma maior dinamização e formação das metodologias BIM no meio académico.

O primeiro passo para o desenrolar do caso de estudo, foi o desenvolvimento dos processos relativos à respetiva modelação das armaduras de betão armado através do *software*. Analisando este processo, o autor constatou que a modelação das armaduras de betão armado é um processo minucioso e trabalhoso, pois além de ser necessário conhecimentos para manusear o *software* na perfeição, é necessário conhecimentos adequados da análise e leitura de projetos. No entanto, como resultados finais da modelação das armaduras, foram encontradas muitas das numerosas vantagens que caracterizam as ferramentas BIM. Salienta-se então, como vantagens, a facilidade de interpretação de inúmeros pormenores relativos aos diferentes elementos

construtivos, maior capacidade de recolha de informação relativa a incompatibilidades que em obra seriam quase impossíveis de verificar e maior capacidade de coordenação de trabalhos devido à visão holística de todo o processo construtivo numa fase ainda preliminar.

De seguida ocorreu a extração dos resultados consequentes da modelação anteriormente efetuada. Na parte da extração das quantidades relativas às armaduras modeladas, o autor, encontrou alguns obstáculos. Foi necessário um trabalho cuidadoso para fazer com que o *software* procedesse à extração das quantidades conforme as necessidades do autor. Os primeiros resultados apresentavam valores ilógicos de quantidades de armaduras. No entanto, esse obstáculo foi ultrapassado e, por fim, os valores extraídos resultantes da modelação enquadraram-se numa gama de valores aceitáveis e que estavam de acordo com os valores comparativos. Comparando, então, os valores extraídos com os valores fornecidos verificou-se que os valores extraídos, na sua totalidade, são inferiores aos valores fornecidos. Isto quer dizer que existe uma redução na quantidade de recursos materiais. Ou seja, houve uma maior racionalização das quantidades utilizadas, que pode indicar uma gestão mais eficiente de recursos. Na parte da extração dos desenhos obtidos devido à modelação, o autor, deparou-se com um processo simples e intuitivo. Rapidamente obteve desenhos dos diversos pormenores construtivos e com todas as informações que pretendia. Este é um processo que pode ser benéfico pois é possível a obtenção de desenhos com todas as informações necessárias ao apoio do projeto, com elevada qualidade e em tempos muito reduzidos. Desenhos com as qualidades informativas e gerados em tempos muito reduzidos dificilmente se obtêm através das metodologias convencionais.

Consequentemente foi abordado mais um problema que se tem evidenciado na utilização da metodologia BIM, a interoperabilidade. No caso, foi observada a interoperabilidade entre o software Tekla Structures e alguns dos softwares BIM mais utilizados, designadamente: VICOSoftware; Solibri; ArchiCAD; e Tekla BIMsight. Revelou-se que, entre os *softwares*, ainda existem algumas deficiências na transmissão e passagem de informação, destacando-se, em alguns casos, a perda de informação e a incompatibilidade de modelos. Tais dificuldades podem ser ultrapassadas através do melhoramento das compatibilidades entre ferramentas BIM. Para tal, será necessário o empenho de todos os investigadores e especialista de *softwares* para otimizarem as ferramentas BIM e, em conjunto, ultrapassarem os obstáculos de incompatibilidade encontradas, fazendo com que se verifique gradualmente um aumento de qualidade e consistência dos modelos produzidos.

Na parte final da dissertação, e aproveitando o conhecimento adquirido, o qual permitiu ao autor o desenvolvimento deste trabalho, o autor apresentou algumas das atividades de carácter pedagógico em que se envolveu, e que permitiram uma maior dinamização do ensino e formação das metodologias BIM no meio académico, e também uma atividade de promoção, divulgação e troca de experiência promovida pelo GT – BIM da PTPC (Grupo de trabalho BIM da Plataforma Tecnológica Portuguesa para a Construção) que permitiu, ao autor, adquirir competências relativas às metodologias BIM, muito uteis para o apoio do desenvolvimento da presente dissertação.

## **7.2. Perspetivas futuras**

Com o conhecimento adquirido através da realização desta dissertação, o autor percebeu que ainda existe muito a desenvolver num futuro muito próximo. De salientar que o BIM não é um processo para um futuro próximo, mas sim, BIM é um processo que já faz parte do presente. No entanto, ainda pouco tem sido feito para difundir esta metodologia no setor da construção. A verdade é que, as empresas de topo, com maior capital financeiro, são as que têm vindo a aproveitar todas as potencialidades das metodologias BIM, enquanto que, as empresas médias e pequenas, com reduzido capital financeiro, ainda não tiveram grandes possibilidades de implementar nos seus projetos estas metodologias BIM, pois, as para a implementação de metodologias BIM é necessário, além de investimento inicial em *softwares*, um investimento em formação e/ou pessoal especializado para administrar tais ferramentas. Portanto, o autor, considera que o BIM tem obrigatoriamente de passar pelo meio académico, através da preparação e formação dos estudantes, tornando-os capazes de saírem para o mercado de trabalho com as competências e conhecimentos específicos para utilizarem as metodologias BIM. É necessário um maior investimento em formações, seminários e *workshops* para que a partilha e troca de conhecimentos seja cada vez maior, e para que o interesse sobre este tema aumente ou desperte no seio académico.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUSTSSON, G. I. (2007) – *Building Information Modeling and the impact on the building industry*. Copenhagen Technical Academy. 2007. 31 p.

AIA (2007) – *BIM for Engineering*. 2007. Available: <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aias076935.pdf>. Acedido a: 25-02-2013

AIA (2009) – *Interoperability Position Statement*. The American Institute of Architects. 2009. 3p.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. (2009) – *Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em Arquitetura por meio do formato IFC*. FEC. Vol. 4, nº2. 111 p.

ARCHICAD (2013). *ArchiCAD web page*. Available: <http://www.graphisoft.com/archicad/>

AUTODESK (2007) – *BIM's Return on Investment*. *Revit Building Information Modeling*, Autodesk. 5 p.

BUILDINGSMART (2013). *BuildingSmart web page*. Available: <http://www.buildingsmart.org/>

BURT, B. A. (2009) – *BIM Interoperability, The promise and the Reality*. STRUCTURE magazine. 2009. p. 19-21.

CAMPBELL, D. A (2007) – *Building Information Modeling: The Web3D Application for AEC*. Web3D 2007, Perugia, Italy. April 15-18, 2007. p. 1-5.

CONSTRUSOFT (2013) – *Construsoft web page*. Available: <http://www.construsoft.pt/site/pt/>

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. (2008) - *BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2008. 490 p. ISBN 978-0-470-18528-5.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. (2011) – *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, designers, Engineers, and*

*Contractors*. Second Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2011. 626 p. ISBN 978-0-470-54137-1.

EASTMAN, C. [et al.] (2010). *Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards*. Journal of Computing in Civil Engineering, p. 24-25.

FERREIRA A. (2010) – *Geração BIM, Interoperabilidade e Normalização BIM em Ambiente Colaborativo*. Magazine Digital eUAU!. 2010.

FERREIRA, B. F. V. (2011). *Aplicação de Conceitos BIM à Instrumentação de Estruturas*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2011. 108 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

GRILO, A.; JARDIM-GONÇALVES, R. (2010) – *Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments*. Automation in Construction 19, 2010. p. 522-530.

GUDNASON, G. (2000) – *Construction information technology 2000 taking the construction industry into the 21st century proceedings*. International Conference on Construction Information Technology. Reykjavik: Icelandic Building Research Institute

HM GOVERNMENT (2012) – *BIM. Industrial strategy: government and industry in partnership*. 2012. 23 p.

HOWELL, I.; BATCHELER, B. (2004) – *Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential, Some Success and Several Limitations*. 2004. p. 9.

IEEE (1990) - Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries. New York, NY: 1990.

LIEBICH T. (2010) – *Unveiling IFC2x4*. BuildingSMART. 2010. 14 p.

LINO, J. C.; AZENHA, M.; LOURENÇO, P. (2012) – *Integração da metodologia BIM na Engenharia de Estruturas*. Encontro Nacional de BETÃO ESTRUTURAL - BE2012. Porto: outubro, 2012.

MARTINS, J. P. (2009) – *Licenciamento Automático de Projetos – Uma Solução para um Problema de Cooperação?*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009. 10 p.

MAUNULA, ANTTI (2008) - *The Implementation of Building Information Modling (BIM); A Process Perspective*. Helsinki University of Technology SimLab, 2008.)

MHC'S (2009) – *The Business Value of BIM Getting Building Information Modeling to the Bottom Line*. SmartMarket Report. 50 p.

MHC'S (2010) – *The Business Value of BIM in Europe*. SmartMarket Report. 48 p.

MHC'S (2012) - *Business Value of BIM for Infrastructure*. SmartMarket Report. 60 p.

MONTEIRO, A. G. C. (2010) – *Avaliação da aplicabilidade do modelo IFC ao licenciamento automático de projetos de redes de distribuição predial de água*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2010. 132 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

MOTA-ENGIL – Áreas de negócio (2013). *Grupo Mota\_Engil web page*. Available: <http://www.mota-engil.pt/ProjectDetail.aspx?contentId=2653&searchlink=true&Language=1>

MOTA-ENGIL (2013) – *Grupo Mota\_Engil web page*. Available: <http://www.mota-engil.pt/>

SIGABIM. SOUSA, H.; MARTINS, J. P.; MONTEIRO, A. – *Secção de Construções Civas, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto* (2011)

SINERGIA, GRUPO MOTA-ENGIL – Vol. 40 (2012), p. 24-25

SOLIBRI (2013). *Solibri web page*. Available: <http://www.solibri.com/>

SOUSA, H.; COUTO, J. P.; MEIRELES, A. R. (2013) – *Modelling of the reinforced concrete of a building in BIM: Analysis of its contribution for a more efficient measurement and budgeting processes*. 1<sup>st</sup> BIM International Conference – BIC2013. Porto. junho, 2013.

STEEL, J.; DROGEMULLER, R.; TOTH, B. (2009) – *Model interoperability in building information modelling*. Brisbane, Australia. Queensland University of Technology. 2009. p. 1-11.

TEICHOLZ, P. (2004) *Labor Productivity Declines in the Construction Industry: Causes and Remedies*. 2004. Available: [http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue\\_4.html](http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_4.html). Acedido a: 25-02-2013

TEKLA BIMsight (2013). *Tekla BIMsight web page*. Available: <http://www.teklabimsight.com/>

TEKLA CAMPUS (2013). *Tekla Campus web page*. Available: <http://campus.tekla.com/>

TEKLA STRUCTURES (2013). *Tekla Structures web page*. Available: <http://www.tekla.com/>

TEKLA STRUCTURES – User Assistance (2013). *Tekla Structures web page*. Available: [http://teklastructures.support.tekla.com/180/en/mod\\_colors](http://teklastructures.support.tekla.com/180/en/mod_colors)

TRIMBLE (2013). *Trimble web page*. Available: <http://www.trimble.com/>

VICO Software (2013). *Vico Software web page*. Available: <http://www.vicosoftware.com/>

VICO Softwares – 5D BIM. *Vico Software web page*. Available: <http://www.vicosoftware.com/what-is5D-BIM/tabid/88207/Default.aspx>. Acedido a: 25-02-2013

YESSIOS, C.I. (2004) – *Are We Forgetting Design? AECbytes Viewpoint*, 2004. #10. Available: [http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue\\_10.html](http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_10.html). Acedido a: 22-02-2013



## **ANEXO**



## ANEXO I

Aqui apresentam-se algumas figuras referentes à modelação das armaduras de betão armado no *software* Tekla Structures.

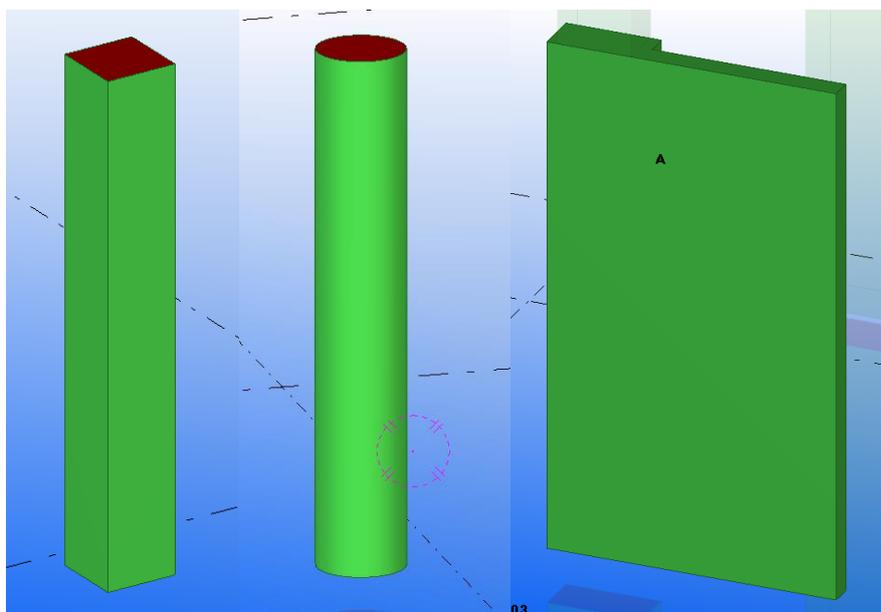


Figura 95 – Exemplos de alguns pilares a modelar

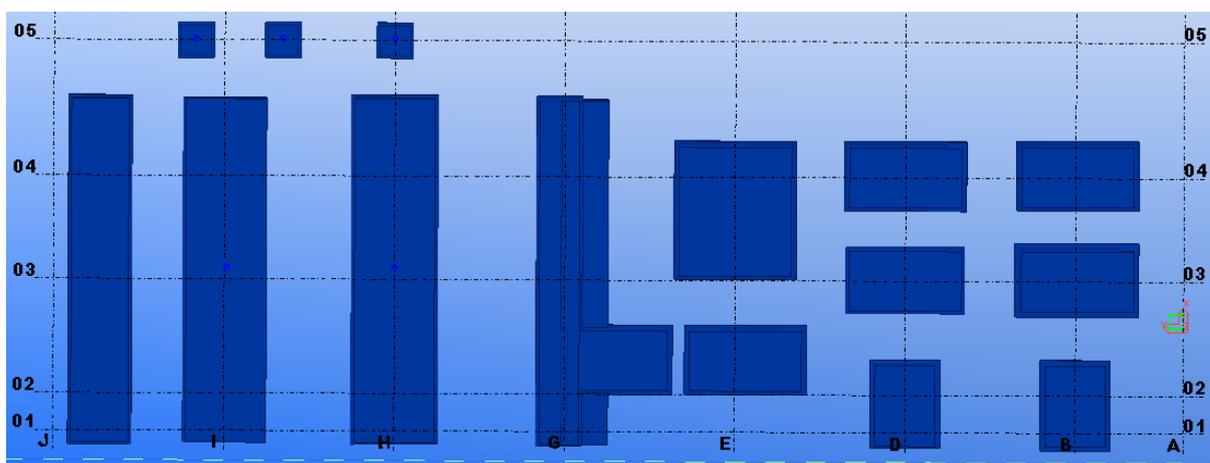


Figura 96 – Vista em planta da sapatas a modelar

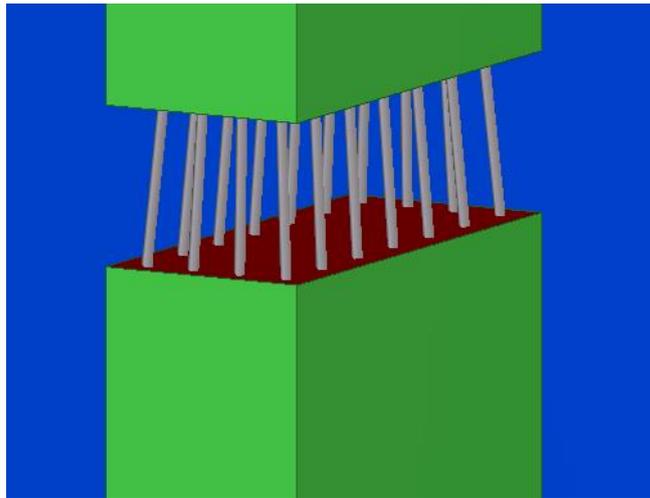


Figura 97 – Pormenor de ligação entre pilares

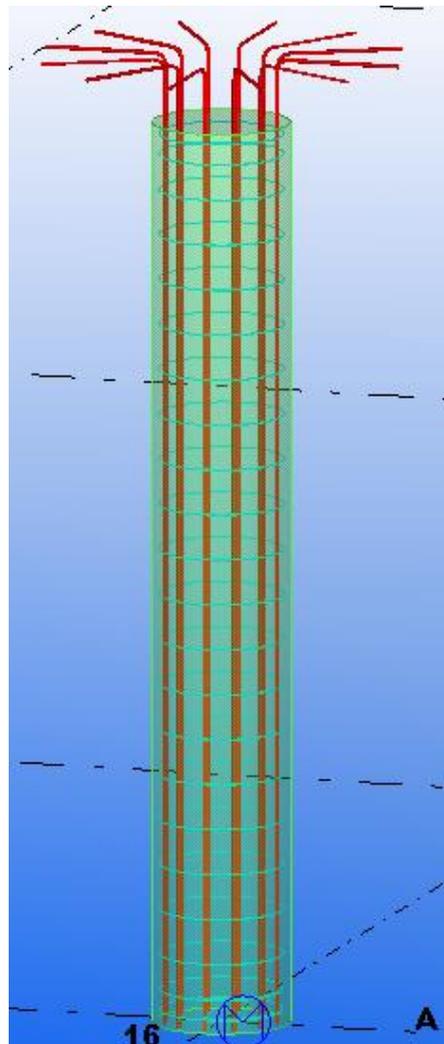


Figura 98 – Pormenor de armadura de um pilar redondo

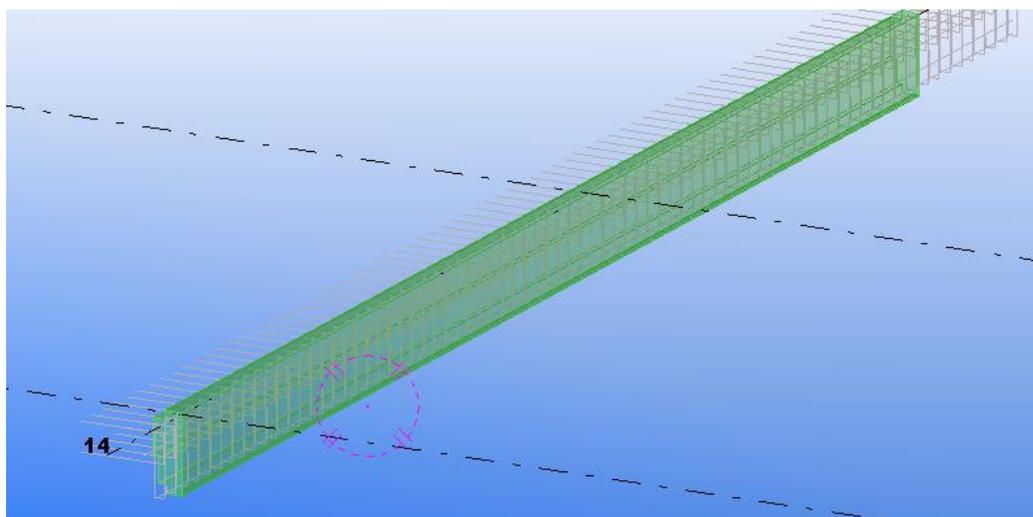


Figura 99 – Pormenor de armaduras de uma viga

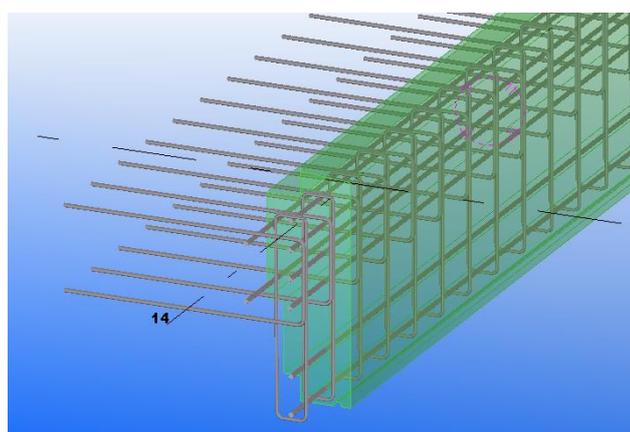


Figura 100 – Pormenor de armaduras da extremidade de uma viga

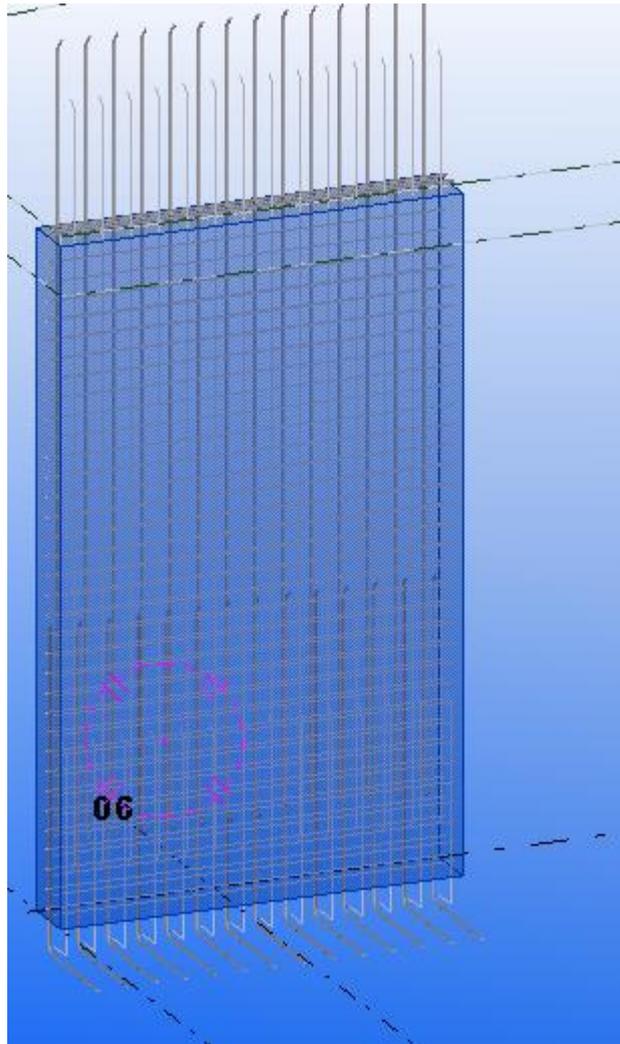


Figura 101 – Pormenor de armaduras de um muro de suporte (1)

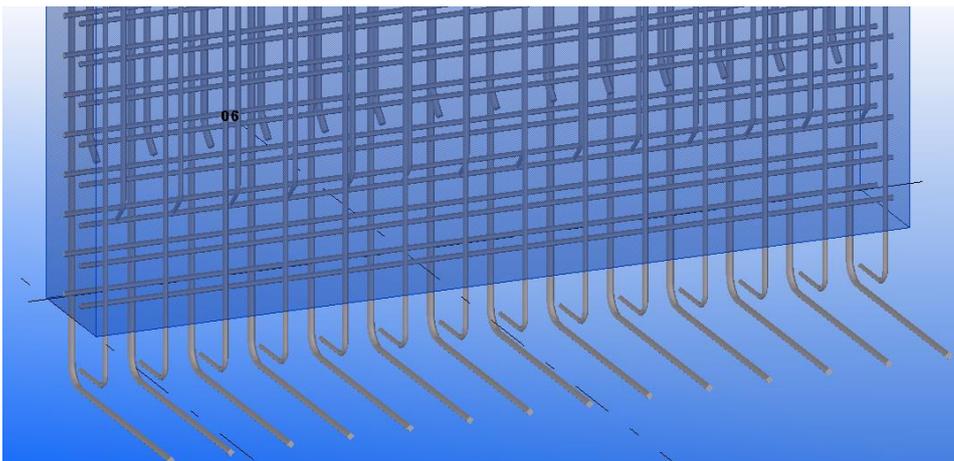


Figura 102 – Pormenor de armaduras de um muro de suporte (2)

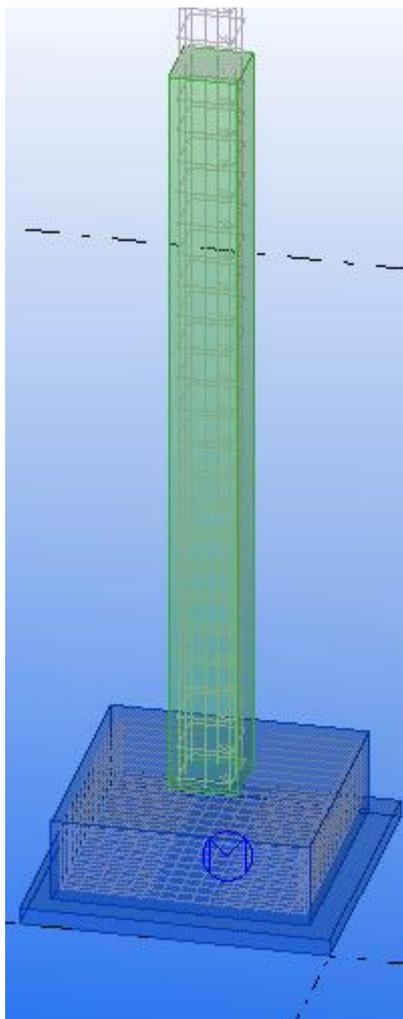


Figura 103 – Pormenor de um pilar e uma sapata

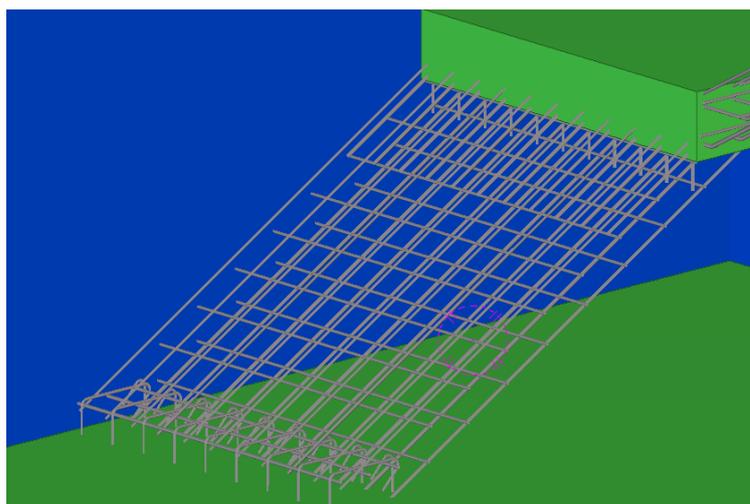


Figura 104 – Pormenor de armaduras das escadas (1)

