

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS

Átila Tinoco Gonçalves Miguel

**Comparativo entre o Dimensionamento de Estruturas de Aço e Concreto:
Um Estudo De Caso**

Belo Horizonte
2017

Átila Tinoco Gonçalves Miguel

**Comparativo entre o Dimensionamento de Estruturas de Aço e Concreto:
Um Estudo De Caso**

Trabalho Final apresentado ao Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "Especialista em Estruturas".

Orientador: Prof. Armando Cesar Campos Lavall

Belo Horizonte
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS

**COMPARATIVO ENTRE O DIMENSIONAMENTO DE
ESTRUTURAS DE AÇO E DE CONCRETO: UM ESTUDO DE CASO**

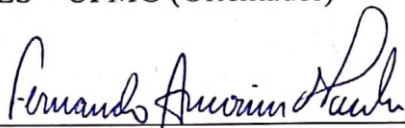
ÁTILA TINOCO GONÇALVES MIGUEL

Trabalho Final apresentado ao Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "Especialista em Estruturas".

Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Armando Cesar Campos Lavall
DEES – UFMG (Orientador)



Prof. Dr. Fernando Amorim de Paula
DEES – UFMG

Belo Horizonte, 11 de dezembro de 2017

AGRADECIMENTOS

Sobretudo, a Deus, pelo dom da vida e suas bênçãos diárias.

Ao Professor Lavall, pela disponibilidade, conselhos e paciência.

Aos fornecedores, seus funcionários, profissionais liberais e demais prestadores autônomos de serviços consultados nas etapas de quantificação e precificação deste estudo.

À minha esposa, Luiza, por seu incansável apoio e compreensão durante o curso.

Aos meus pais, que me fomentaram minha educação formal e de caráter.

Ao meu filho Mateus, que deu ao dia-a-dia e aos planos de futuro um novo sentido.

Aos autores de toda a literatura e notas de aula do curso, bem como das referências mencionadas neste documento, que desenvolveram e compartilharam conhecimentos imprescindíveis ao seu cumprimento.

E a todos os professores, colegas e amigos que me acompanharam nessa jornada, contribuindo com conhecimento, esclarecimento, companheirismo e motivação.

Resumo

Neste trabalho foram avaliadas ferramentas computacionais disponíveis no mercado e uma metodologia de levantamento de custos para estruturas, aplicando-as a um estudo de caso específico. Uma edificação para fins residenciais foi dimensionada em aço e concreto armado, tendo sido seus quantitativos estimados. Uma análise qualitativa foi aplicada, que resultou em favor da solução em aço por significativa vantagem. Cronogramas preliminares foram gerados, exibindo clara vantagem das estruturas de aço no prazo de execução