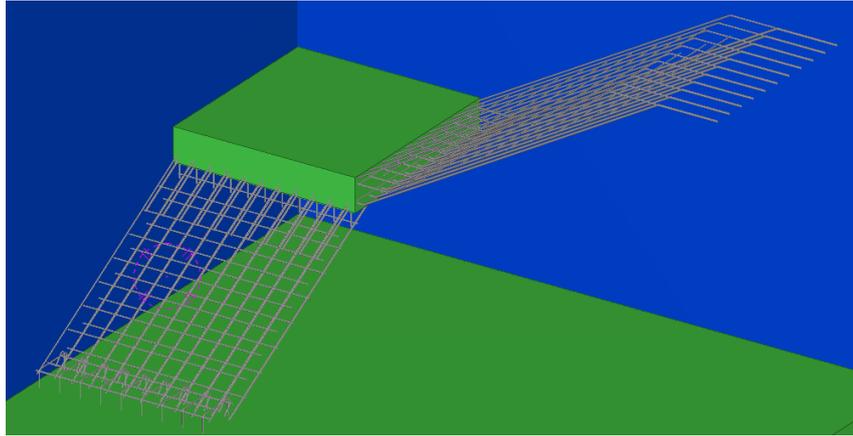


Figura 105 – Pormenor de armaduras das escadas (2)

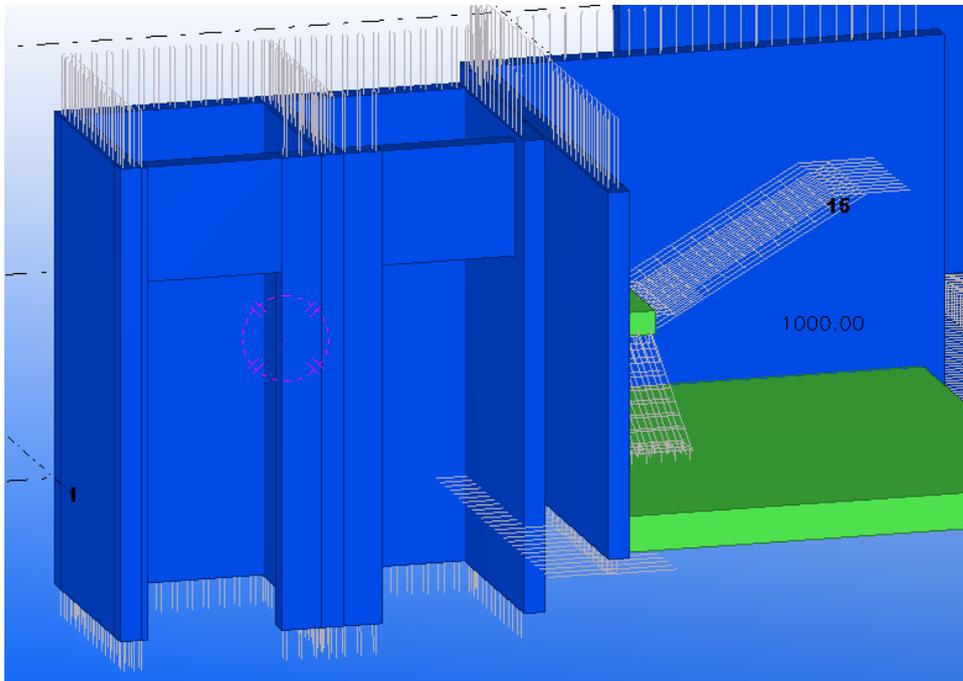


Figura 106 – Pormenor de caixa de elevadores e caixa de escadas (1)

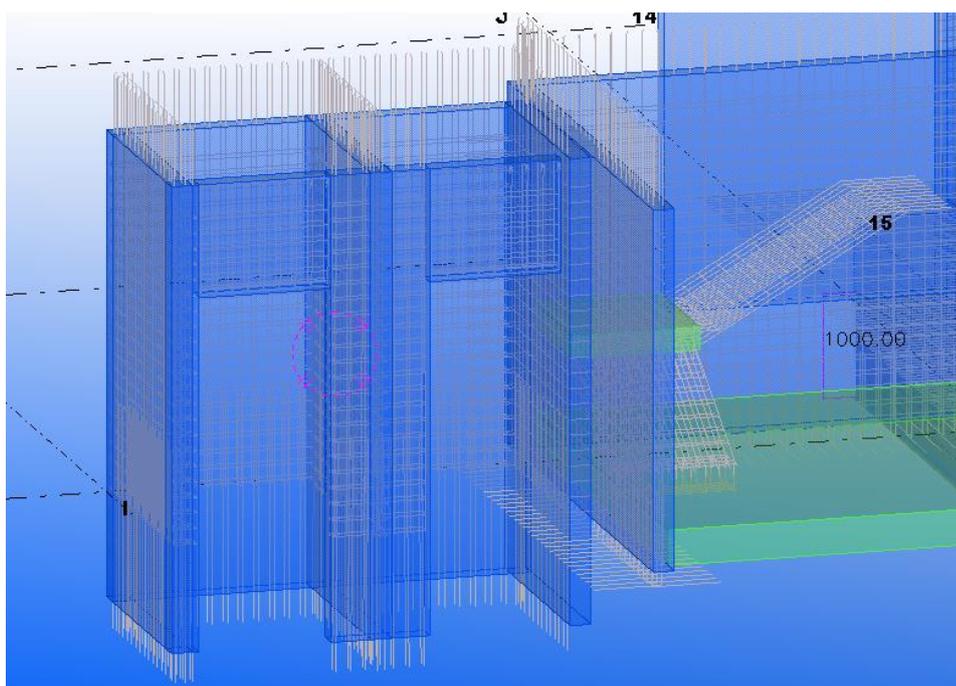


Figura 107 – Pormenor de caixa de elevadores e caixa de escadas (2)



## ANEXO II

### REBAR QUANTITY TAKEOFF

|                        |                |  |  |  |              |            |
|------------------------|----------------|--|--|--|--------------|------------|
| <b>Project Number:</b> | project n      |  |  |  | <b>Date:</b> | 09.09.2013 |
| <b>Project Name:</b>   | Construsoft bv |  |  |  | <b>Time:</b> | 16:08:18   |

| Qty  | Name  | Size | Grade  | Shape | Length | Weight (kg) |
|------|-------|------|--------|-------|--------|-------------|
| 1174 |       | 6    | A500HW | 4     |        | 180         |
| 148  |       | 6    | A500HW | 4_2   |        | 14          |
| 775  |       | 6    | A500HW | 7     |        | 196         |
| 195  |       | 6    | A500HW | 48    |        | 50          |
| 391  |       | 6    | A500HW | Unkno |        | 204         |
| 749  |       | 8    | A500HW | 1     |        | 480         |
| 39   |       | 8    | A500HW | 2_1   |        | 16          |
| 36   |       | 8    | A500HW | 3_1   |        | 53          |
| 1604 |       | 8    | A500HW | 4     |        | 934         |
| 2412 |       | 8    | A500HW | 5_1   |        | 3409        |
| 666  |       | 8    | A500HW | 5_2   |        | 139         |
| 109  |       | 8    | A500HW | 8     |        | 155         |
| 50   |       | 8    | A500HW | 19    |        | 25          |
| 24   |       | 8    | A500HW | 27    |        | 6           |
| 27   | STRRP | 8    | A500HW | 48    |        | 20          |
| 4810 |       | 8    | A500HW | 48    |        | 3351        |
| 4899 |       | 8    | A500HW | Unkno |        | 3594        |
| 1643 |       | 10   | A500HW | 1     |        | 5133        |
| 257  |       | 10   | A500HW | 2_1   |        | 364         |
| 119  |       | 10   | A500HW | 3_1   |        | 139         |
| 2634 |       | 10   | A500HW | 4     |        | 2591        |
| 108  |       | 10   | A500HW | 5_1   |        | 258         |
| 1107 |       | 10   | A500HW | Unkno |        | 2569        |
| 5574 |       | 12   | A500HW | 1     |        | 21953       |
| 325  |       | 12   | A500HW | 2_1   |        | 804         |
| 32   |       | 12   | A500HW | 2_2   |        | 85          |
| 819  |       | 12   | A500HW | 3_1   |        | 1461        |
| 218  |       | 12   | A500HW | 4     |        | 482         |
| 221  |       | 12   | A500HW | 4_2   |        | 840         |
| 1042 |       | 12   | A500HW | 5_1   |        | 3741        |
| 72   |       | 12   | A500HW | 8     |        | 324         |
| 48   |       | 12   | A500HW | 8_2   |        | 125         |
| 12   |       | 12   | A500HW | 29_6  |        | 49          |

|      |            |    |        |              |               |          |
|------|------------|----|--------|--------------|---------------|----------|
| 2184 |            | 12 | A500HW | Unkno        |               | 5742     |
| 3    |            | 12 | S500   | 1            |               | 8        |
| 1528 |            | 16 | A500HW | 1            |               | 18627    |
| 639  |            | 16 | A500HW | 2_1          |               | 7667     |
| 338  |            | 16 | A500HW | 2_2          |               | 2208     |
| 560  |            | 16 | A500HW | 3_1          |               | 3008     |
| 346  | Primary Bo | 16 | A500HW | 4            |               | 2344     |
| 1800 |            | 16 | A500HW | 4            |               | 7340     |
| 1796 |            | 16 | A500HW | 4_2          |               | 8493     |
| 2132 |            | 16 | A500HW | 5_1          |               | 15752    |
| 10   |            | 16 | A500HW | 5_2          |               | 40       |
| 340  |            | 16 | A500HW | 8_2          |               | 2663     |
| 174  |            | 16 | A500HW | 19           |               | 1084     |
| 174  |            | 16 | A500HW | 39           |               | 758      |
| 32   |            | 16 | A500HW | 56           |               | 235      |
| 83   |            | 16 | A500HW | Unkno        |               | 598      |
| 12   |            | 16 | S500   | 2_2          |               | 32       |
| 36   |            | 16 | S500   | 8_2          |               | 110      |
| 58   | REBAR      | 20 | A500HW | 1            |               | 2400     |
| 391  |            | 20 | A500HW | 1            |               | 7367     |
| 4    |            | 20 | A500HW | 2_1          |               | 30       |
| 286  |            | 20 | A500HW | 2_2          |               | 2567     |
| 27   |            | 20 | A500HW | 3_1          |               | 497      |
| 430  |            | 20 | A500HW | 4            |               | 5568     |
| 5    |            | 20 | A500HW | 4_2          |               | 62       |
| 11   |            | 20 | A500HW | 5_1          |               | 253      |
| 256  |            | 20 | A500HW | 8_2          |               | 3359     |
| 218  |            | 20 | A500HW | Unkno        |               | 1584     |
| 14   |            | 20 | S500   | 8_2          |               | 42       |
| 170  |            | 25 | A500HW | 1            |               | 3194     |
| 160  |            | 25 | A500HW | 2_2          |               | 2480     |
| 145  |            | 25 | A500HW | 8_2          |               | 3171     |
| 4    |            | 25 | A500HW | Unkno        |               | 80       |
|      |            |    |        | <b>Total</b> | <b>Weight</b> | 163110.1 |

## ANEXO III

---

### LISTADO DE ARMADURAS DE TEKLA STRUCTURES

Modelo: UPTEC\_v2.3

---

| Número | Ø | Long. | Forma | Parte | Calidad | Peso/ud | Peso | Dimensiones | Nota |
|--------|---|-------|-------|-------|---------|---------|------|-------------|------|
|--------|---|-------|-------|-------|---------|---------|------|-------------|------|

---

Fase:3 Lajes

|     |    |  |     |       |        |       |         |       |     |
|-----|----|--|-----|-------|--------|-------|---------|-------|-----|
| 134 | 8  |  | Unk | W0(?) | A500HW | 0.51  | 67.9    |       |     |
| 37  | 12 |  | 3_1 | W0(?) | A500HW | 3.27  | 114.1   | 3281  | 401 |
| 783 | 16 |  | 1   | W0(?) | A500HW | 27.22 | 13045.2 | 17229 |     |
| 522 | 16 |  | 2_1 | W0(?) | A500HW | 11.81 | 6948.4  | 7168  | 344 |
| 3   | 20 |  | Unk | W0(?) | A500HW | 24.85 | 74.6    |       |     |

---

Total 20250 kg

---

Fase:6 Linteis

|     |    |  |     |       |        |       |       |      |      |
|-----|----|--|-----|-------|--------|-------|-------|------|------|
| 39  | 8  |  | 2_1 | W0(?) | A500HW | 0.40  | 15.7  | 930  | 105  |
| 275 | 8  |  | 4   | W0(?) | A500HW | 0.80  | 197.7 | 125  | 1811 |
| 50  | 8  |  | 19  | W0(?) | A500HW | 0.52  | 25.2  | 125  | 935  |
| 86  | 10 |  | 1   | W0(?) | A500HW | 3.80  | 216.1 | 6151 |      |
| 22  | 12 |  | 1   | W0(?) | A500HW | 0.53  | 71.8  | 601  |      |
| 4   | 20 |  | 4   | W0(?) | A500HW | 22.45 | 90.3  | 340  | 8509 |

---

-----  
 Total 617 kg  
 -----

Fase:7 Muros Sup

|      |    |     |       |        |      |         |          |     |
|------|----|-----|-------|--------|------|---------|----------|-----|
| 82   | 8  | 4   | W0(?) | A500HW | 0.47 | 38.6    | 505 211  | 505 |
| 3065 | 12 | 1   | W0(?) | A500HW | 2.28 | 14113.4 | 2568     |     |
| 46   | 12 | 2_1 | W0(?) | A500HW | 1.33 | 61.0    | 1067 457 |     |
| 293  | 12 | 3_1 | W0(?) | A500HW | 1.43 | 572.1   | 1560 62  |     |
| 392  | 12 | 5_1 | W0(?) | A500HW | 1.45 | 1093.5  | 62 1521  | 62  |
| 1490 | 12 | Unk | W0(?) | A500HW | 3.28 | 4061.1  |          |     |
| 51   | 16 | 1   | W0(?) | A500HW | 6.86 | 406.4   | 4340     |     |
| 141  | 16 | 3_1 | W0(?) | A500HW | 8.34 | 1015.3  | 5221 64  |     |
| 1580 | 16 | 4_2 | W0(?) | A500HW | 6.79 | 7168.5  | 809 3470 | 64  |
| 828  | 16 | 5_1 | W0(?) | A500HW | 8.91 | 6286.6  | 64 5532  | 64  |
| 209  | 20 | Unk | W0(?) | A500HW | 6.78 | 1427.9  |          |     |

-----  
 Total 36244 kg  
 -----

Fase:9 Par. CX e ELEV

|      |   |     |       |        |      |        |          |     |
|------|---|-----|-------|--------|------|--------|----------|-----|
| 596  | 8 | 1   | W0(?) | A500HW | 0.55 | 307.5  | 1380     |     |
| 36   | 8 | 3_1 | W0(?) | A500HW | 1.90 | 53.0   | 4510 301 |     |
| 144  | 8 | 4   | W0(?) | A500HW | 0.37 | 115.3  | 405 160  | 405 |
| 1868 | 8 | 5_1 | W0(?) | A500HW | 0.88 | 2147.9 | 35 2156  | 35  |
| 109  | 8 | 8   | W0(?) | A500HW | 1.63 | 154.6  | 301 3540 | 301 |
| 938  | 8 | 48  | W0(?) | A500HW | 0.75 | 675.9  | 106 720  | 160 |

---

|      |    |     |       |        |      |        |      |          |
|------|----|-----|-------|--------|------|--------|------|----------|
| 2777 | 8  | Unk | W0(?) | A500HW | 0.58 | 2056.8 |      |          |
| 26   | 10 | 1   | W0(?) | A500HW | 0.86 | 21.8   | 1399 |          |
| 121  | 10 | 2_1 | W0(?) | A500HW | 0.97 | 119.6  | 1361 | 227      |
| 119  | 10 | 3_1 | W0(?) | A500HW | 1.21 | 138.7  | 1664 | 301      |
| 12   | 10 | 4   | W0(?) | A500HW | 1.49 | 17.9   | 256  | 1949 256 |
| 108  | 10 | 5_1 | W0(?) | A500HW | 2.52 | 257.7  | 36   | 4020 36  |
| 313  | 10 | Unk | W0(?) | A500HW | 0.93 | 667.9  |      |          |
| 131  | 12 | 1   | W0(?) | A500HW | 3.51 | 243.6  | 3950 |          |
| 181  | 12 | 3_1 | W0(?) | A500HW | 1.46 | 334.8  | 1342 | 301      |
| 15   | 12 | 4   | W0(?) | A500HW | 3.63 | 57.4   | 257  | 3623 257 |
| 218  | 12 | 4_2 | W0(?) | A500HW | 3.83 | 827.6  | 427  | 3885 37  |
| 642  | 12 | 5_1 | W0(?) | A500HW | 4.15 | 2612.3 | 37   | 4617 37  |
| 72   | 12 | 8   | W0(?) | A500HW | 4.83 | 323.9  | 1404 | 3643 401 |
| 48   | 12 | 8_2 | W0(?) | A500HW | 2.59 | 125.3  | 1452 | 1172 301 |
| 12   | 12 | 29_ | W0(?) | A500HW | 4.06 | 48.7   | 129  | 368 3702 |
| 480  | 12 | Unk | W0(?) | A500HW | 4.39 | 1321.9 |      |          |
| 170  | 16 | 1   | W0(?) | A500HW | 5.59 | 922.8  | 3540 |          |
| 16   | 16 | 2_1 | W0(?) | A500HW | 6.81 | 108.9  | 3840 | 510      |
| 419  | 16 | 3_1 | W0(?) | A500HW | 3.49 | 1993.1 | 2178 | 39       |
| 206  | 16 | 4_2 | W0(?) | A500HW | 6.90 | 1255.0 | 510  | 3869 39  |
| 1294 | 16 | 5_1 | W0(?) | A500HW | 6.88 | 9387.7 | 39   | 4297 39  |
| 10   | 16 | 5_2 | W0(?) | A500HW | 3.97 | 40.0   | 74   | 119 74   |
| 66   | 16 | Unk | W0(?) | A500HW | 6.29 | 422.4  |      |          |

---

Total 26760 kg

---

Fase:10 Paredes

|      |    |     |       |        |       |        |          |     |
|------|----|-----|-------|--------|-------|--------|----------|-----|
| 195  | 6  | 48  | W0(?) | A500HW | 0.22  | 50.1   | 80 288   | 158 |
| 125  | 8  | 1   | W0(?) | A500HW | 0.58  | 122.0  | 1460     |     |
| 544  | 8  | 5_1 | W0(?) | A500HW | 1.05  | 1261.4 | 35 2598  | 35  |
| 24   | 8  | 5_2 | W0(?) | A500HW | 0.62  | 15.0   | 65 110   | 65  |
| 24   | 8  | 27  | W0(?) | A500HW | 0.27  | 6.5    | 76 569   | 76  |
| 11   | 8  | 48  | W0(?) | A500HW | 0.90  | 9.9    | 106 920  | 140 |
| 859  | 8  | Unk | W0(?) | A500HW | 0.41  | 518.2  |          |     |
| 1440 | 10 | 1   | W0(?) | A500HW | 4.64  | 4232.7 | 7525     |     |
| 52   | 10 | 2_1 | W0(?) | A500HW | 2.59  | 95.2   | 3895 320 |     |
| 2086 | 10 | 4   | W0(?) | A500HW | 0.73  | 1688.0 | 556 142  | 556 |
| 63   | 10 | Unk | W0(?) | A500HW | 2.39  | 126.2  |          |     |
| 1880 | 12 | 1   | W0(?) | A500HW | 1.76  | 4253.0 | 1980     |     |
| 259  | 12 | 2_1 | W0(?) | A500HW | 4.08  | 709.7  | 3980 644 |     |
| 4    | 12 | 2_2 | W0(?) | A500HW | 2.75  | 7.3    | 2924 207 |     |
| 308  | 12 | 3_1 | W0(?) | A500HW | 1.43  | 439.8  | 1578 37  |     |
| 153  | 12 | 4   | W0(?) | A500HW | 1.72  | 306.6  | 932 144  | 932 |
| 8    | 12 | 5_1 | W0(?) | A500HW | 4.35  | 34.8   | 37 4837  | 37  |
| 109  | 16 | 1   | W0(?) | A500HW | 5.85  | 869.8  | 3704     |     |
| 43   | 16 | 2_1 | W0(?) | A500HW | 5.34  | 198.5  | 2909 508 |     |
| 68   | 16 | 2_2 | W0(?) | A500HW | 4.11  | 358.8  | 2134 509 |     |
| 22   | 16 | 4   | W0(?) | A500HW | 4.79  | 114.5  | 509 2093 | 509 |
| 10   | 16 | 4_2 | W0(?) | A500HW | 7.03  | 69.8   | 569 3888 | 39  |
| 10   | 16 | 5_1 | W0(?) | A500HW | 7.74  | 77.7   | 39 4837  | 39  |
| 110  | 20 | 1   | W0(?) | A500HW | 8.35  | 1790.3 | 3381     |     |
| 4    | 20 | 2_1 | W0(?) | A500HW | 6.70  | 30.5   | 2251 511 |     |
| 9    | 20 | 3_1 | W0(?) | A500HW | 15.05 | 168.0  | 6063 41  |     |
| 5    | 20 | 4_2 | W0(?) | A500HW | 12.49 | 62.4   | 411 4661 | 41  |
| 5    | 20 | 5_1 | W0(?) | A500HW | 23.37 | 116.9  | 41 9403  | 41  |
| 2    | 20 | Unk | W0(?) | A500HW | 24.85 | 49.7   |          |     |

---

Total 17783 kg

---

Fase:2 Pilares

|      |    |     |       |        |       |        |          |      |
|------|----|-----|-------|--------|-------|--------|----------|------|
| 27   | 8  | 48  | 0(?)  | A500HW | 0.75  | 20.4   | 106 540  | 340  |
| 5    | 8  | 1   | W0(?) | A500HW | 2.10  | 10.5   | 5303     |      |
| 642  | 8  | 5_2 | W0(?) | A500HW | 0.21  | 123.9  | 106 332  | 106  |
| 3861 | 8  | 48  | W0(?) | A500HW | 0.51  | 2665.2 | 106 430  | 138  |
| 255  | 8  | Unk | W0(?) | A500HW | 0.44  | 169.4  |          |      |
| 64   | 10 | 2_1 | W0(?) | A500HW | 1.54  | 98.5   | 2391 127 |      |
| 24   | 12 | 1   | W0(?) | A500HW | 4.01  | 96.3   | 4520     |      |
| 28   | 12 | 2_2 | W0(?) | A500HW | 1.30  | 77.7   | 1077 427 |      |
| 276  | 16 | 1   | W0(?) | A500HW | 7.84  | 1508.1 | 4960     |      |
| 254  | 16 | 2_2 | W0(?) | A500HW | 8.25  | 1741.2 | 5169 79  |      |
| 16   | 16 | 4   | W0(?) | A500HW | 6.47  | 116.9  | 209 3759 | 209  |
| 376  | 16 | 8_2 | W0(?) | A500HW | 7.84  | 2772.8 | 3550 451 | 960  |
| 32   | 16 | 56  | W0(?) | A500HW | 7.36  | 235.3  | 3301 398 | 960  |
| 10   | 16 | Unk | W0(?) | A500HW | 8.00  | 80.0   |          |      |
| 2    | 20 | 1   | 0(?)  | A500HW | 10.52 | 21.0   | 4260     |      |
| 40   | 20 | 1   | W0(?) | A500HW | 12.84 | 360.8  | 5200     |      |
| 249  | 20 | 2_2 | W0(?) | A500HW | 9.35  | 2239.1 | 3749 69  |      |
| 270  | 20 | 8_2 | W0(?) | A500HW | 12.10 | 3400.9 | 3301 401 | 1201 |
| 50   | 25 | 1   | W0(?) | A500HW | 11.55 | 638.7  | 3000     |      |
| 155  | 25 | 2_2 | W0(?) | A500HW | 12.90 | 2321.1 | 2514 889 |      |
| 145  | 25 | 8_2 | W0(?) | A500HW | 19.10 | 3171.1 | 3160 303 | 1500 |
| 4    | 25 | Unk | W0(?) | A500HW | 19.99 | 79.9   |          |      |

---

Total 21949 kg

---

Fase:8 Reservatórios

|     |    |     |       |        |      |        |              |
|-----|----|-----|-------|--------|------|--------|--------------|
| 12  | 10 | 1   | W0(?) | A500HW | 2.80 | 33.6   | 4530         |
| 20  | 10 | 2_1 | W0(?) | A500HW | 2.54 | 50.9   | 3841 306     |
| 536 | 10 | 4   | W0(?) | A500HW | 3.90 | 885.1  | 306 5912 156 |
| 644 | 10 | Unk | W0(?) | A500HW | 2.73 | 1628.1 |              |
| 4   | 12 | 1   | W0(?) | A500HW | 4.05 | 16.2   | 4560         |
| 20  | 12 | 2_1 | W0(?) | A500HW | 1.67 | 33.5   | 1557 357     |
| 214 | 12 | Unk | W0(?) | A500HW | 1.68 | 358.6  |              |

Total 3006 kg

---

Fase:22 Sapatas Corridas

|      |    |     |       |        |       |        |              |
|------|----|-----|-------|--------|-------|--------|--------------|
| 106  | 12 | 1   | W0(?) | A500HW | 3.91  | 1052.2 | 4400         |
| 346  | 16 | 4   | 0(?)  | A500HW | 6.78  | 2344.2 | 800 2768 800 |
| 38   | 16 | 1   | W0(?) | A500HW | 27.22 | 1035.7 | 17229        |
| 1044 | 16 | 4   | W0(?) | A500HW | 4.50  | 4780.3 | 509 1909 509 |
| 174  | 16 | 19  | W0(?) | A500HW | 6.23  | 1083.9 | 509 911 1933 |
| 174  | 16 | 39  | W0(?) | A500HW | 4.36  | 758.1  | 509 1819 509 |
| 56   | 20 | 1   | 0(?)  | A500HW | 42.49 | 2379.3 | 17201        |
| 87   | 20 | 1   | W0(?) | A500HW | 42.56 | 3702.5 | 17229        |
| 32   | 20 | 2_2 | W0(?) | A500HW | 7.11  | 227.4  | 2211 711     |

Total 17364 kg

---

---

 Fase:21 Sapatas Isoladas

|     |    |     |       |        |       |        |              |
|-----|----|-----|-------|--------|-------|--------|--------------|
| 172 | 12 | 1   | W0(?) | A500HW | 4.84  | 541.7  | 5450         |
| 48  | 12 | 4   | W0(?) | A500HW | 1.96  | 94.1   | 417 1432 417 |
| 19  | 16 | 1   | W0(?) | A500HW | 8.66  | 164.5  | 5480         |
| 56  | 16 | 2_1 | W0(?) | A500HW | 7.03  | 393.7  | 4195 294     |
| 16  | 16 | 2_2 | W0(?) | A500HW | 3.58  | 57.2   | 1719 569     |
| 698 | 16 | 4   | W0(?) | A500HW | 3.40  | 2196.6 | 480 1270 480 |
| 142 | 20 | 1   | W0(?) | A500HW | 10.70 | 1323.9 | 4330         |
| 419 | 20 | 4   | W0(?) | A500HW | 19.11 | 5383.1 | 711 6414 711 |
| 120 | 25 | 1   | W0(?) | A500HW | 21.29 | 2555.2 | 5530         |

---

 Total 12710 kg
 

---

## Fase:4 Vigas

|      |    |     |       |        |       |        |             |
|------|----|-----|-------|--------|-------|--------|-------------|
| 1174 | 6  | 4   | W0(?) | A500HW | 0.17  | 180.5  | 349 118 349 |
| 148  | 6  | 4_2 | W0(?) | A500HW | 0.09  | 14.4   | 380 31 31   |
| 775  | 6  | 7   | W0(?) | A500HW | 0.23  | 196.3  | 74 428 78   |
| 391  | 6  | Unk | W0(?) | A500HW | 0.10  | 204.2  |             |
| 23   | 8  | 1   | W0(?) | A500HW | 2.10  | 40.5   | 5303        |
| 1103 | 8  | 4   | W0(?) | A500HW | 0.53  | 582.6  | 580 210 580 |
| 874  | 8  | Unk | W0(?) | A500HW | 0.53  | 781.6  |             |
| 79   | 10 | 1   | W0(?) | A500HW | 33.18 | 628.8  | 53770       |
| 87   | 10 | Unk | W0(?) | A500HW | 1.61  | 146.9  |             |
| 173  | 12 | 1   | W0(?) | A500HW | 4.02  | 1573.1 | 4530        |

|    |    |     |       |        |       |       |      |       |     |
|----|----|-----|-------|--------|-------|-------|------|-------|-----|
| 2  | 12 | 4   | W0(?) | A500HW | 11.78 | 23.6  | 507  | 12323 | 507 |
| 3  | 12 | 4_2 | W0(?) | A500HW | 4.17  | 12.5  | 4527 | 62    | 138 |
| 82 | 16 | 1   | W0(?) | A500HW | 4.24  | 674.3 | 2685 |       |     |
| 2  | 16 | 2_1 | W0(?) | A500HW | 8.66  | 17.3  | 5313 | 209   |     |
| 12 | 16 | 2_2 | W0(?) | A500HW | 8.52  | 83.2  | 5263 | 160   |     |
| 20 | 16 | 4   | W0(?) | A500HW | 8.69  | 131.6 | 509  | 4536  | 509 |
| 7  | 16 | Unk | W0(?) | A500HW | 22.50 | 95.5  |      |       |     |
| 12 | 20 | 1   | W0(?) | A500HW | 6.63  | 189.2 | 2685 |       |     |
| 5  | 20 | 2_2 | W0(?) | A500HW | 23.57 | 100.3 | 9361 | 211   |     |
| 18 | 20 | 3_1 | W0(?) | A500HW | 18.49 | 328.7 | 7458 | 41    |     |
| 7  | 20 | 4   | W0(?) | A500HW | 15.96 | 95.1  | 541  | 5673  | 311 |
| 6  | 20 | 5_1 | W0(?) | A500HW | 22.64 | 135.9 | 41   | 9108  | 41  |
| 4  | 20 | Unk | W0(?) | A500HW | 8.04  | 32.3  |      |       |     |
| 5  | 25 | 2_2 | W0(?) | A500HW | 31.82 | 159.1 | 7989 | 314   |     |

-----  
 Total 6427 kg  
 -----

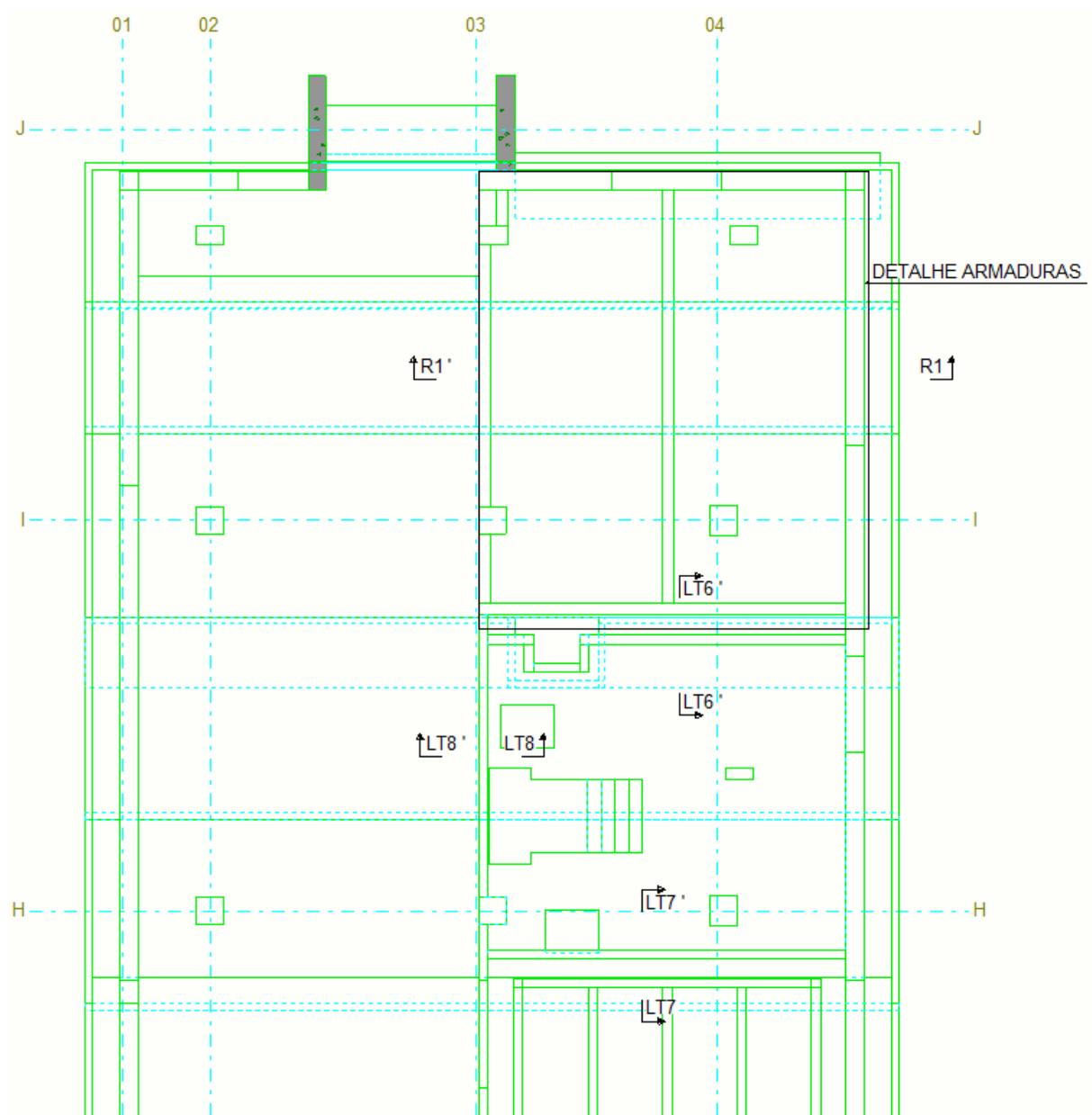
**ANEXO IV****Desenhos e pormenores de Lintéis e Reservatórios**

Figura 108 – Planta de fundações com a representação dos cortes referentes ao Reservatório e ao Lintéis

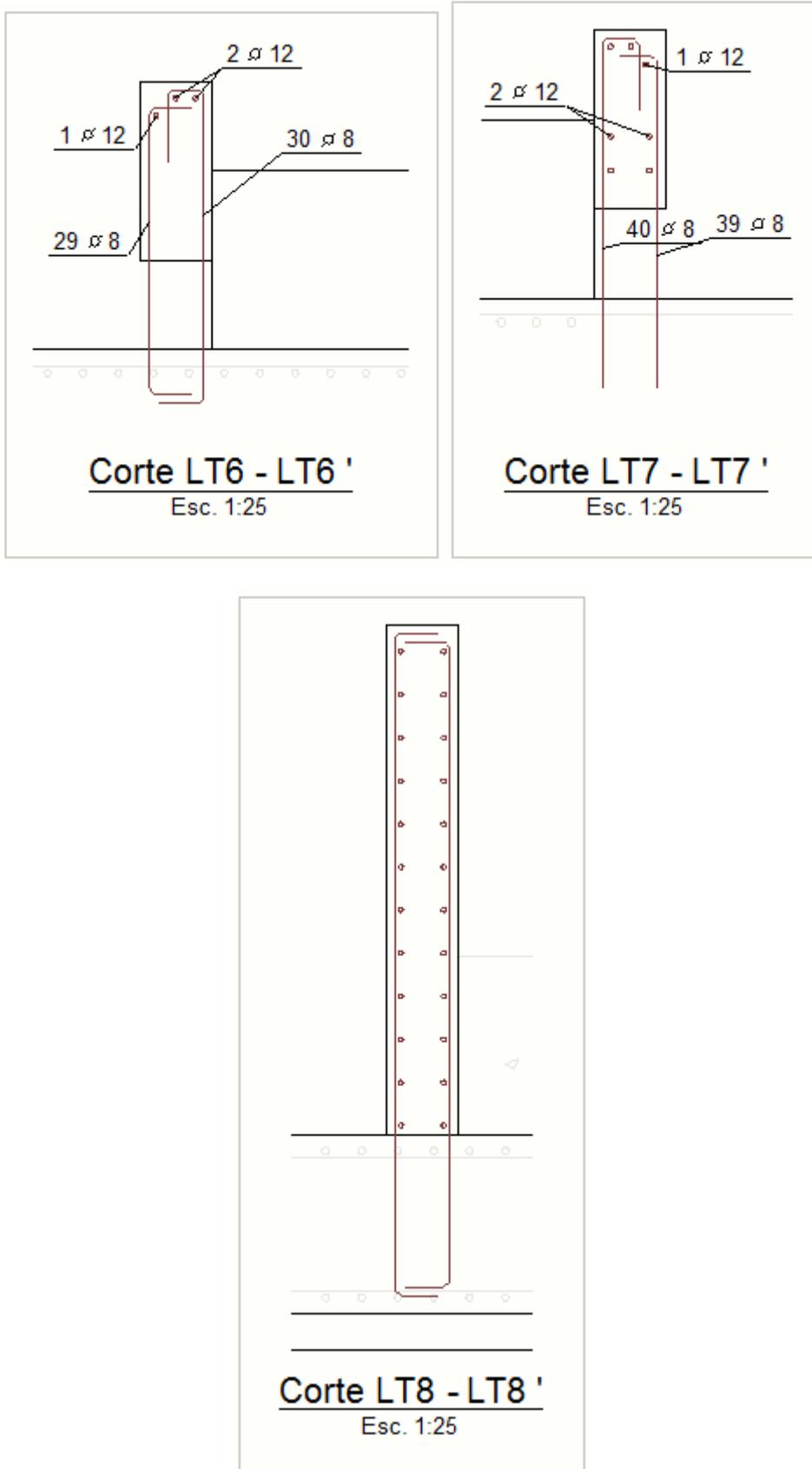
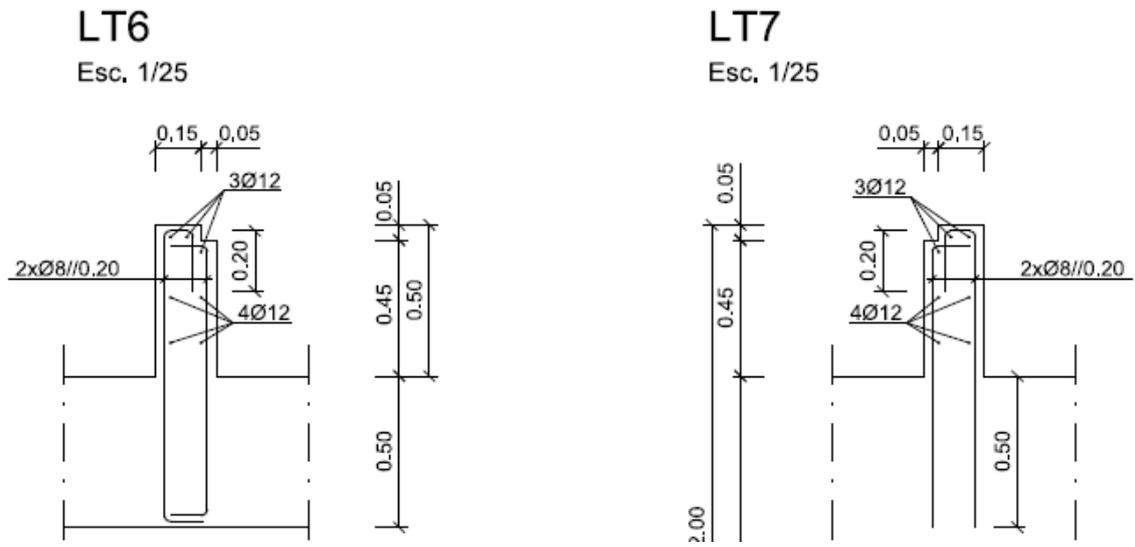


Figura 109 – Representação dos cortes LT6-LT6', LT7-LT7' e LT8-LT8'



**Corte 8.1-8.1**  
Esc. 1/25

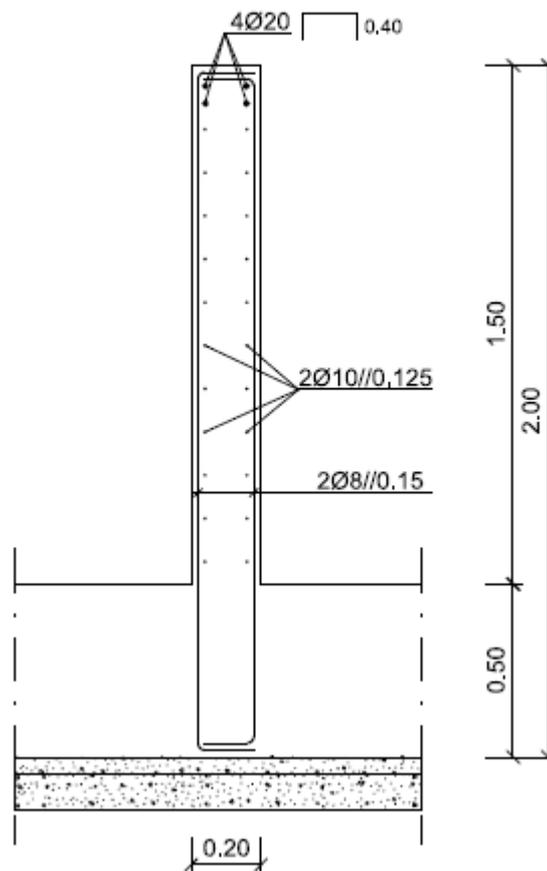


Figura 110 – Representação dos cortes LT6, LT7 e 8.1-8.1 dos desenhos fornecidos

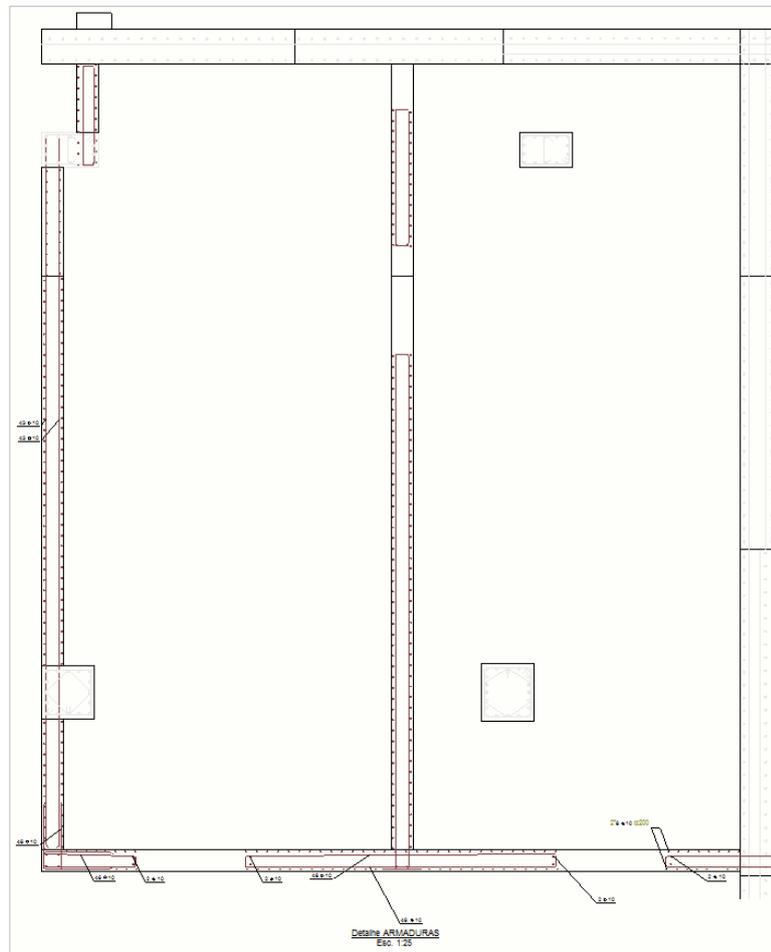
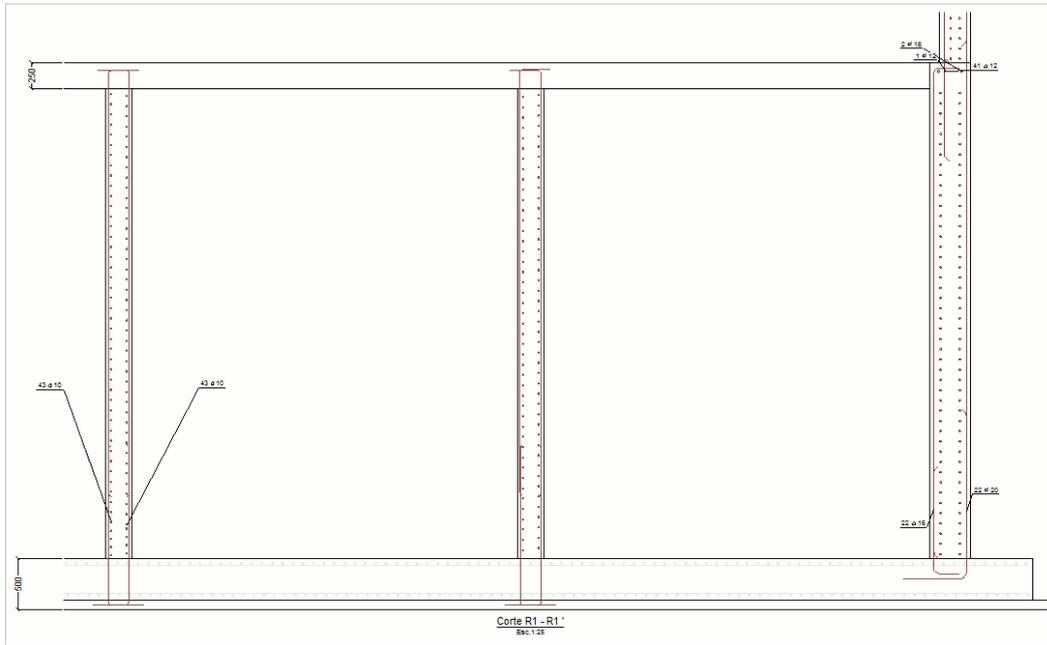
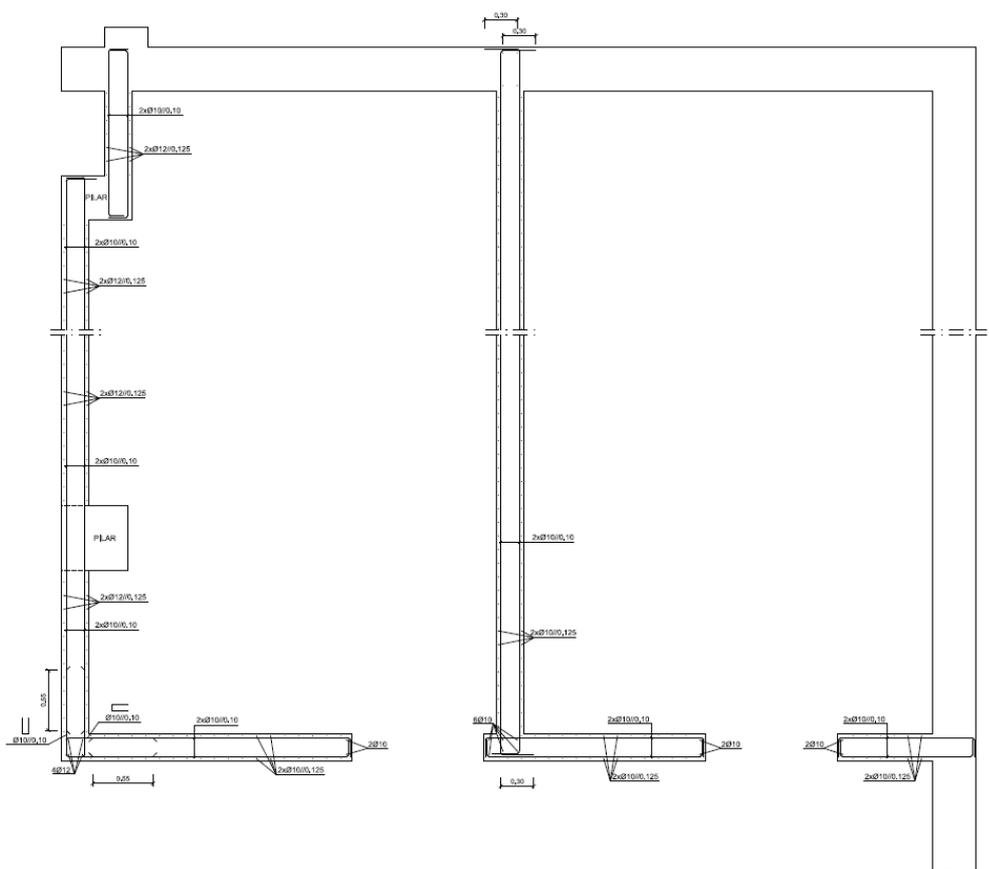


Figura 111 – Representação do corte R1-R1' e detalhe de Armaduras

RESERVATÓRIO 1  
Corte horizontal (Armaduras)  
Esc. 1/25



RESERVATÓRIO 1  
Corte B-B (Armaduras)  
Esc. 1/25

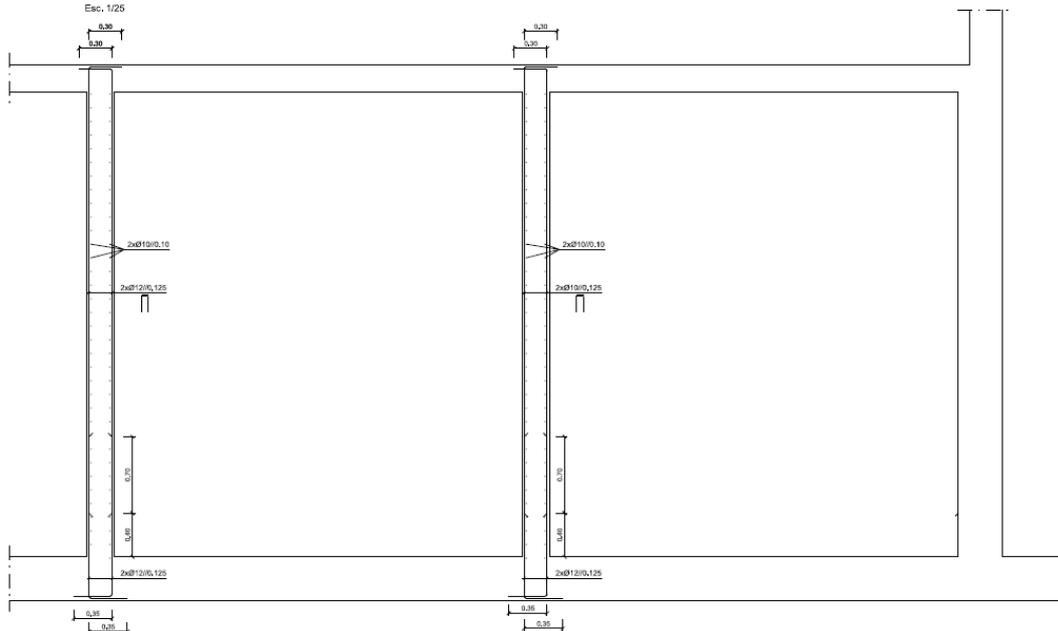


Figura 112 – Representação dos cortes Horizontal e B-B dos desenhos fornecidos

## Desenhos e pormenores de Sapatas

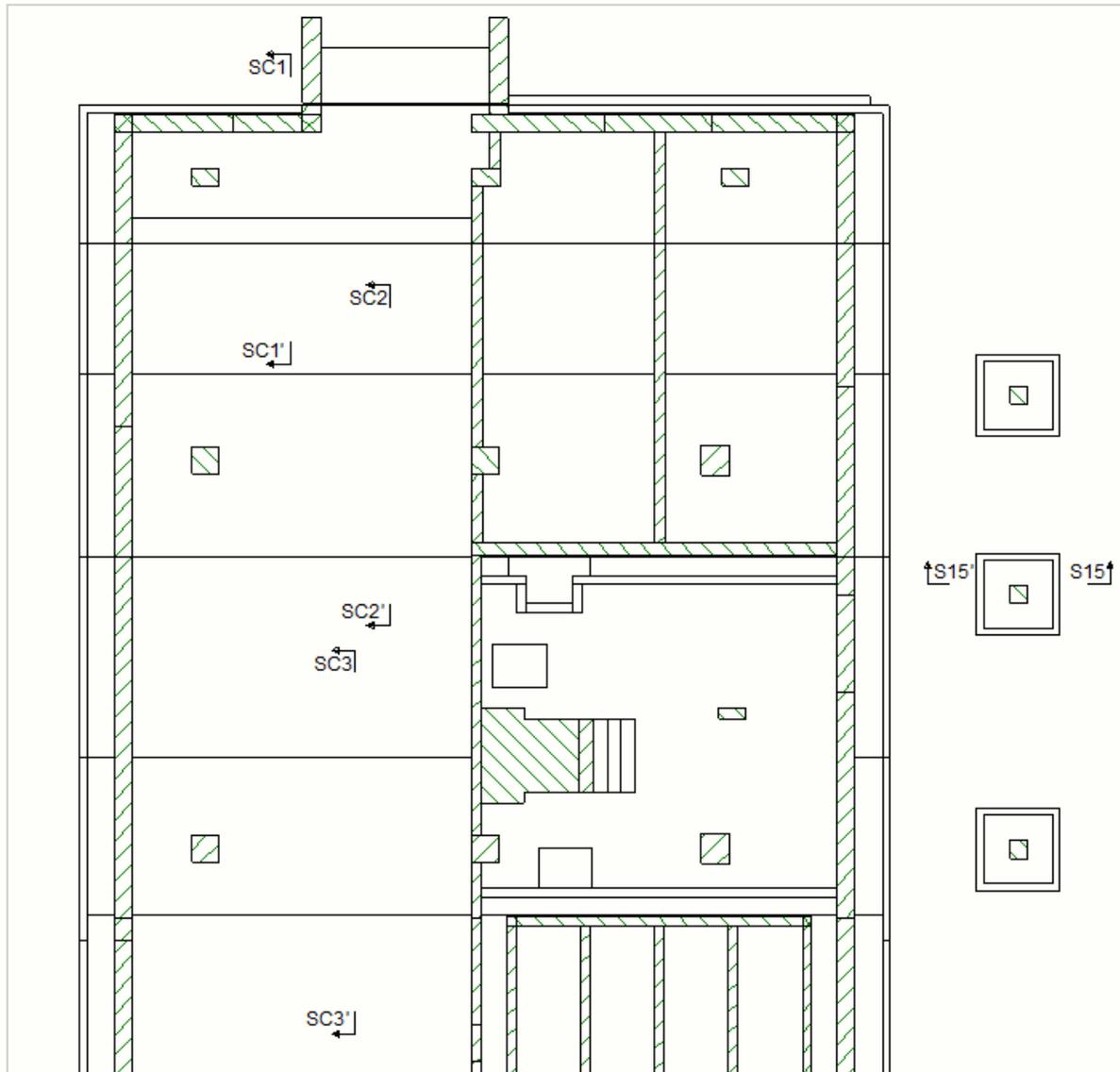


Figura 113 – Planta das fundações com representação de cortes das Sapatas (parte1)

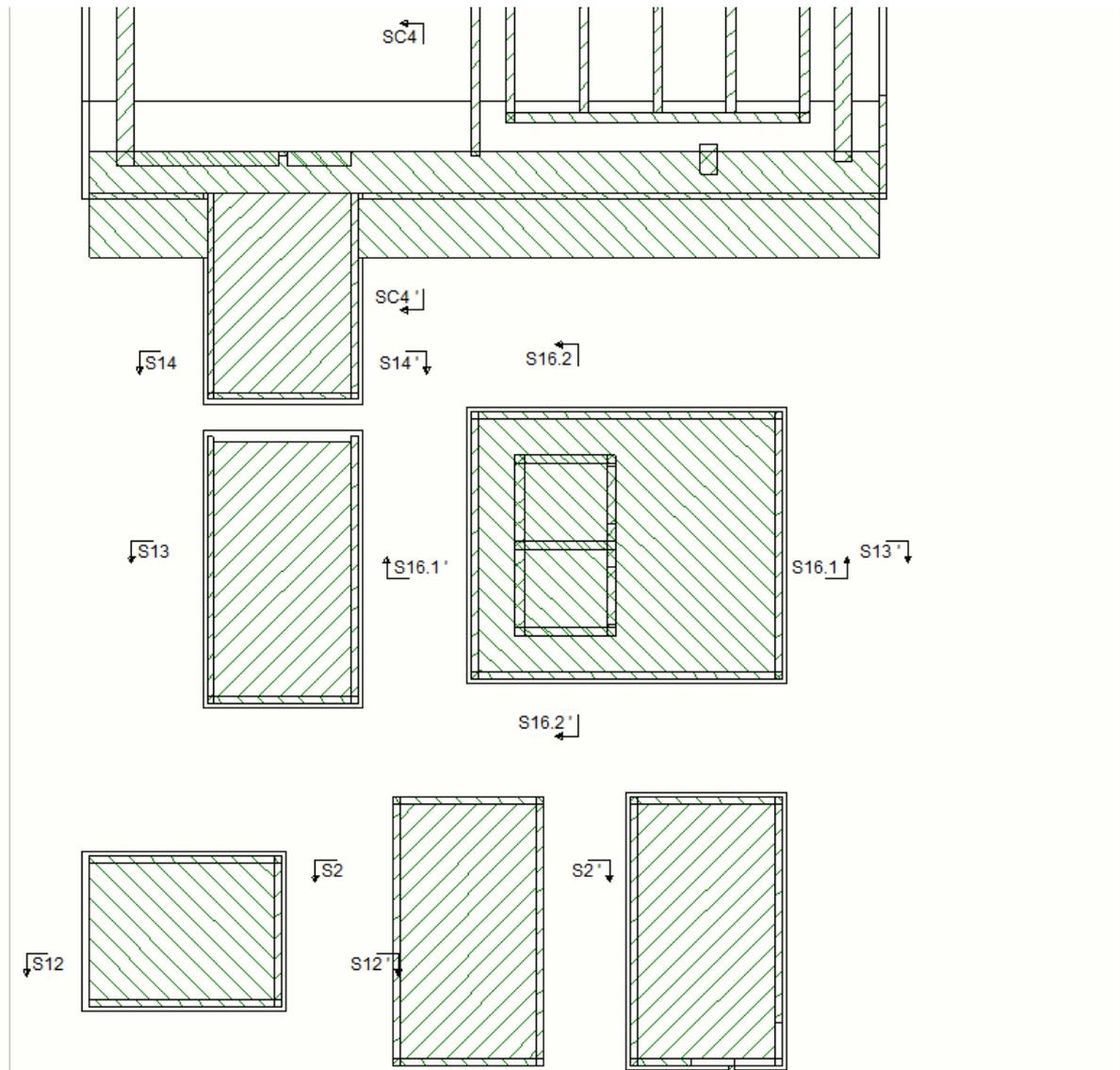


Figura 114 – Planta das fundações com representação de cortes das Sapatas (parte2)

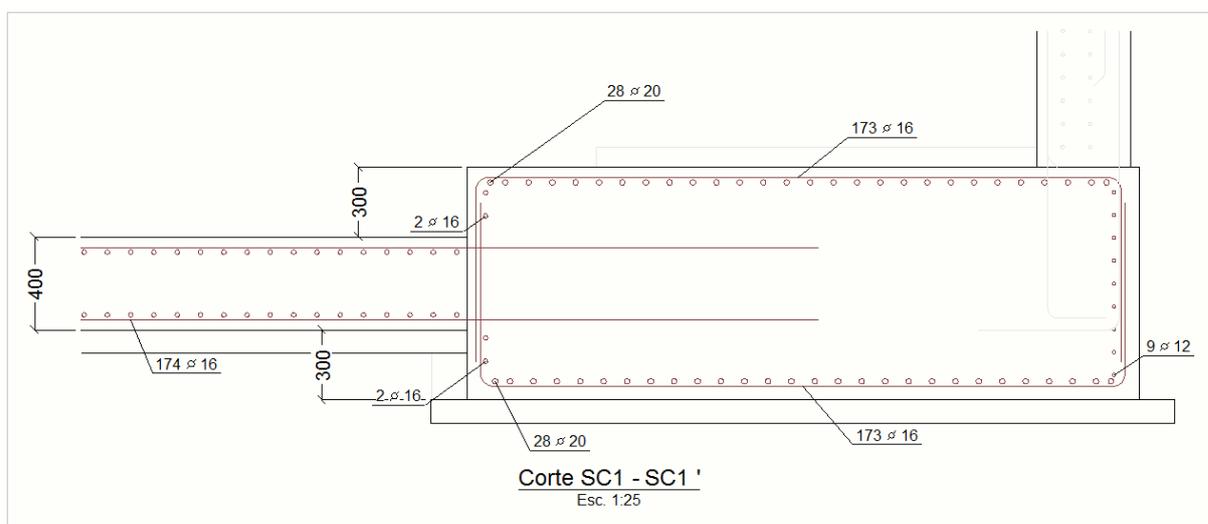


Figura 115 – Representação do corte SC1

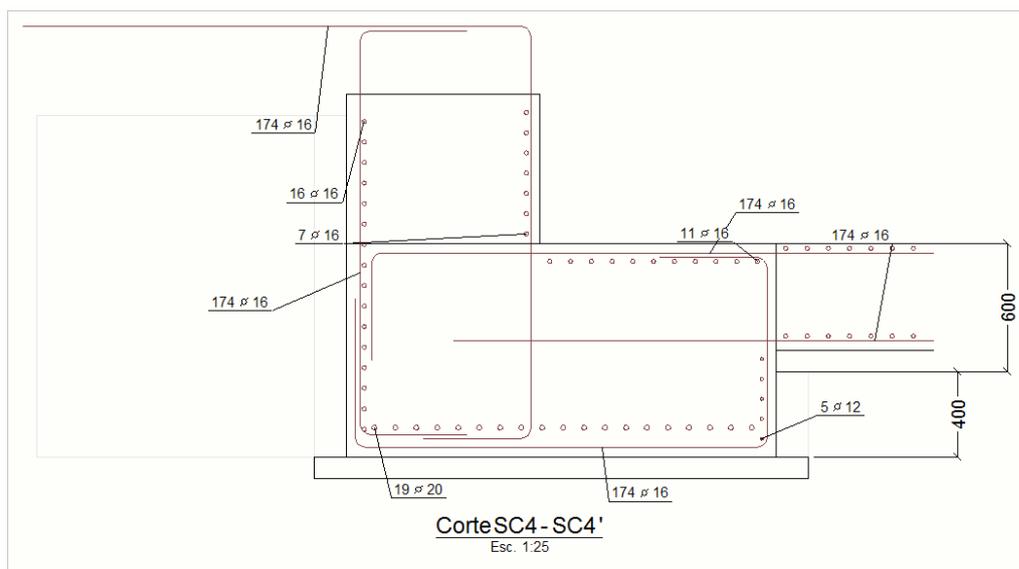
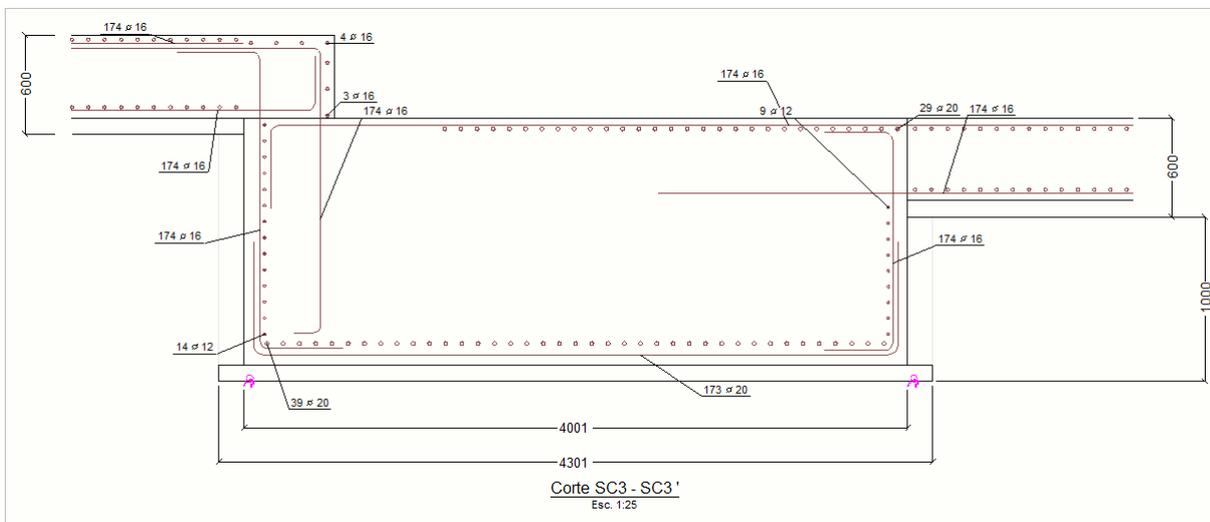
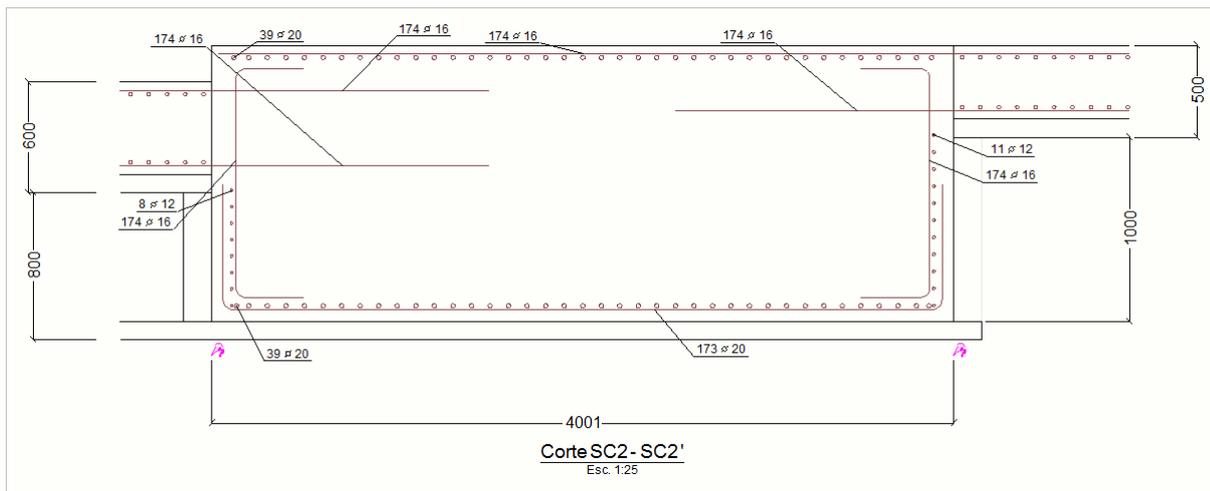


Figura 116 – Representação dos cortes SC2-SC2', SC3-SC3' E SC4-SC4'

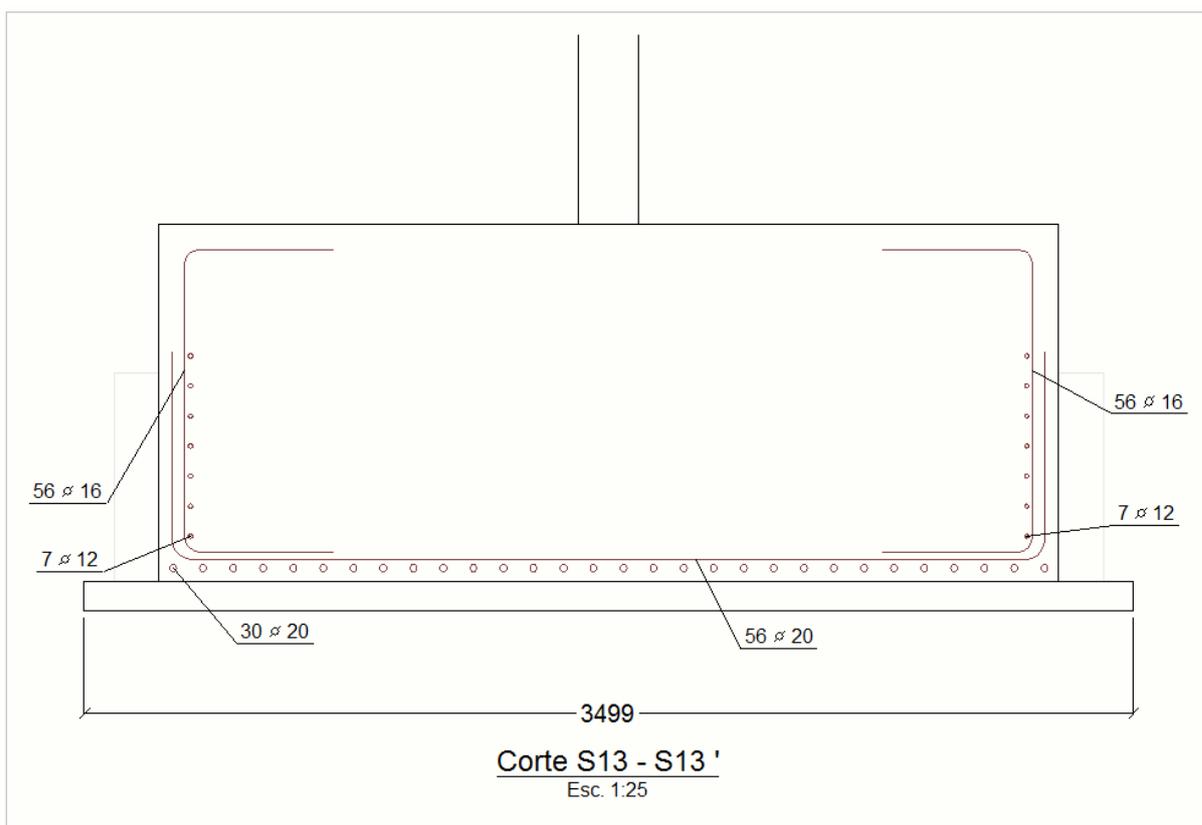
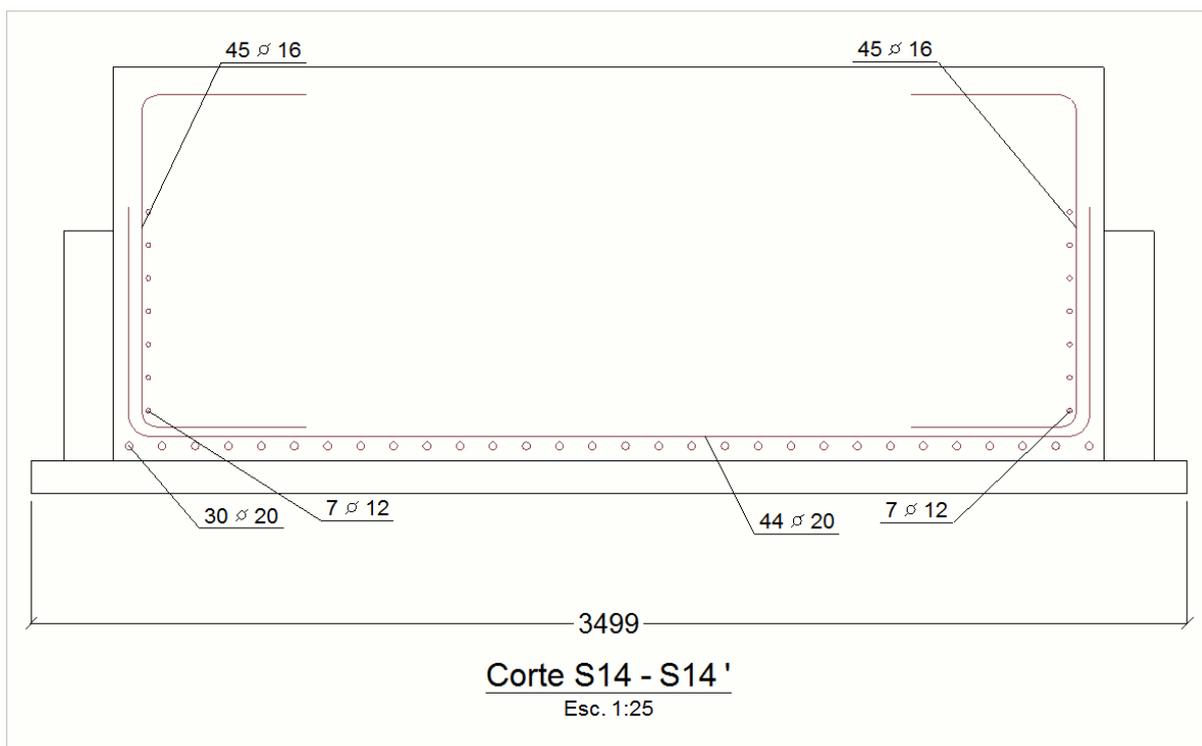


Figura 117 – Representação dos cortes S14-S14' e S13-S13'

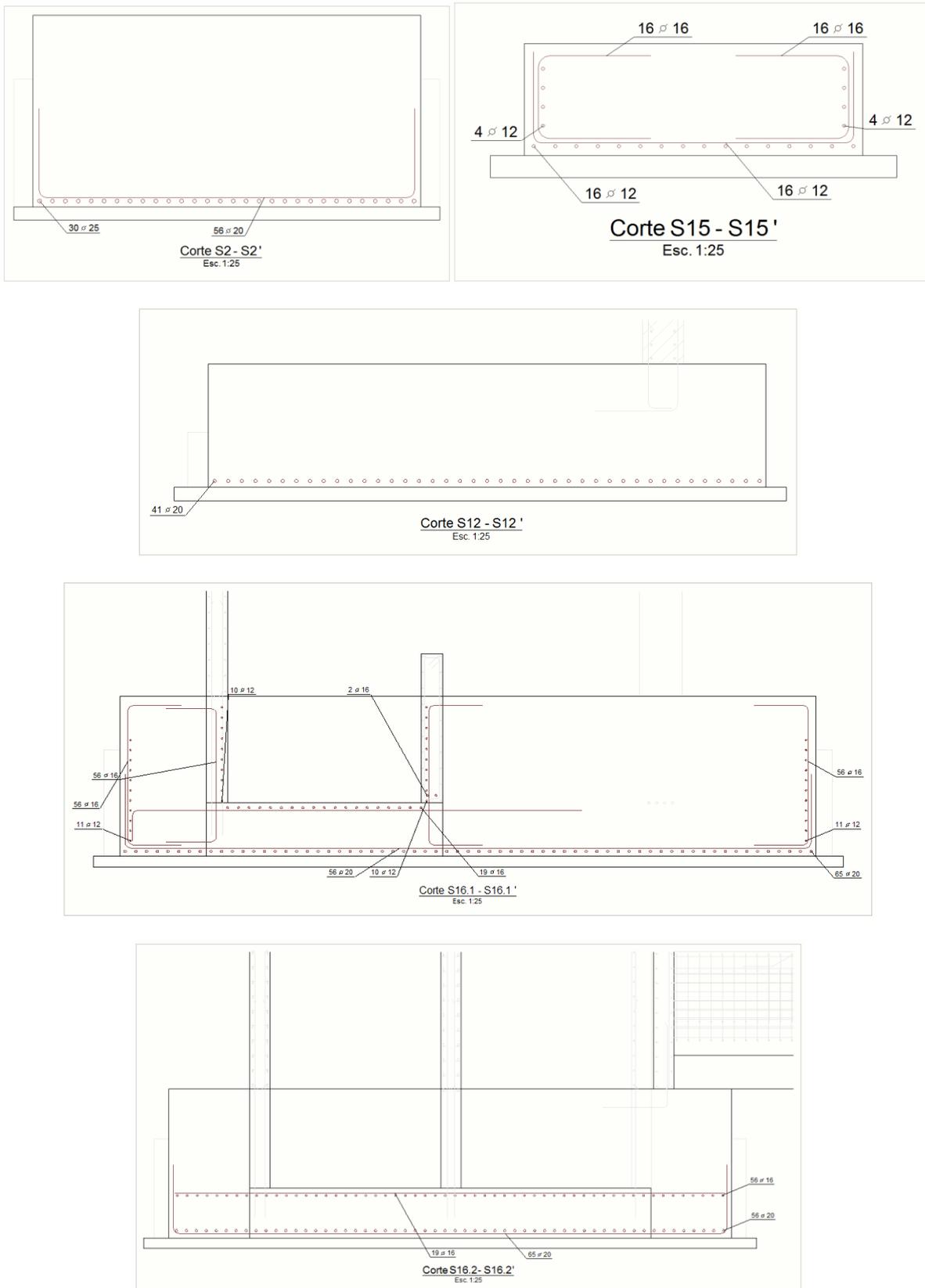


Figura 118 – Representação dos cortes S2-S2', S15-S15', S12-S12', S16.1-S16.1' e S16.2-S16.2'

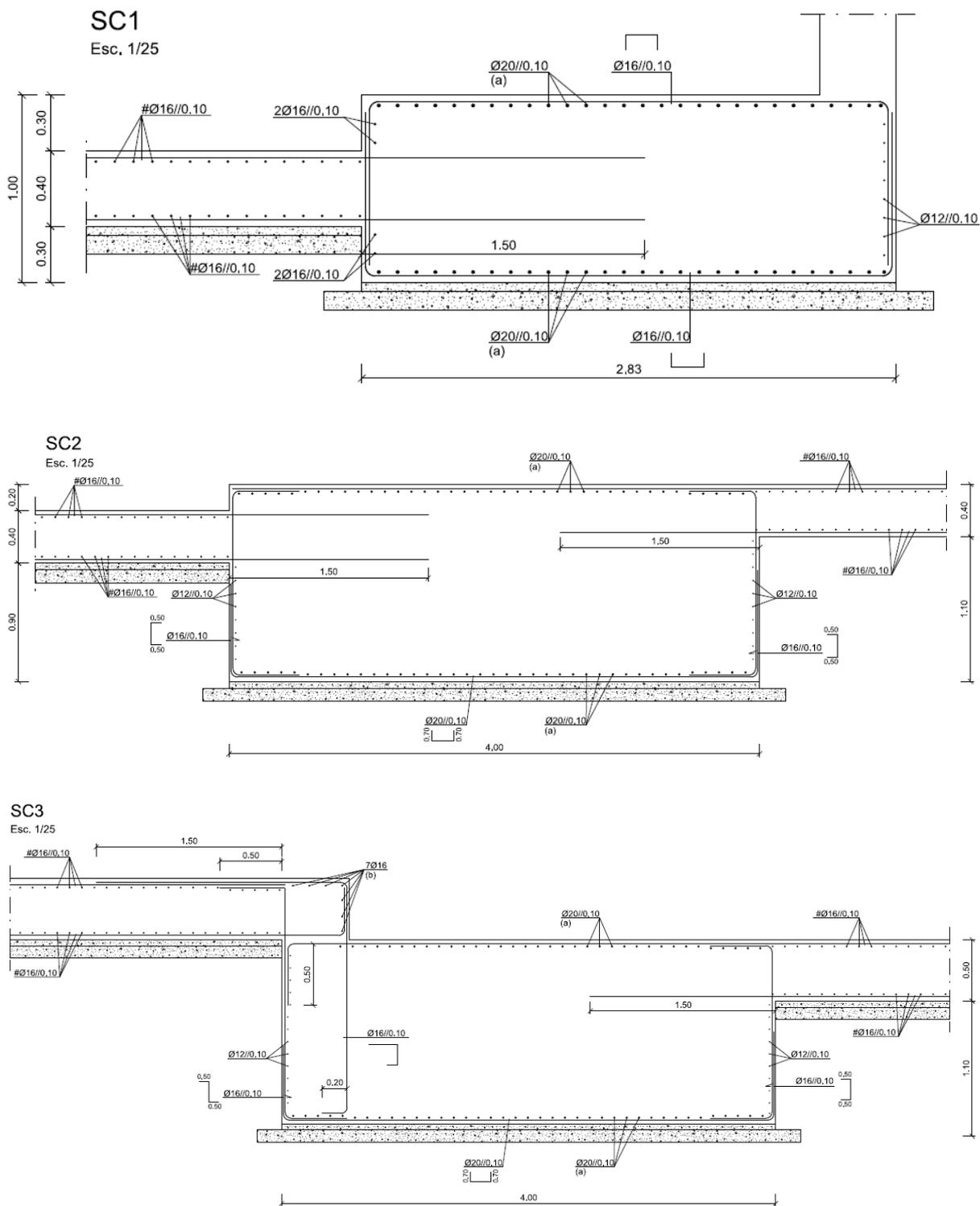


Figura 119 – Representação dos cortes das Sapatas SC1, SC2 e SC3 dos desenhos fornecidos

## Desenhos e pormenores de Muros de Suporte

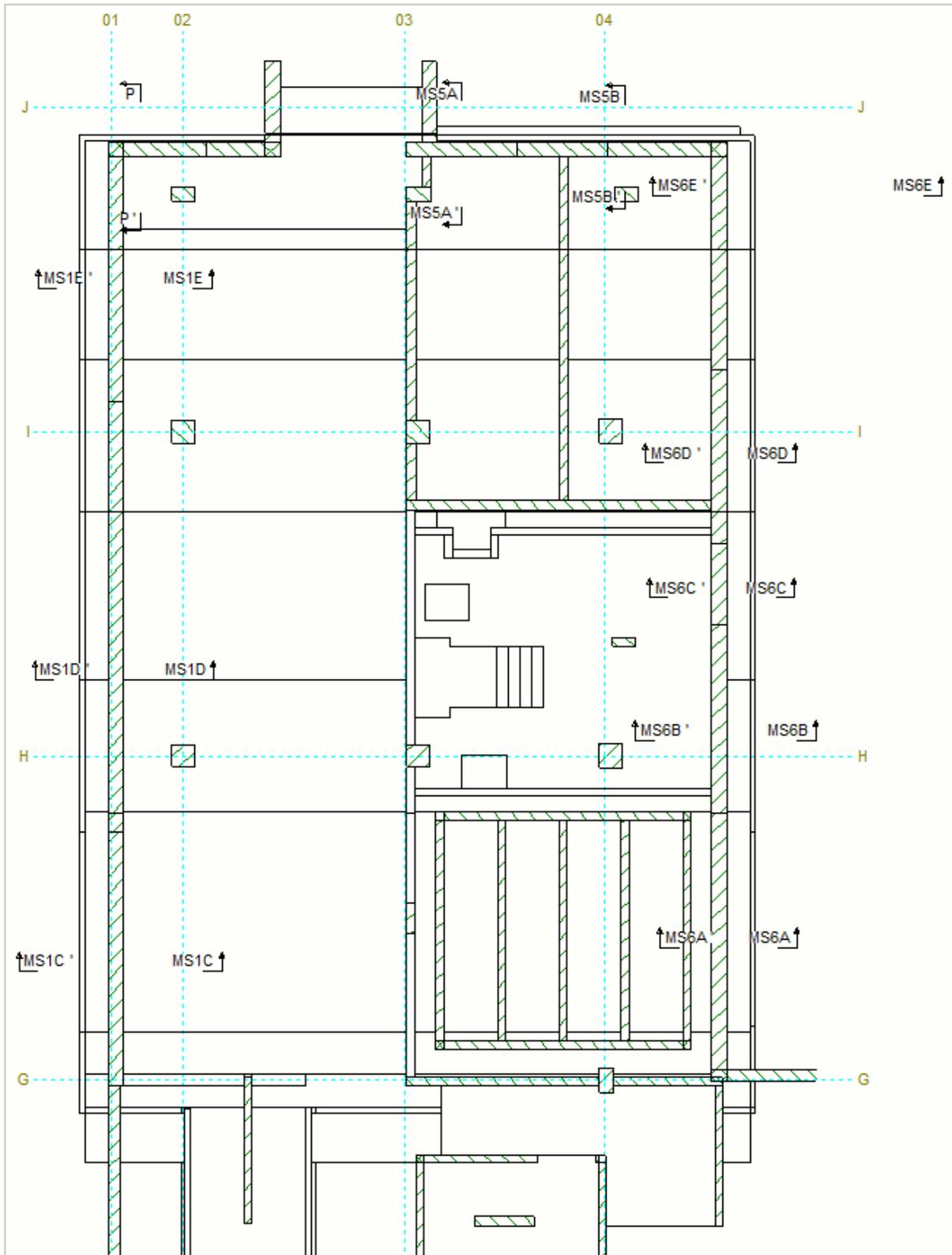


Figura 120 – Planta das fundações com representação de cortes dos Muros de Suporte (parte1)

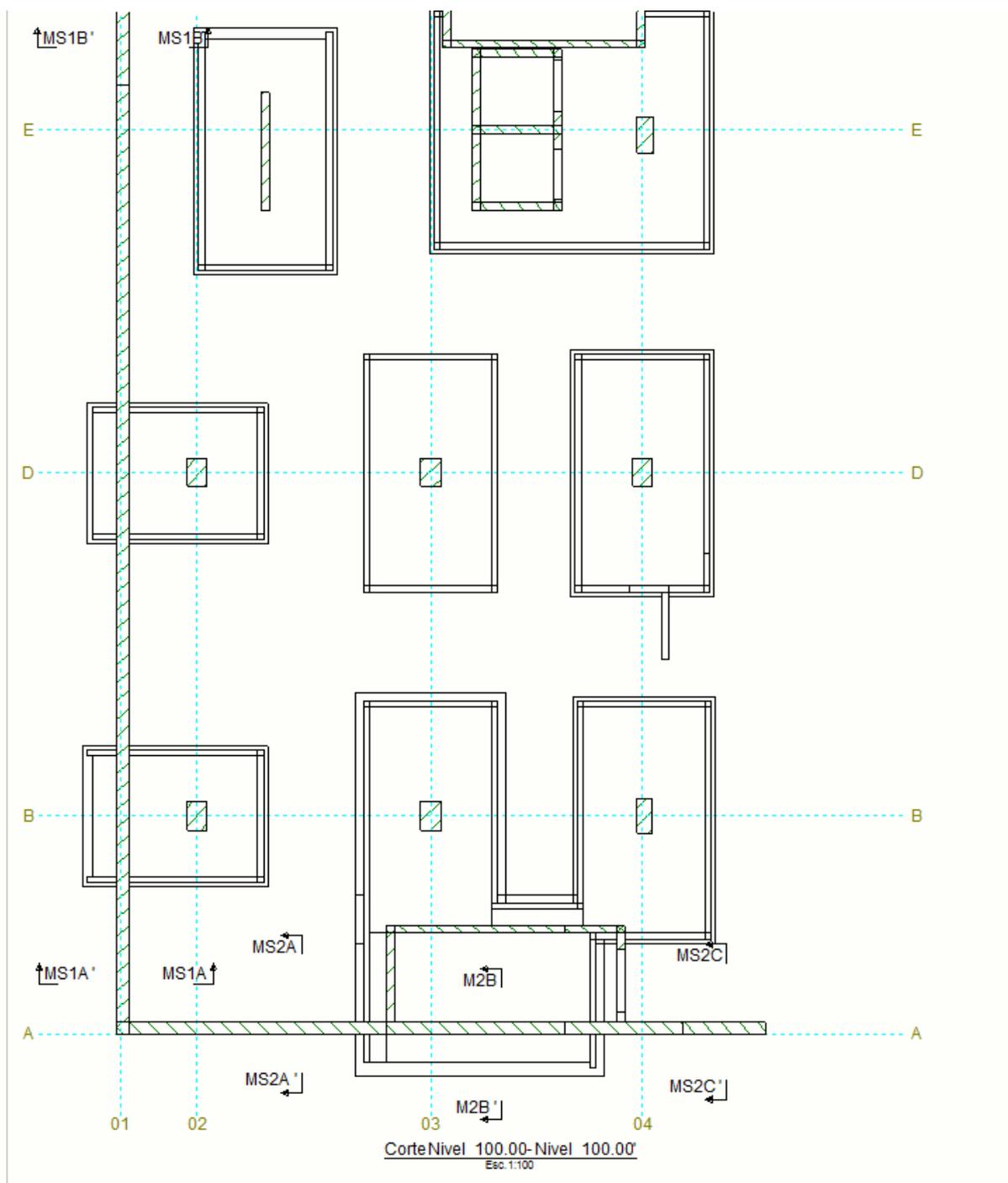


Figura 121 – Planta das fundações com representação de cortes dos Muros de Suporte (parte2)

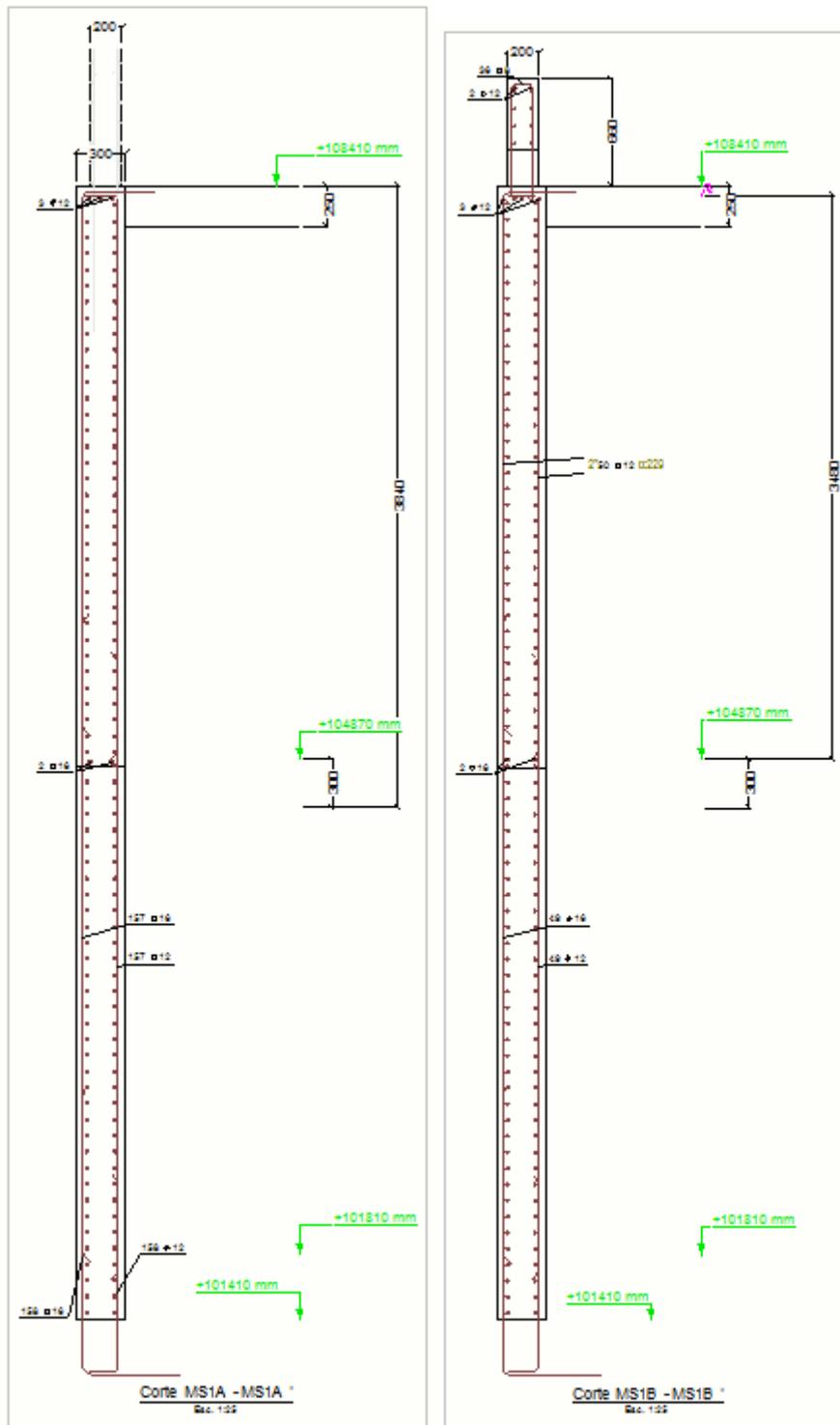


Figura 122 – Representação dos cortes MS1A-MS1A' e MS1B-MS1B'

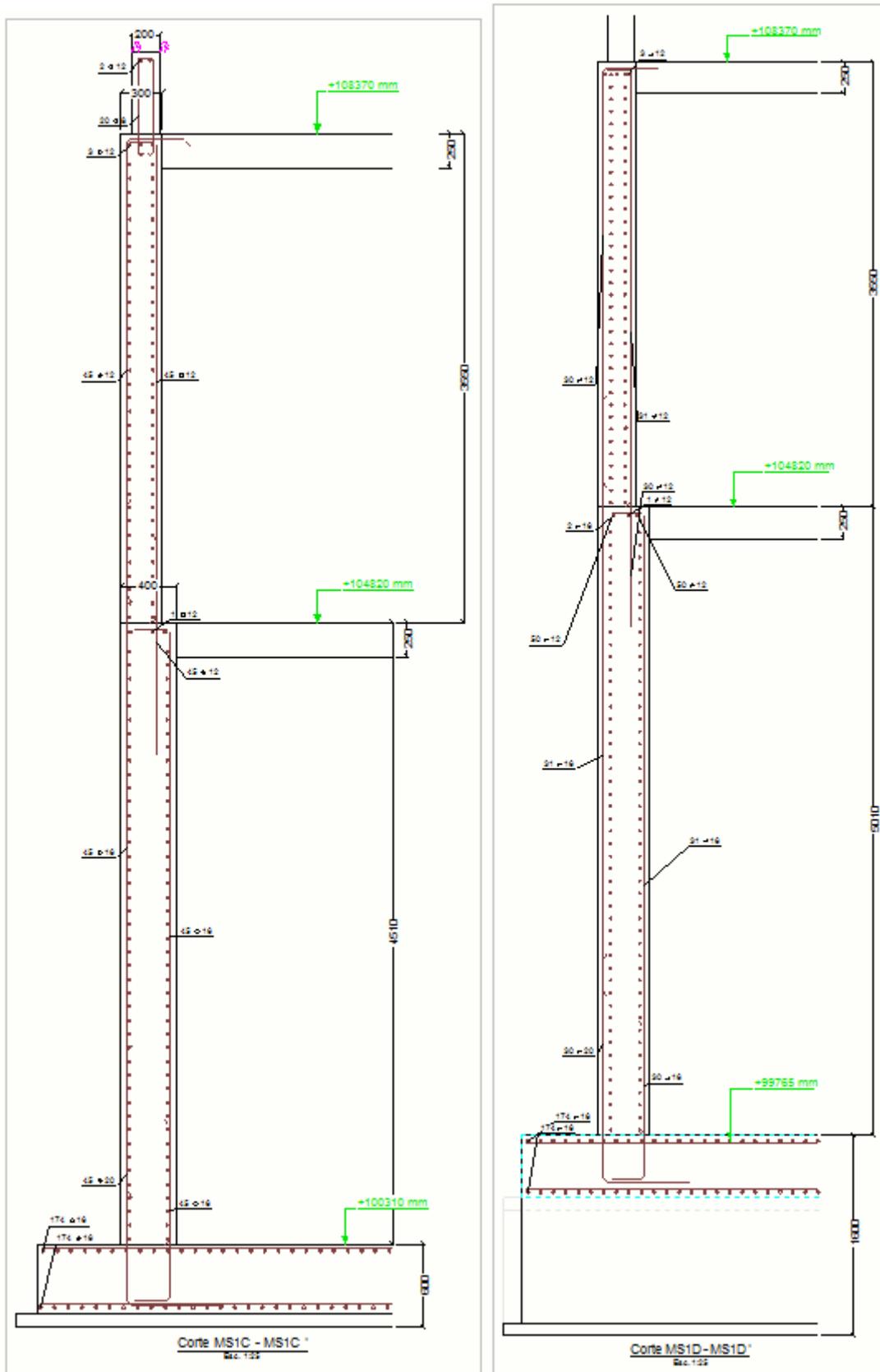


Figura 123 – Representação dos cortes MS1C-MS1C' e MS1D-MS1D'

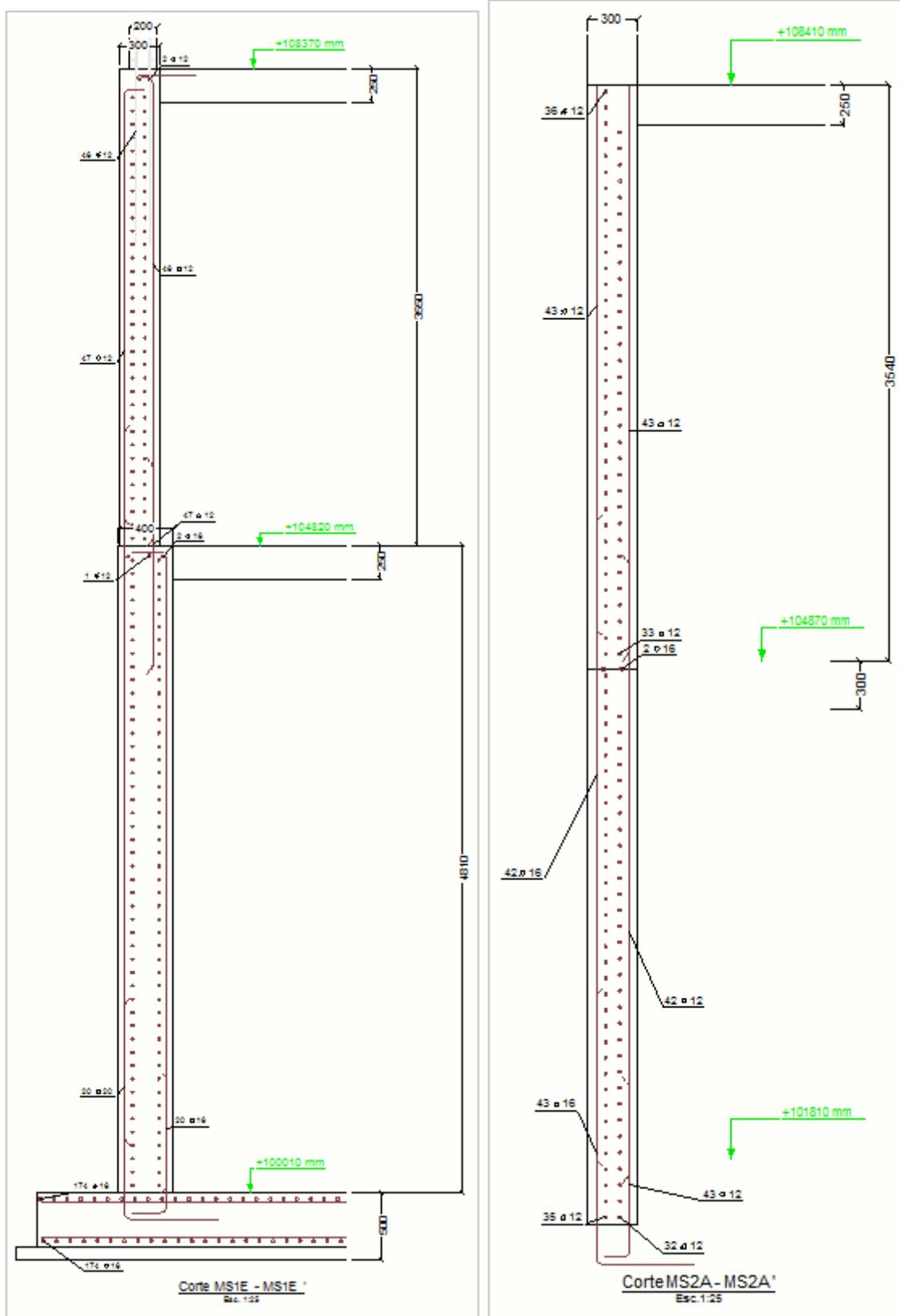


Figura 124 – Representação dos cortes MS1E-MS1E' e MS2A-MS2A'



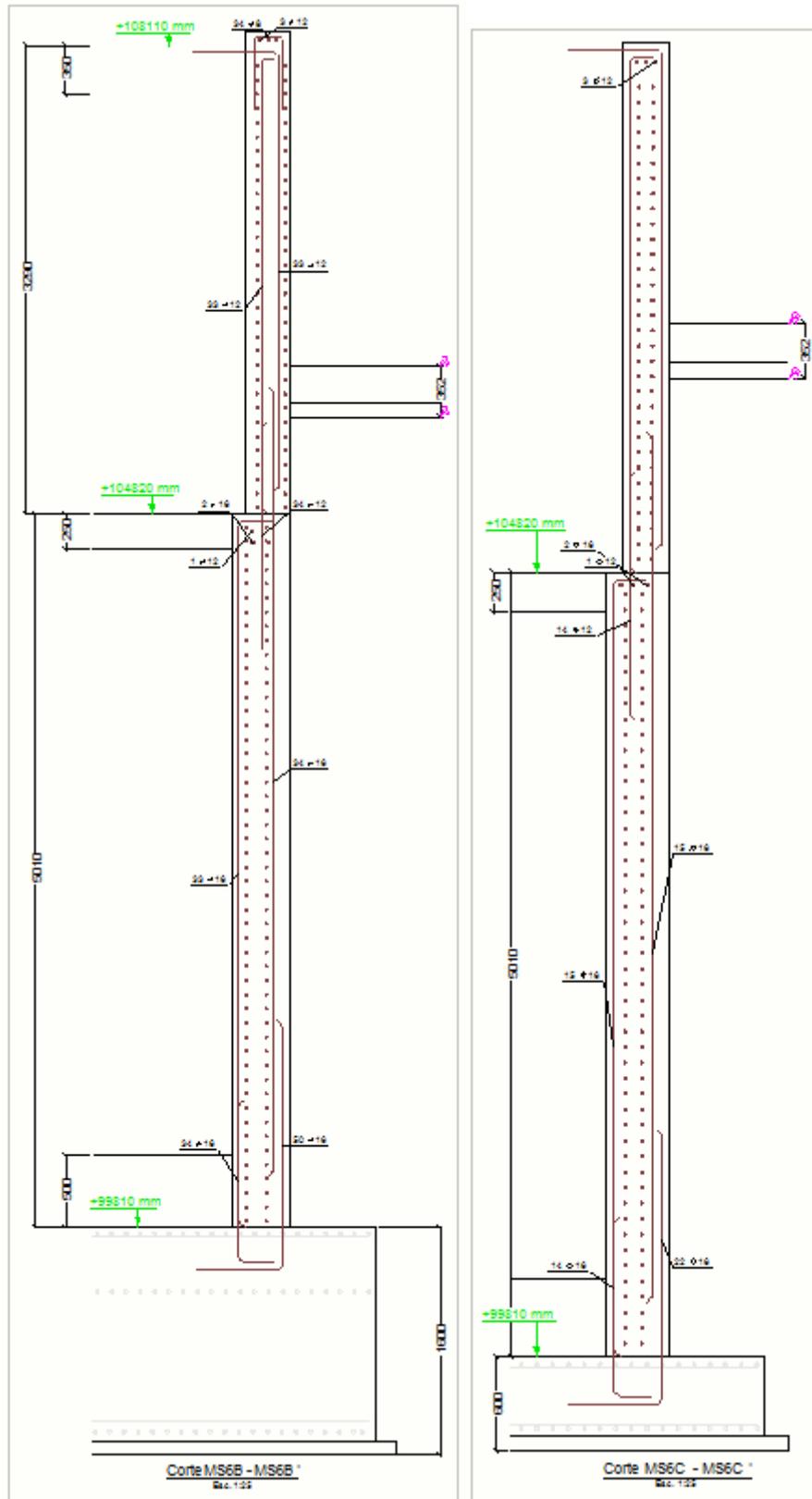


Figura 126 – Representação dos cortes MS6B-MS6B' e MS6C-MS6C'

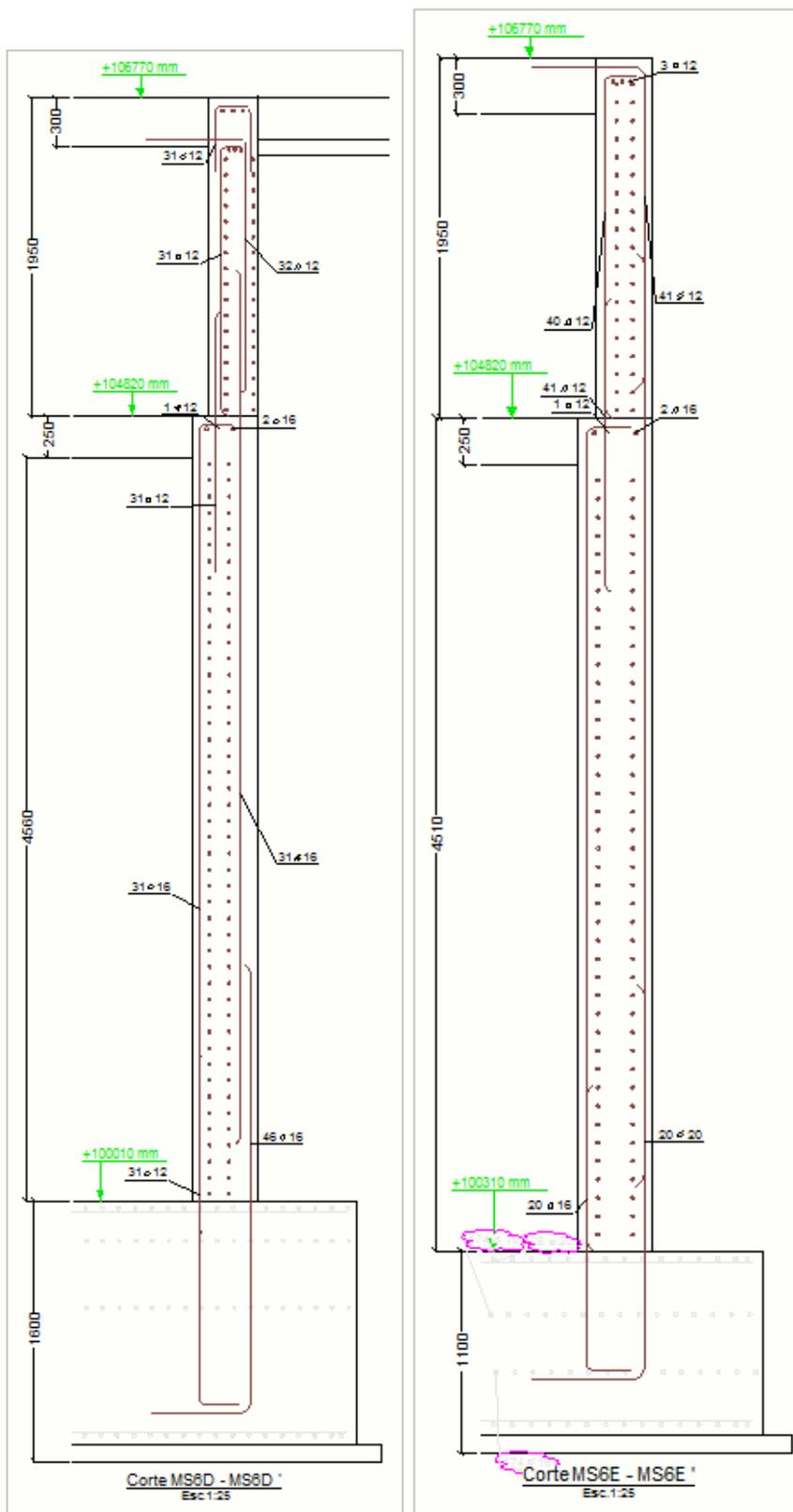


Figura 127 – Representação dos cortes MS6D-MS6D' e MS6E-MS6E'



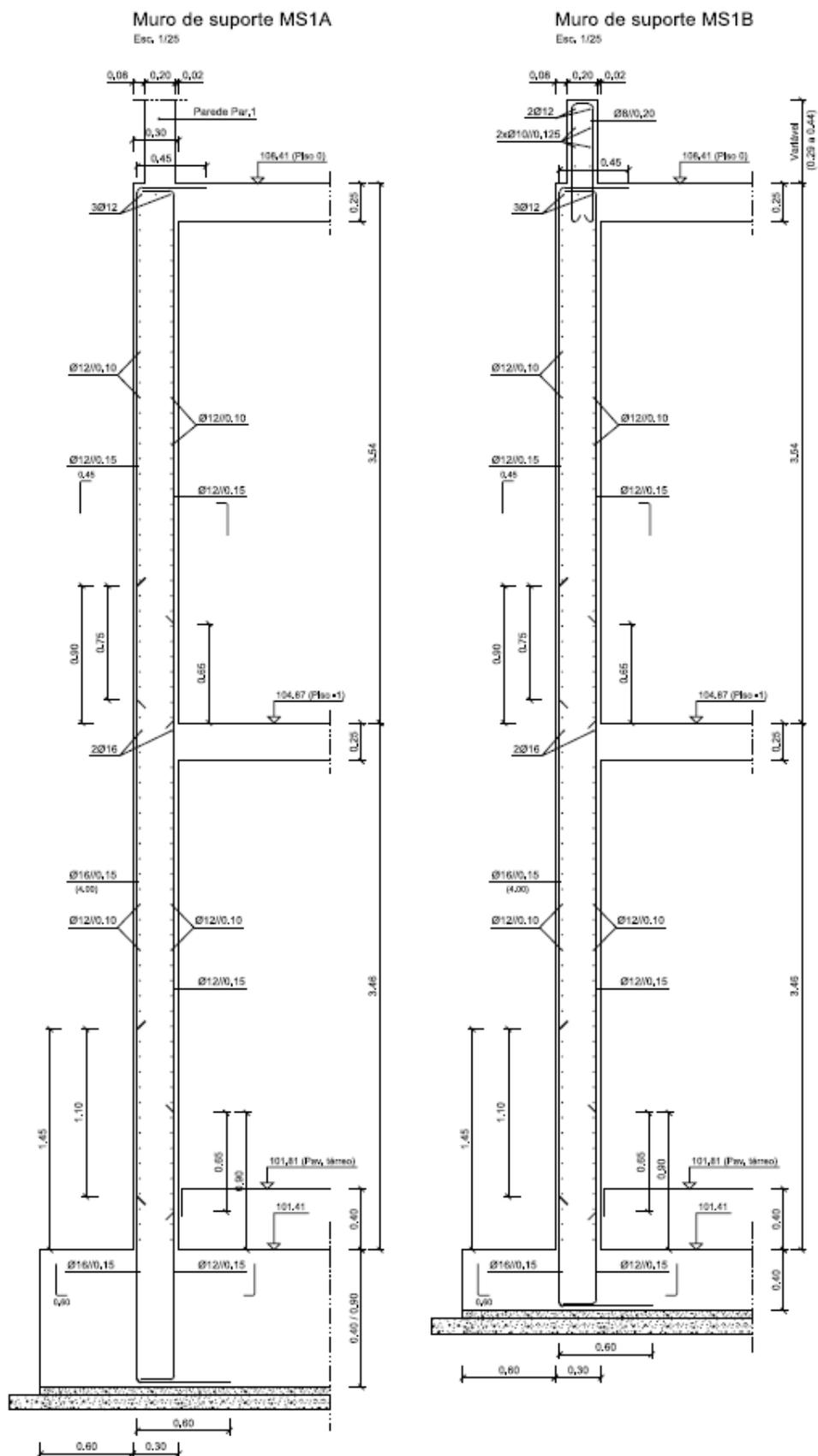


Figura 129 – Representação dos cortes dos Muros de Suporte MS1A e MS1B dos desenhos fornecidos

## Desenhos e pormenores da Caixa da Plataforma Elevatória

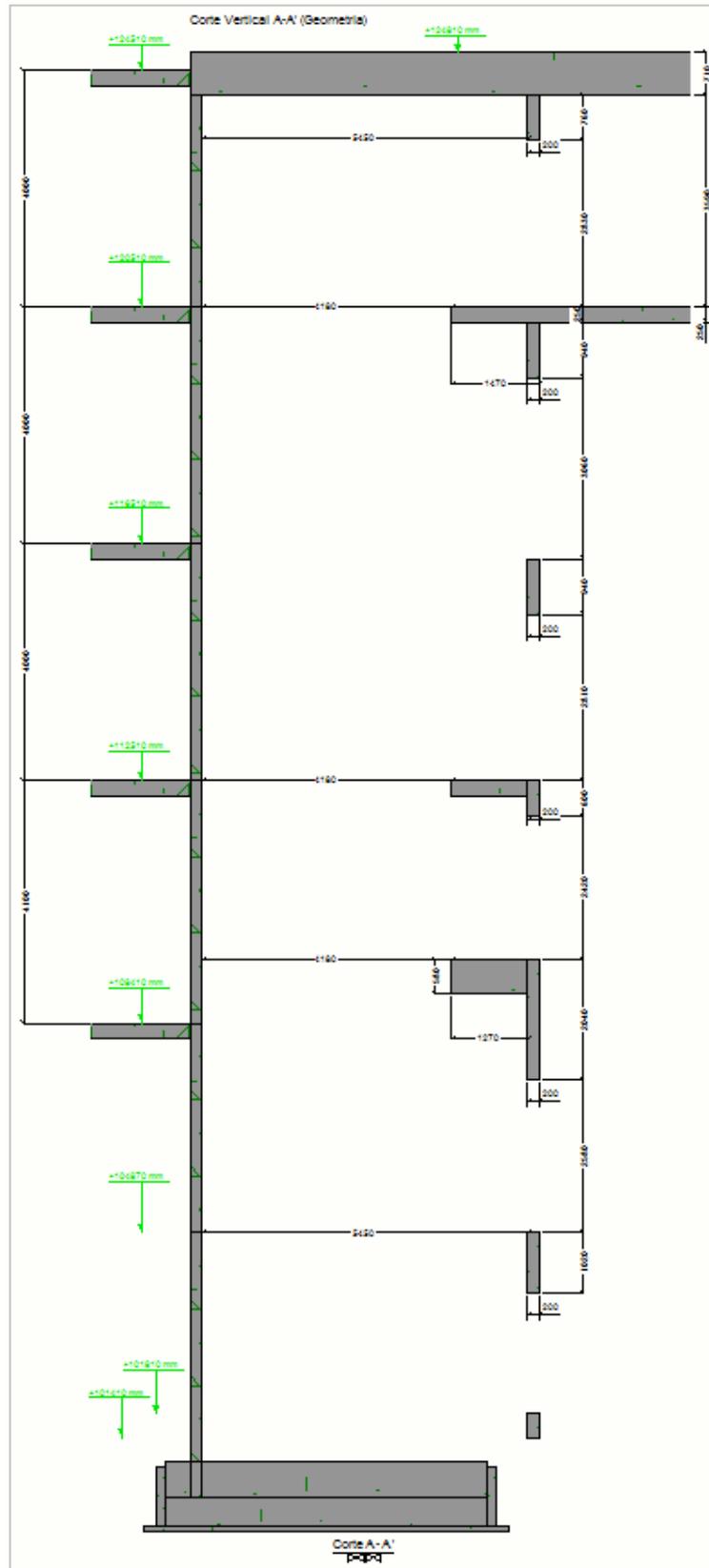


Figura 130 – Representação do corte vertical A-A' da Caixa de Plataforma Elevatória



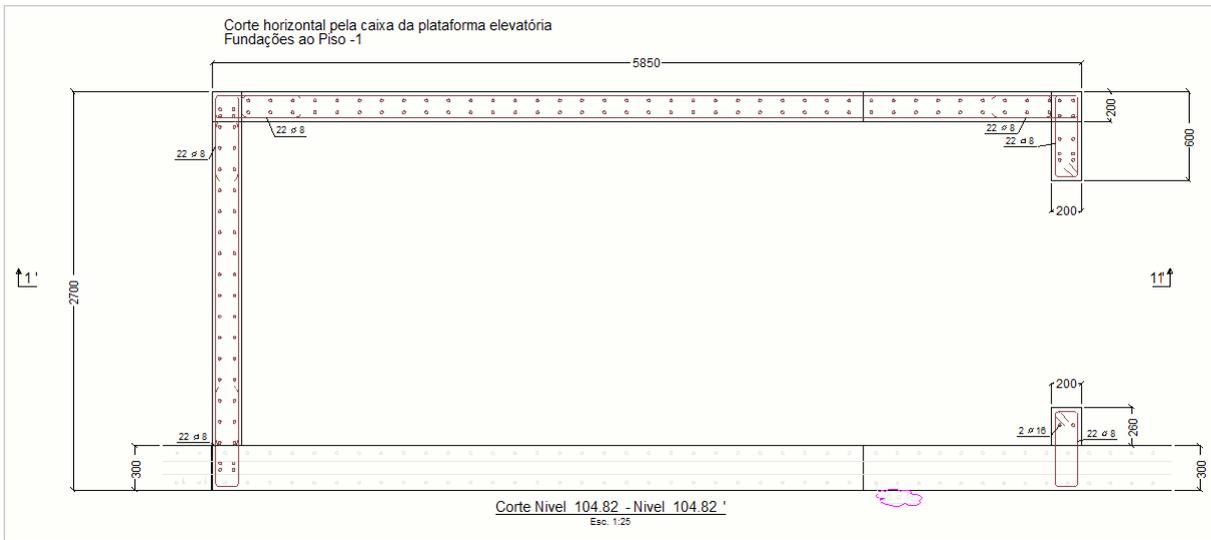


Figura 132 – Representação dos cortes Nível 104.82-Nível 104.82’

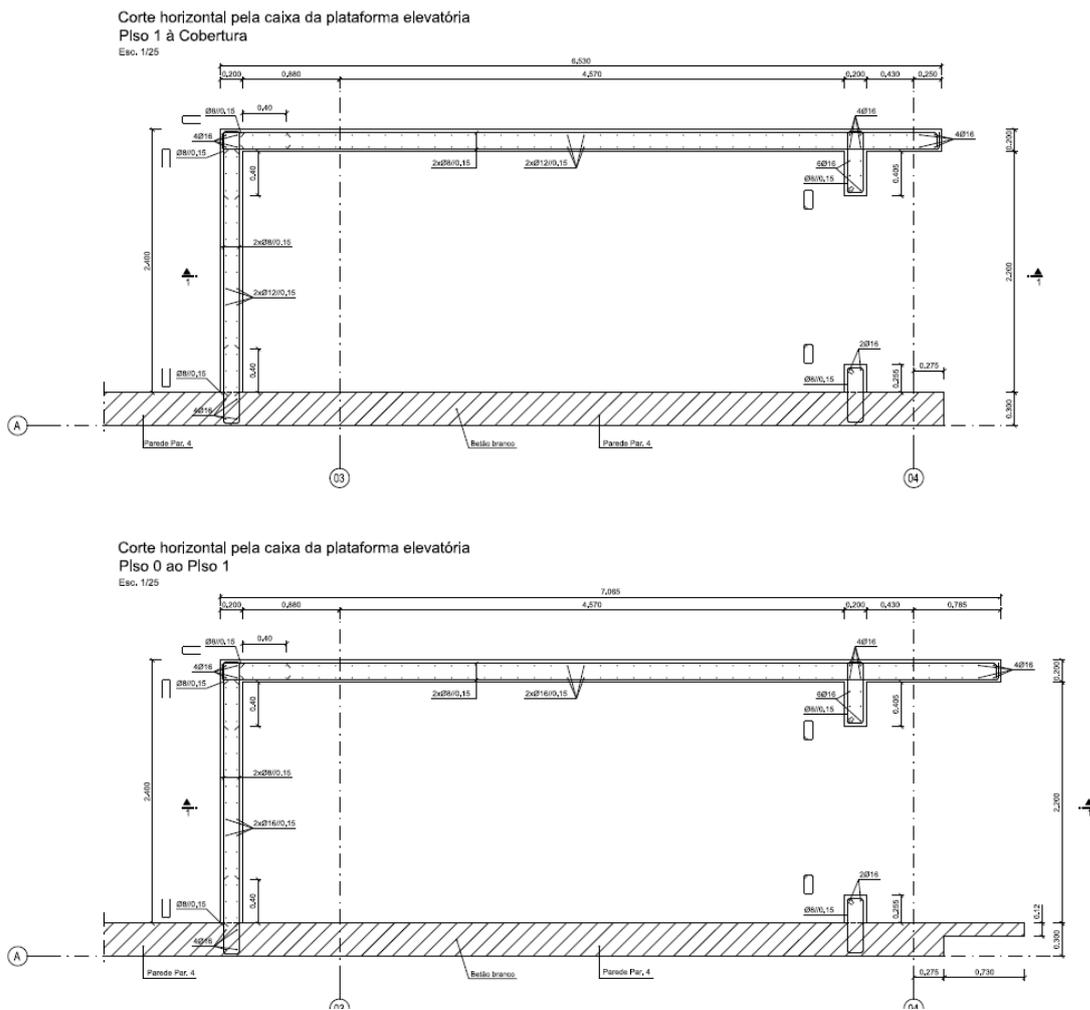


Figura 133 – Representação dos cortes da Plataforma Elevatória dos desenhos fornecidos

## Desenhos e pormenores da Caixa de Escadas

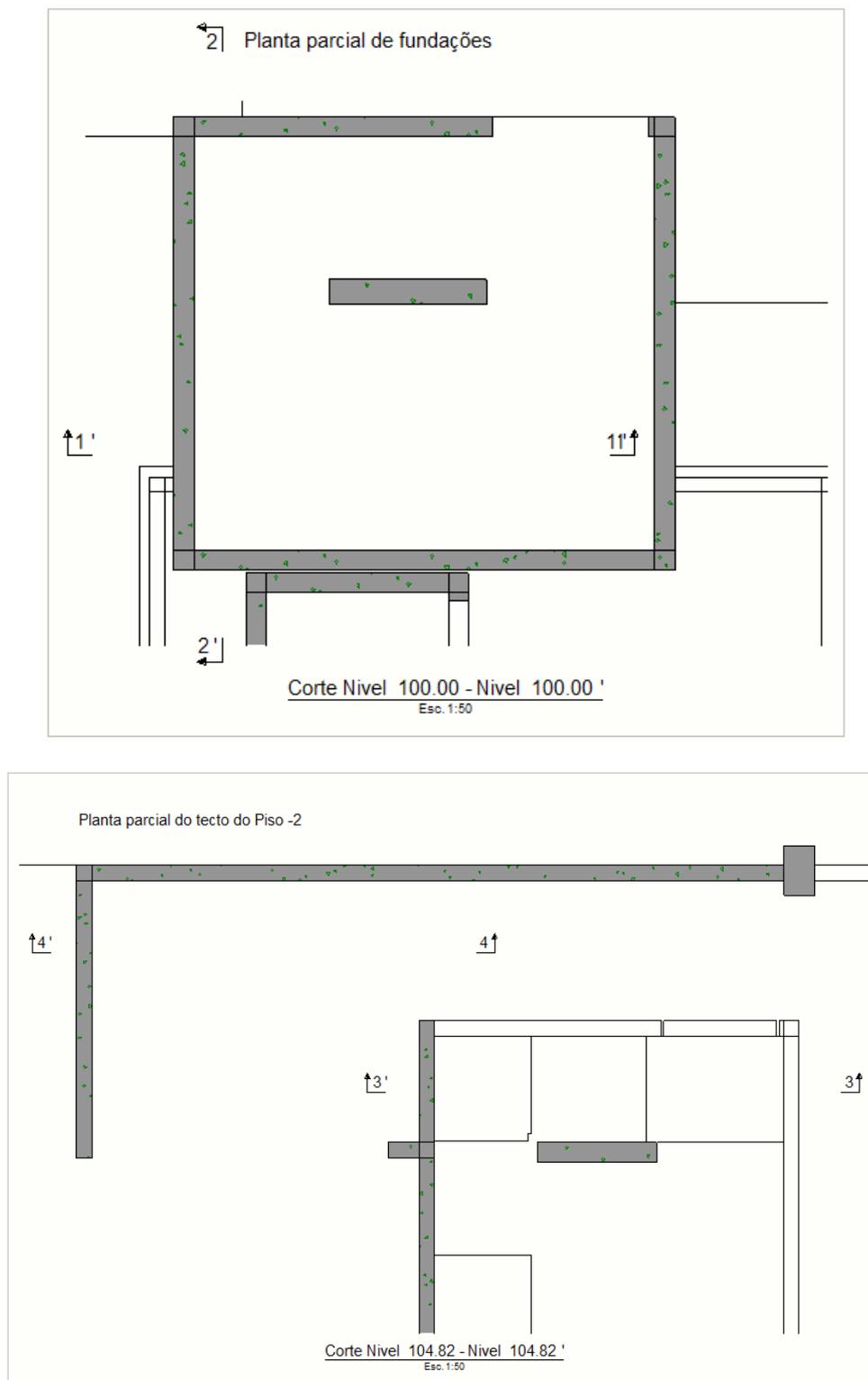


Figura 134 – Representação de cortes Nível 100.00-Nível 100.00' e Nível 104.82-Nível 104.82'

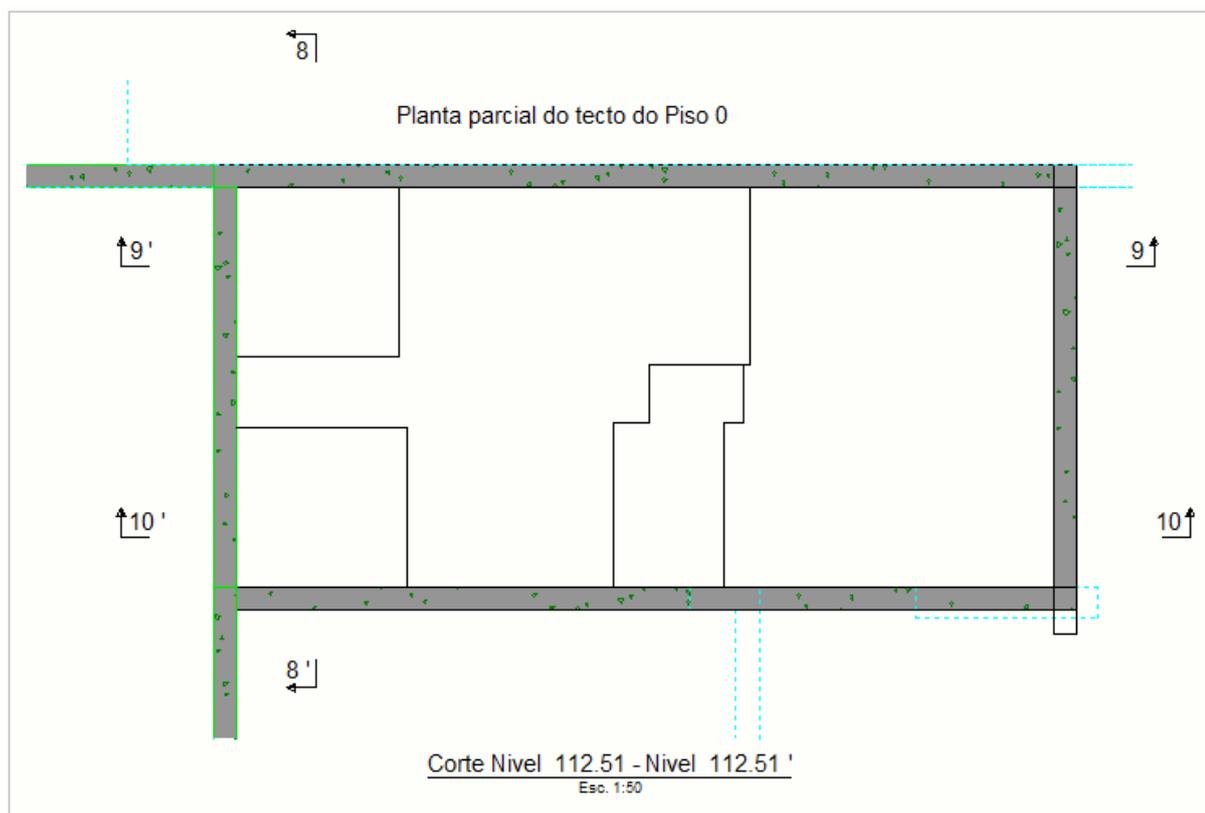
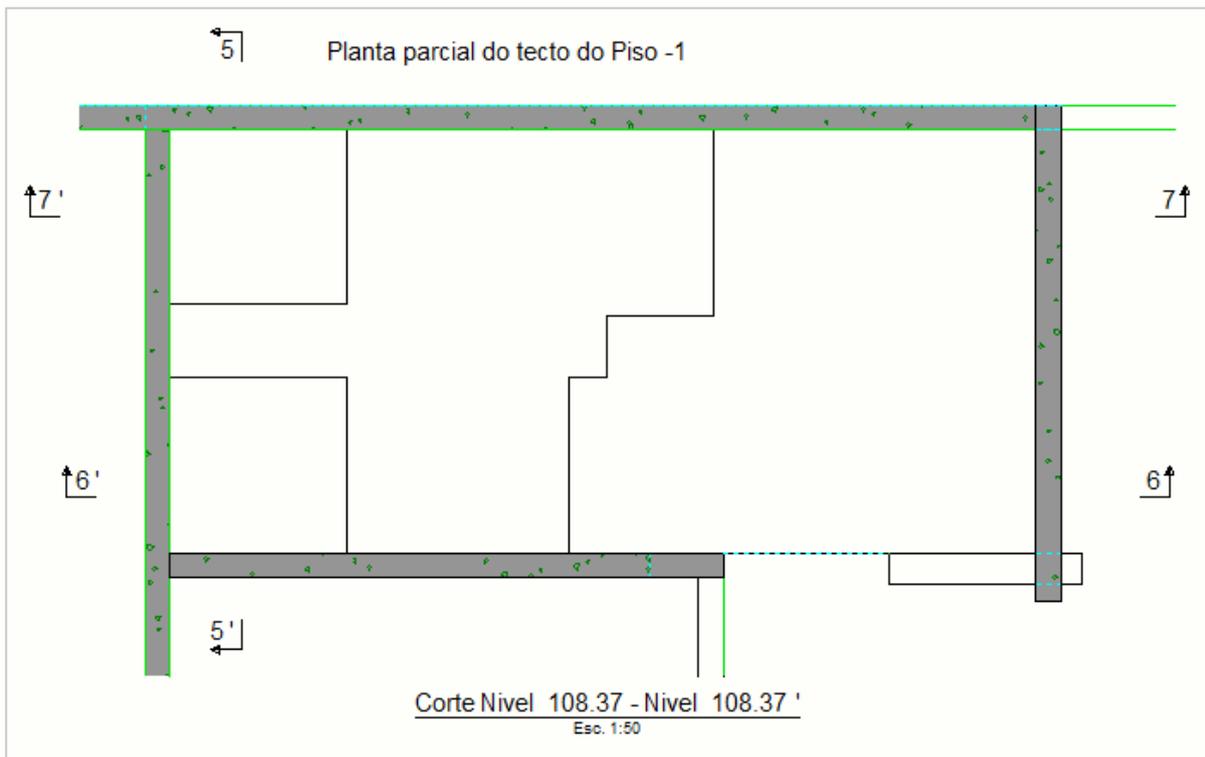


Figura 135 – Representação de cortes Nível 108.37-Nível 108.37 e Nível 112.51-Nível 112.51'

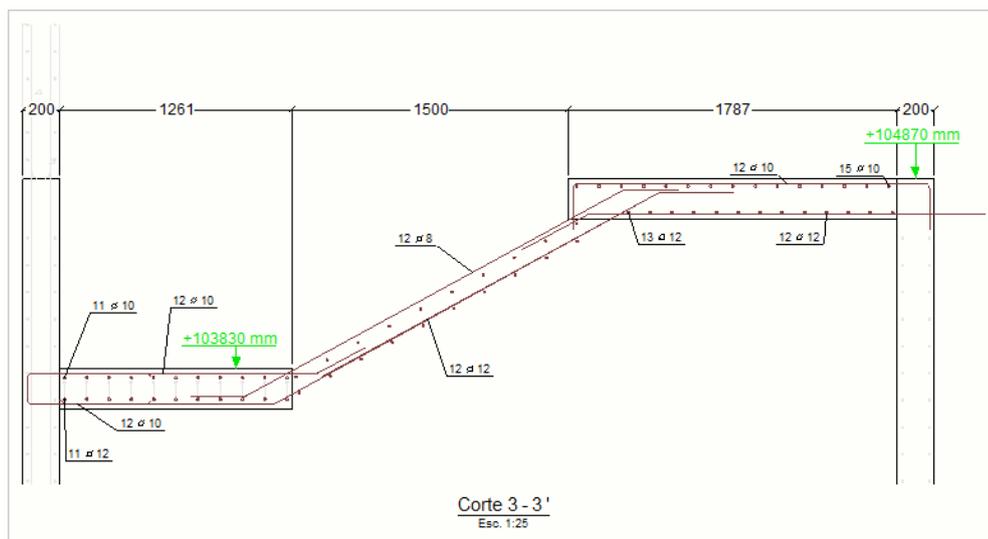
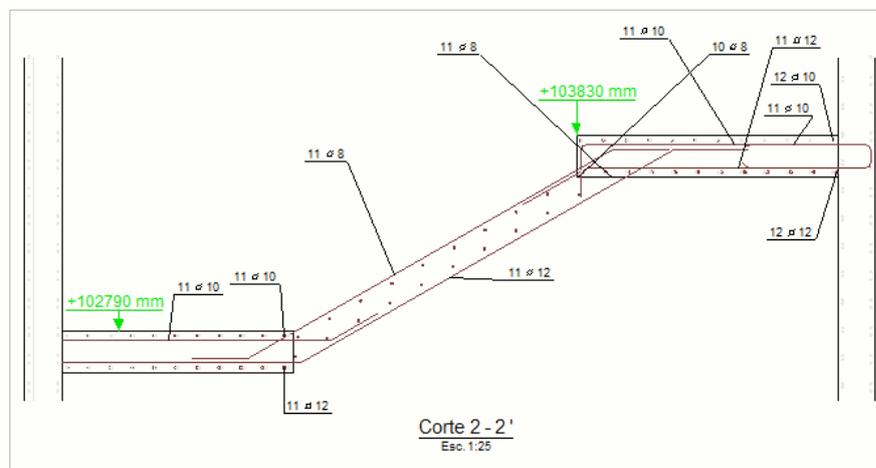
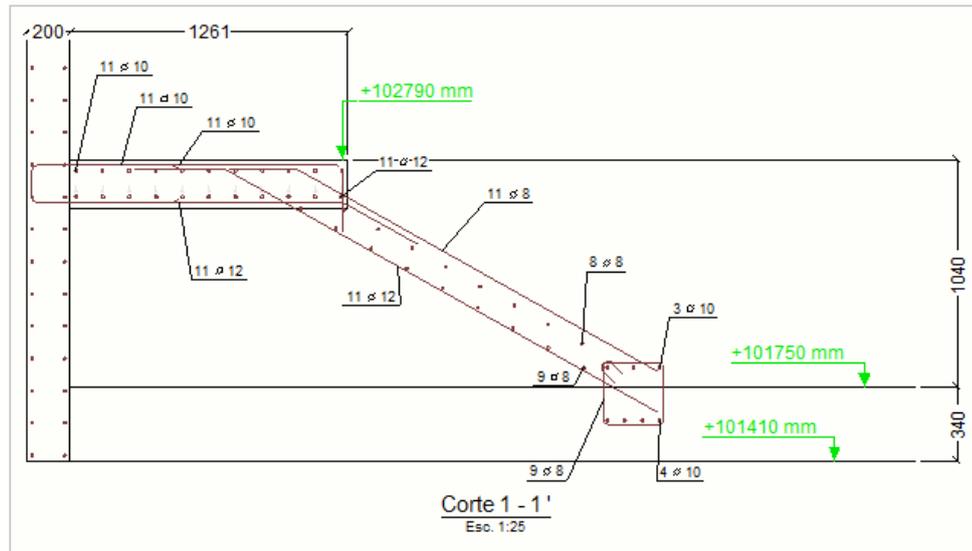


Figura 136 – Representação de cortes 1-1', 2-2' e 3-3'

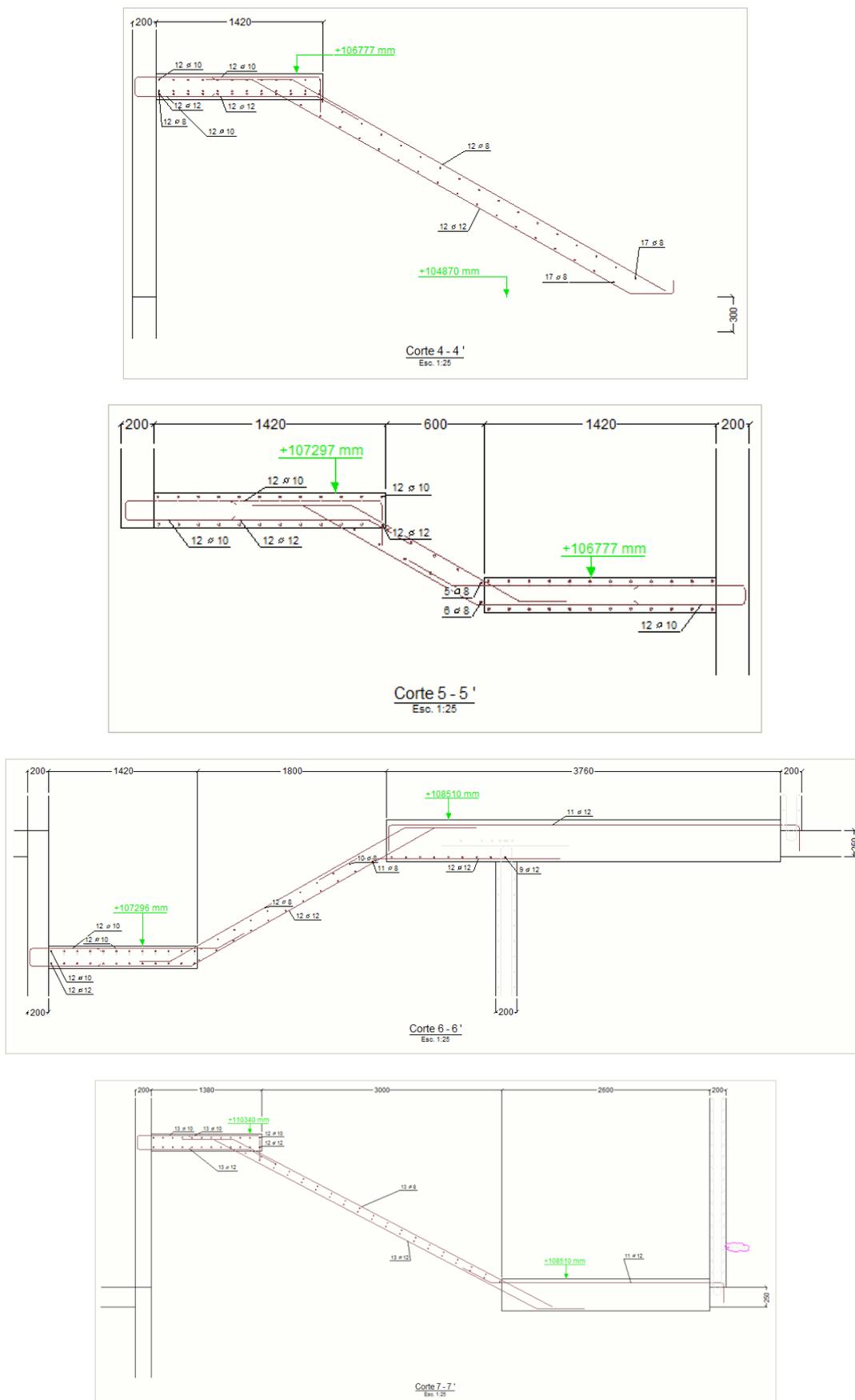


Figura 137 – Representação de cortes 4-4', 5-5', 6-6' e 7-7'

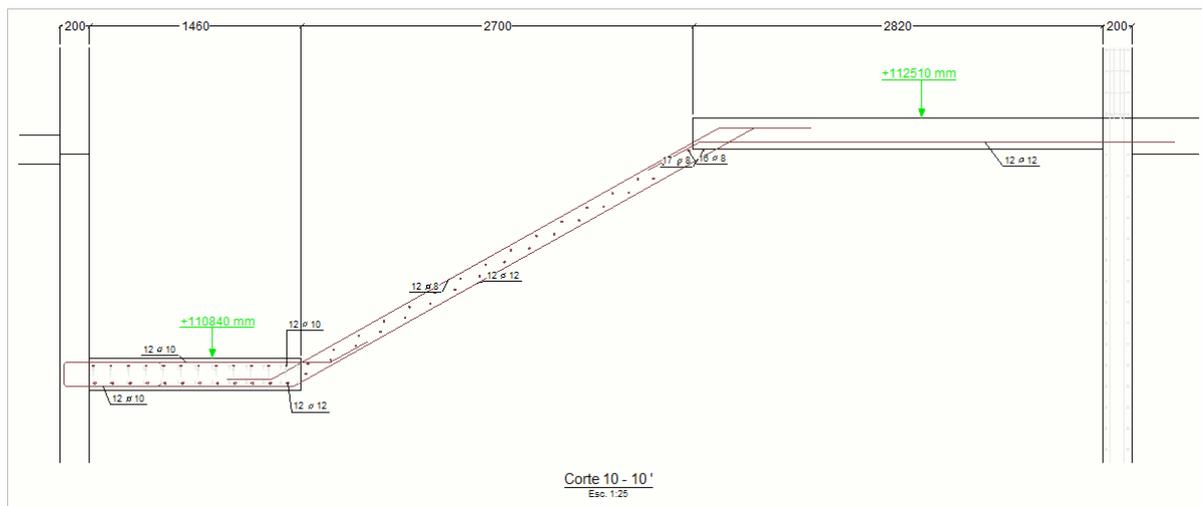
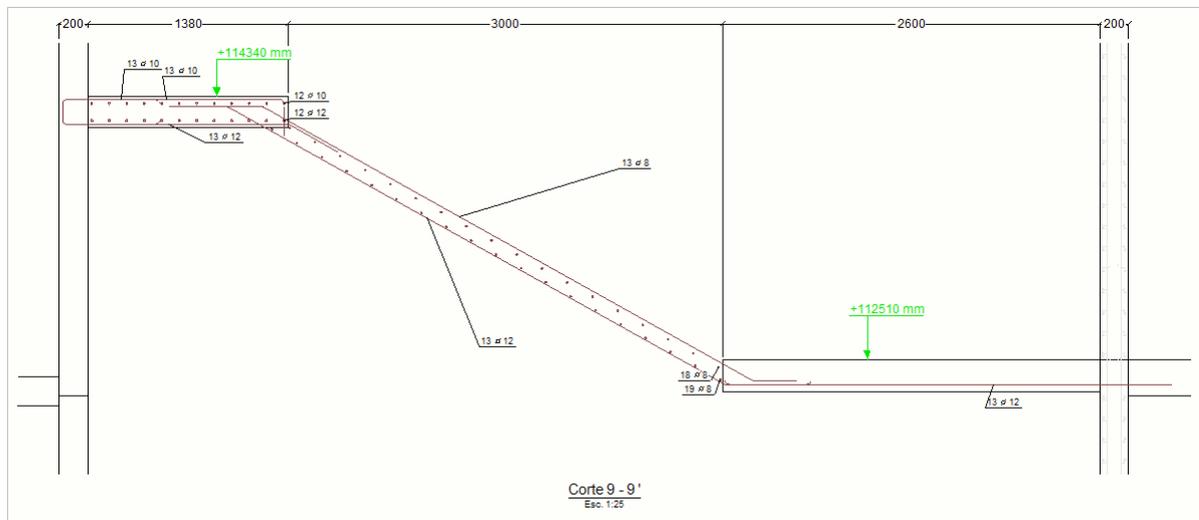
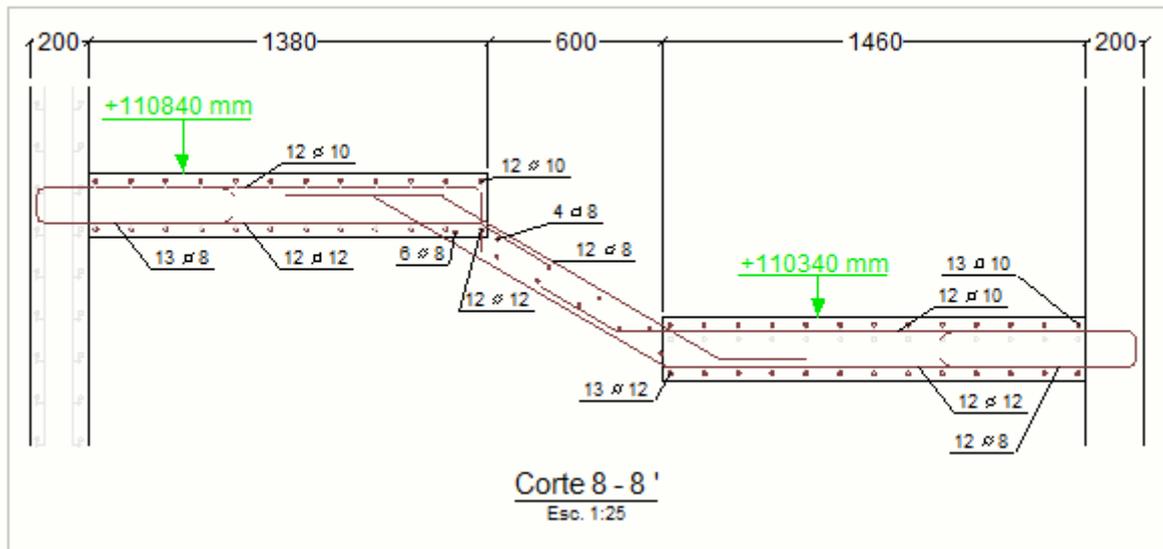


Figura 138 – Representação de cortes 8-8', 9-9' e 10-10'

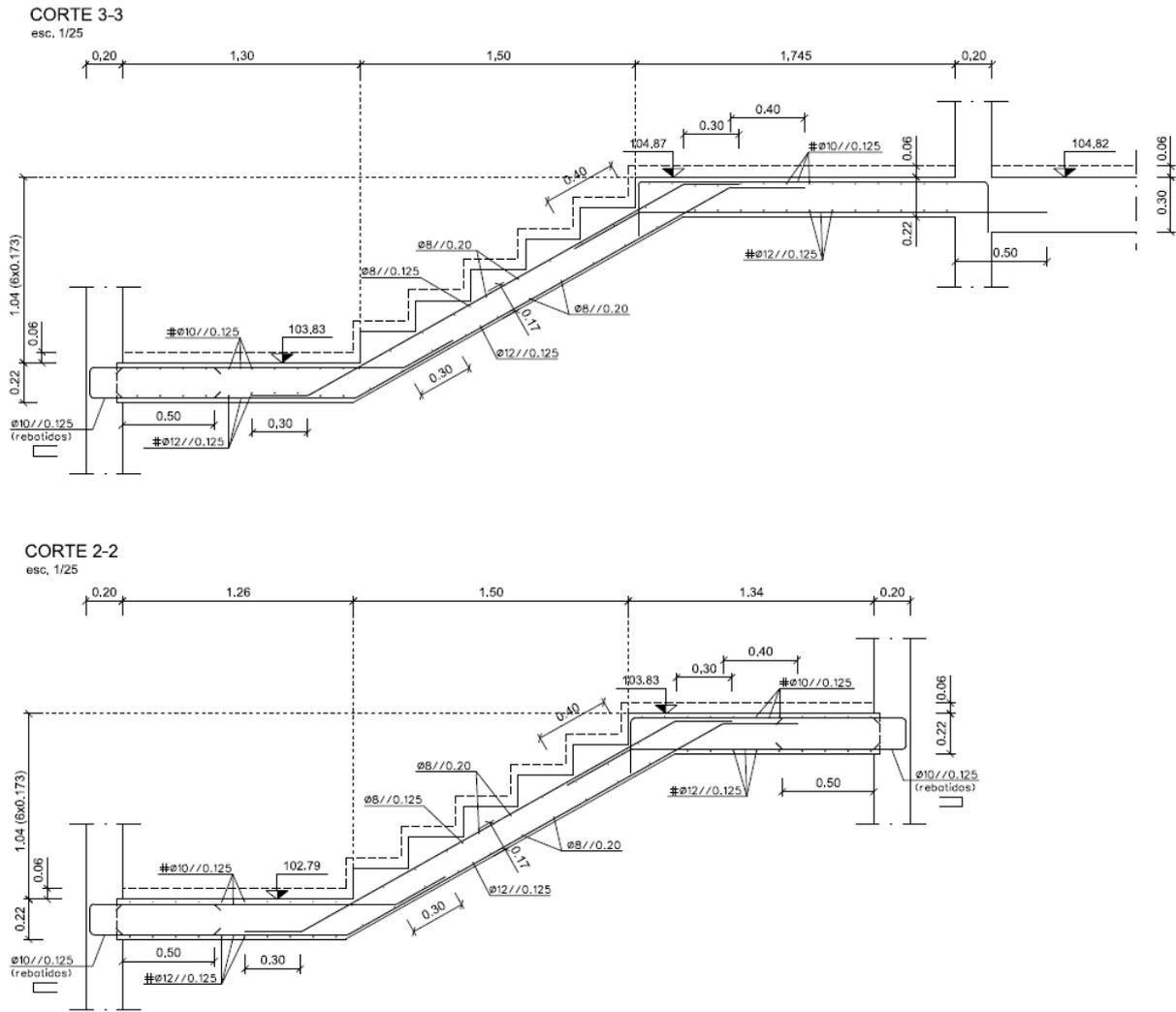


Figura 139 – Representação dos cortes 3-3 e 2-2 das Escadas dos desenhos fornecidos

## Desenhos e pormenores das Vigas

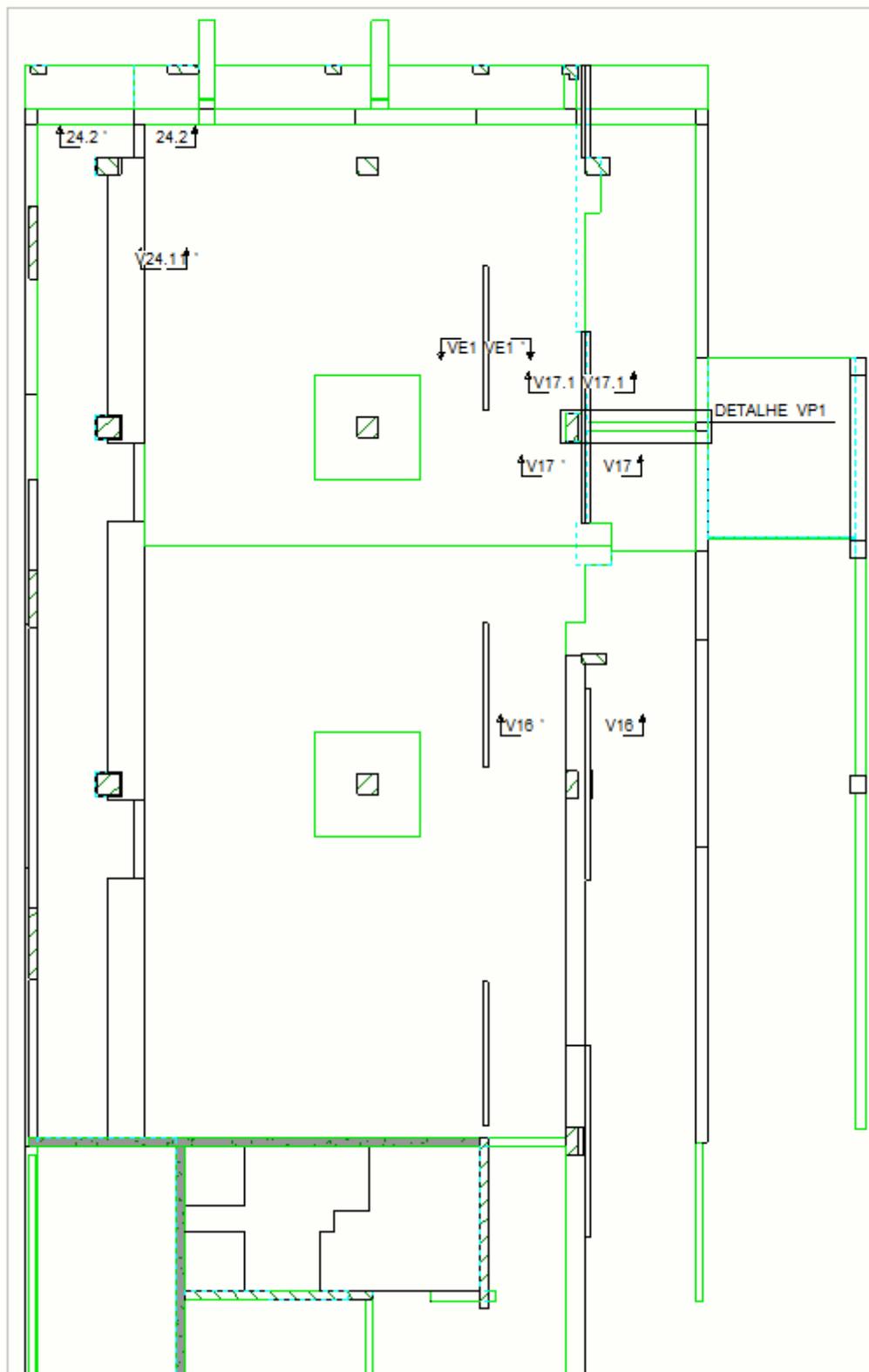


Figura 140 – Planta das fundações com representação de cortes das Vigas (parte1)

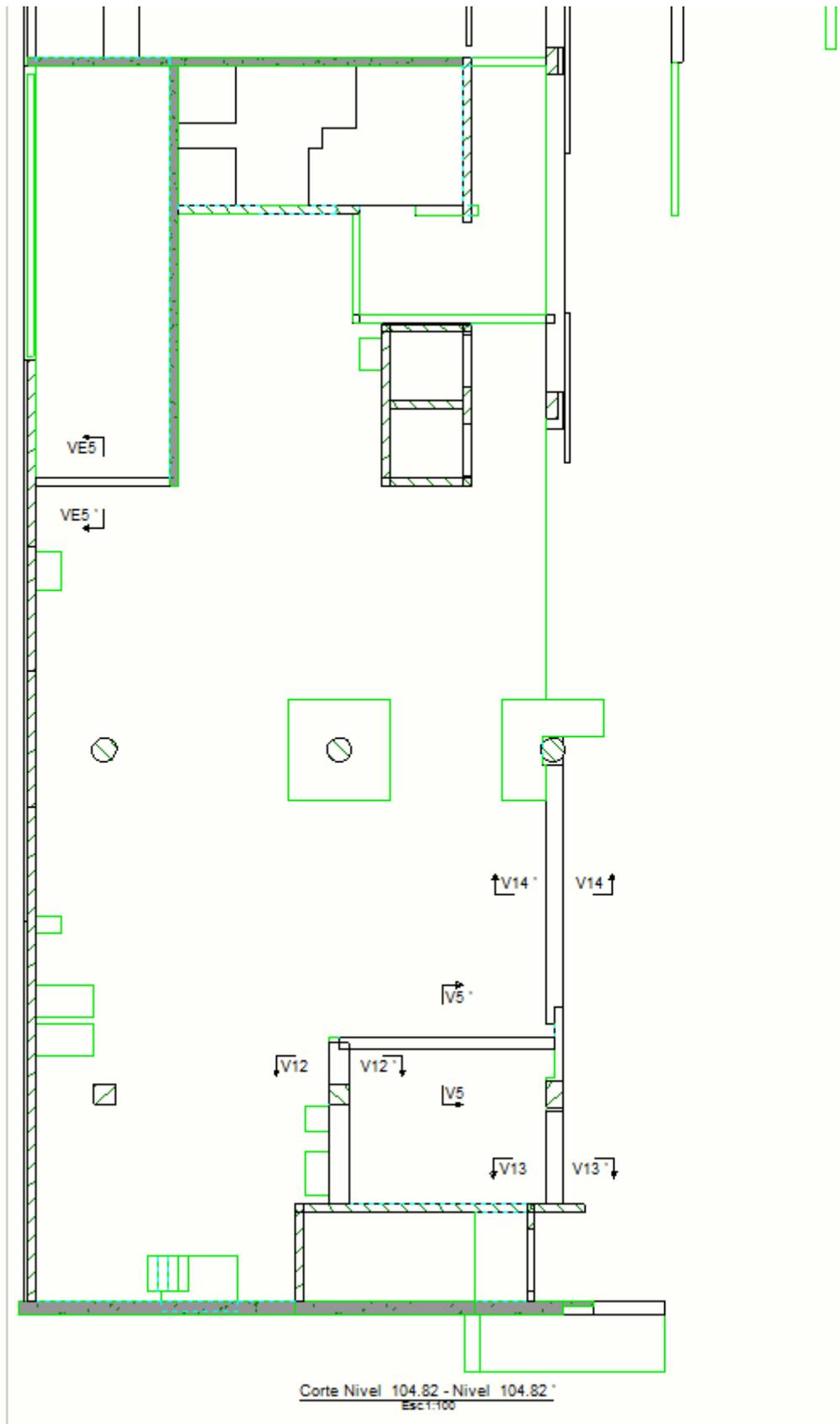


Figura 141 – Planta das fundações com representação de cortes das Vigas (parte2)

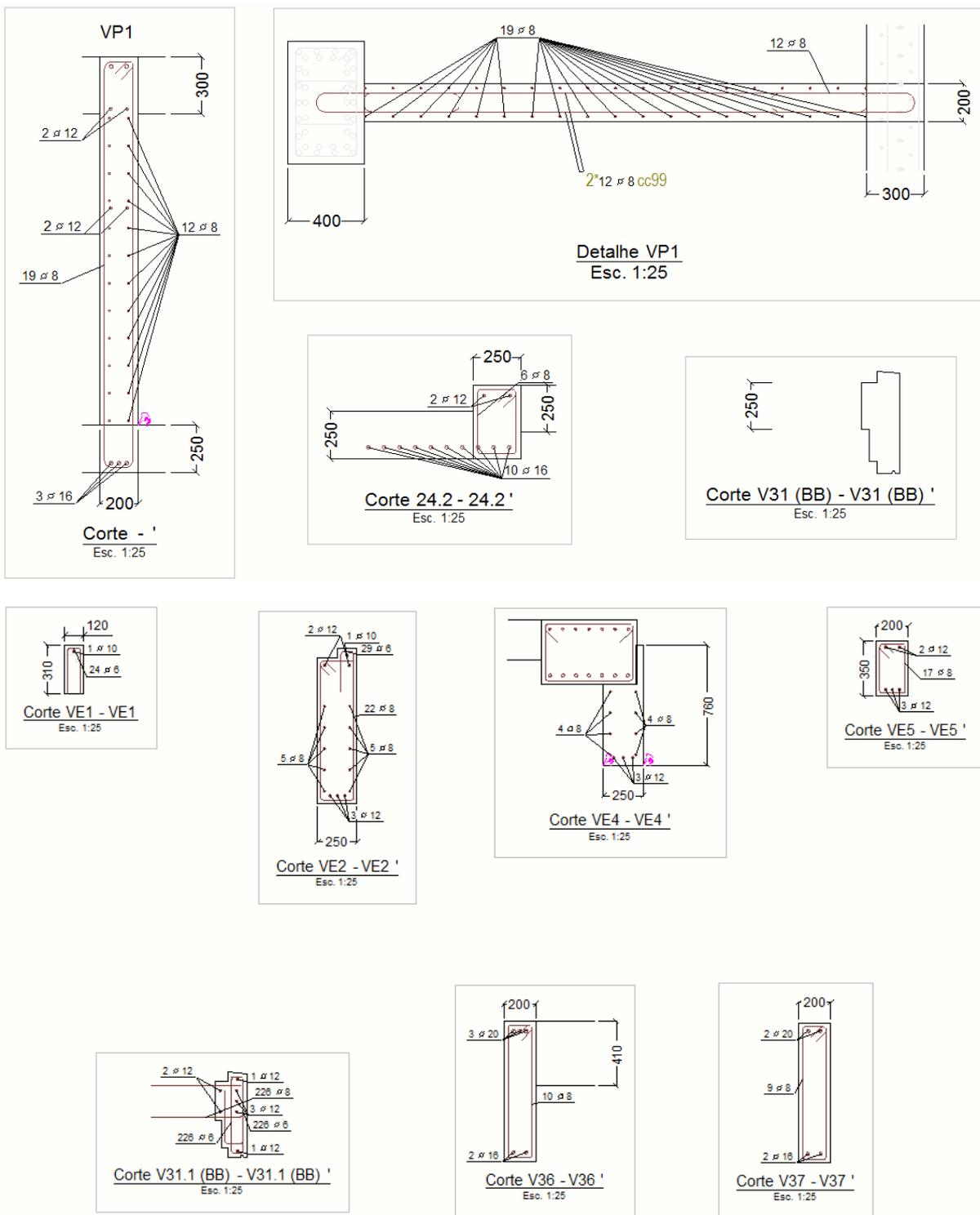


Figura 142 – Representação de exemplos de cortes das vigas (parte1)

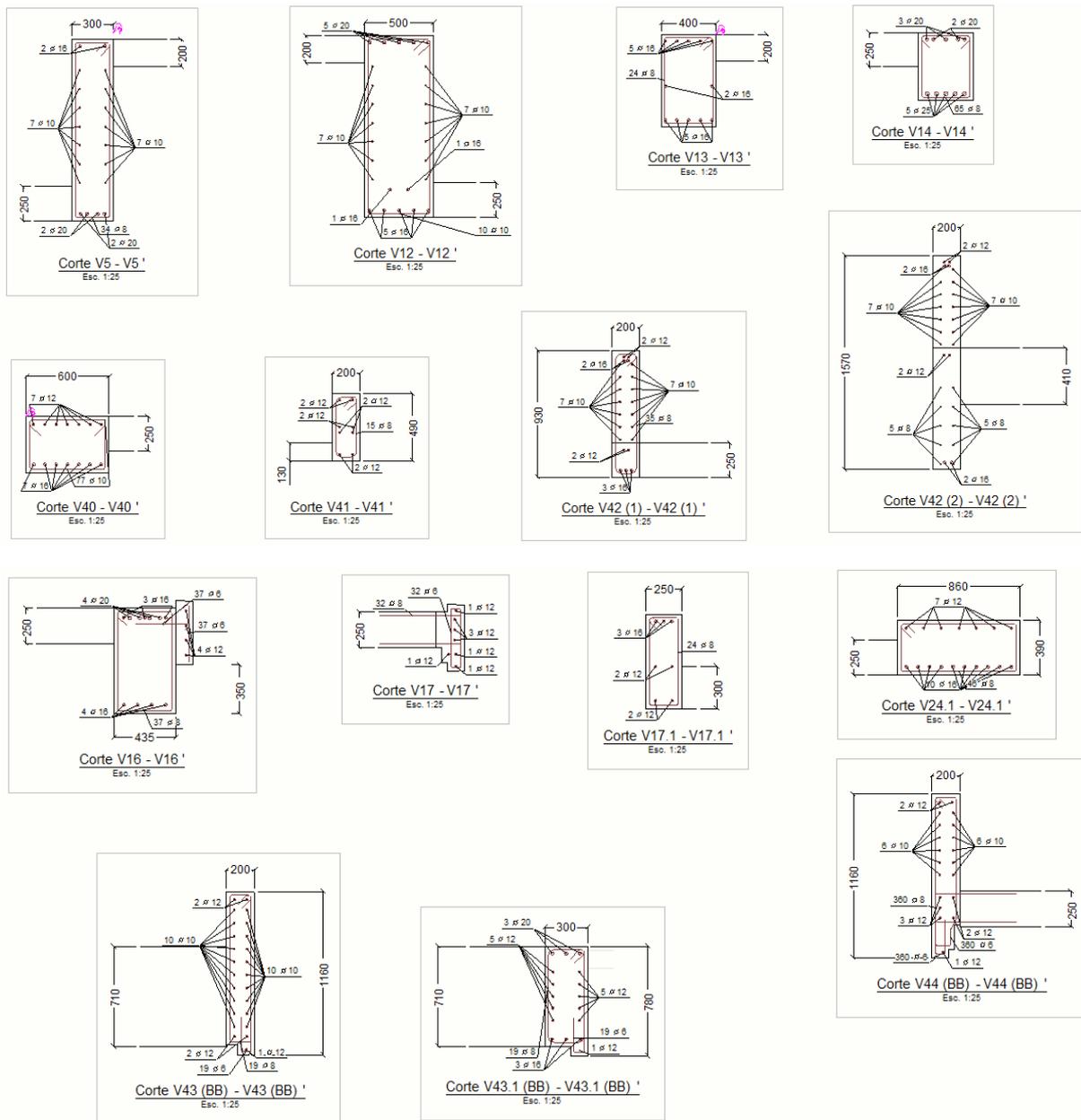
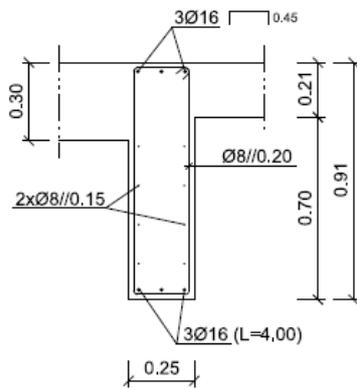


Figura 143 – Representação de exemplos de cortes das vigas (parte2)

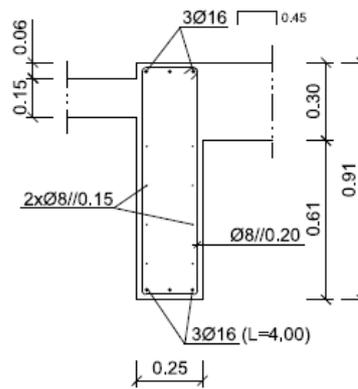
**Viga V1**

Esc. 1/25



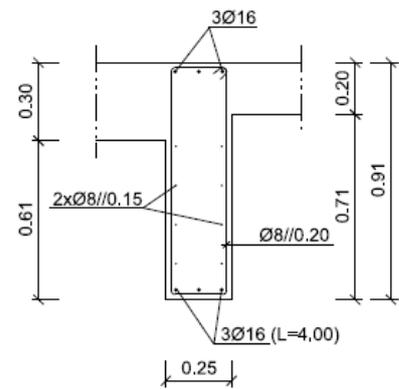
**Viga V2**

Esc. 1/25



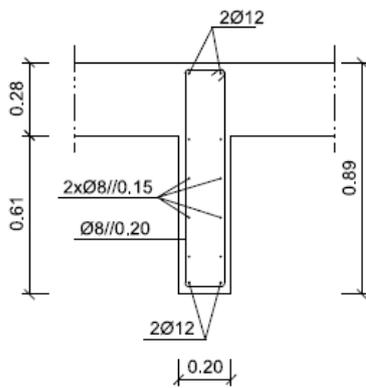
**Viga V3**

Esc. 1/25



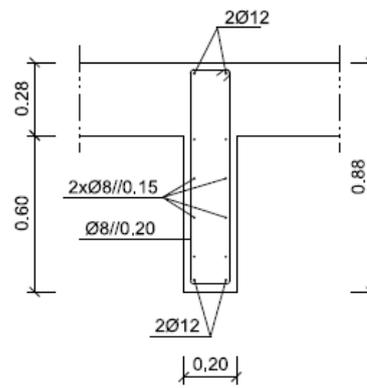
**Viga V10**

Esc. 1/25



**Viga V10.1**

Esc. 1/25



**Viga V11**

Esc. 1/25

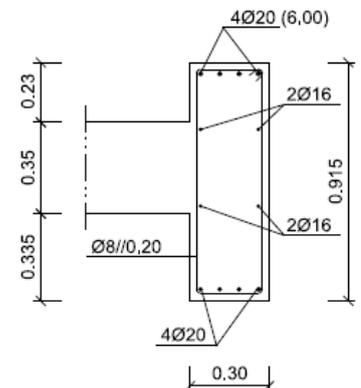


Figura 144 – Representação dos cortes das Vigas dos desenhos fornecidos

## Desenhos e pormenores dos Pilares

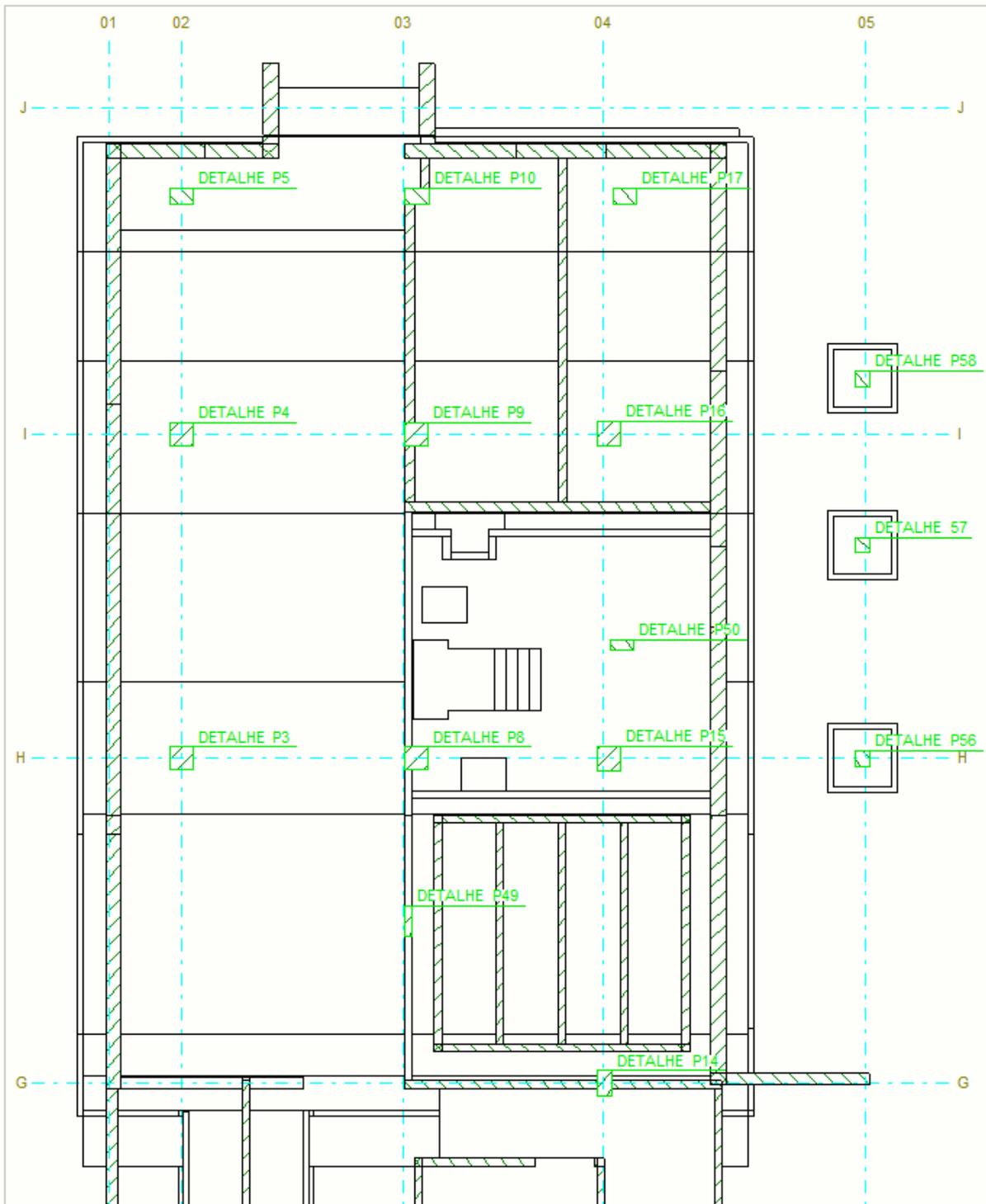


Figura 145 – Planta das fundações com representação de cortes dos Pilares (parte1)

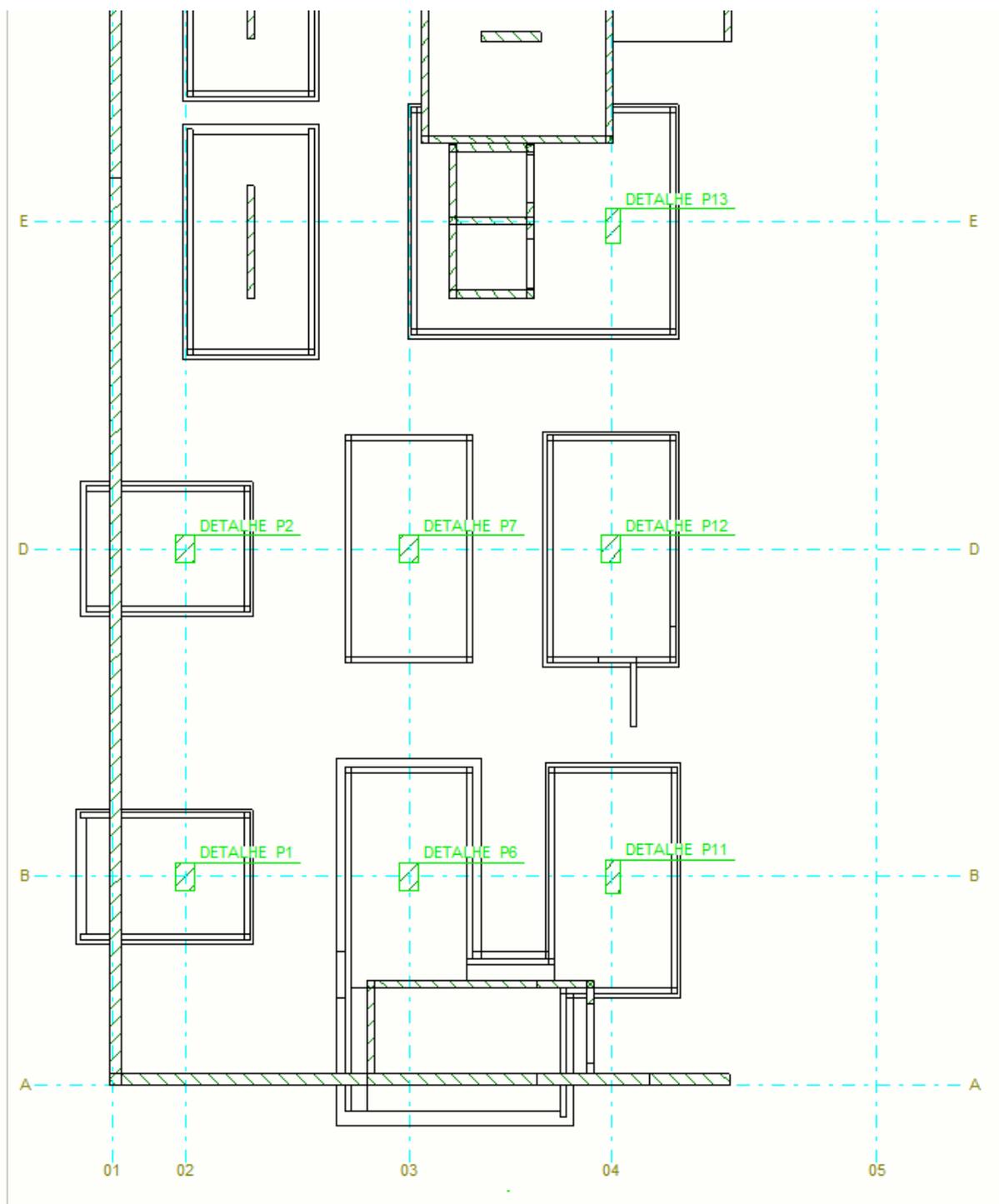


Figura 146 – Planta das fundações com representação de cortes dos Pilares (parte2)



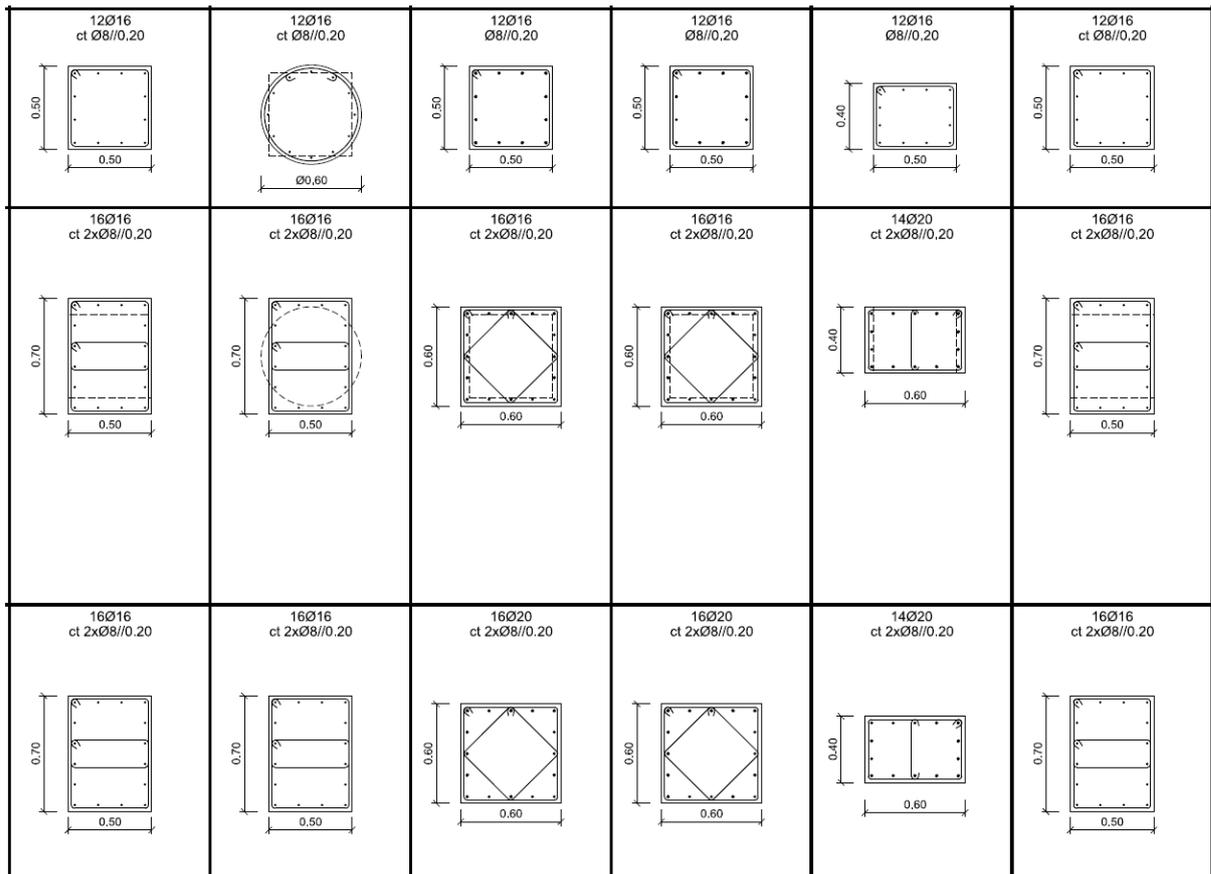


Figura 148 – Representação dos cortes dos Pilares dos desenhos fornecidos



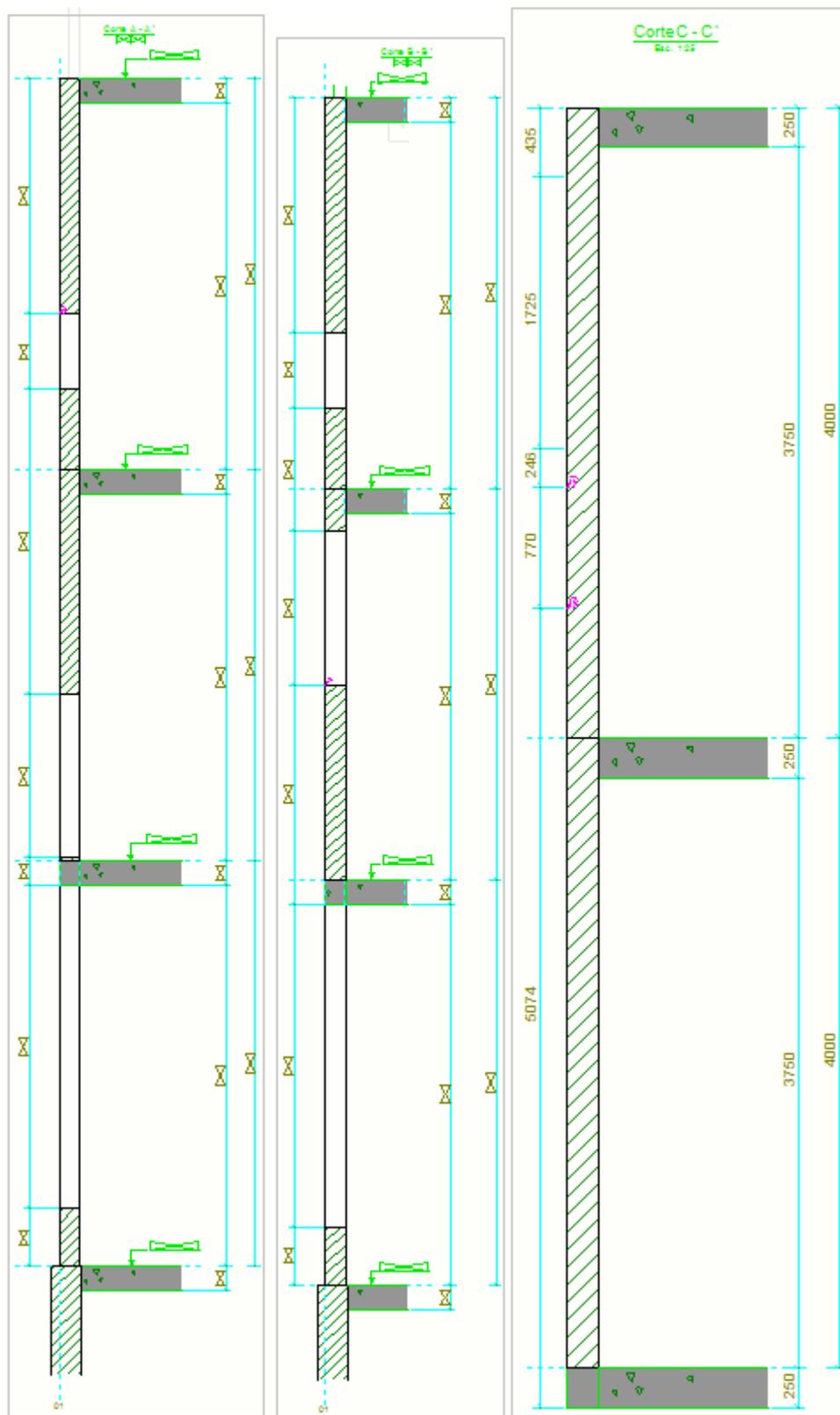


Figura 152 – Representação de cortes A-A', B-B' e C-C'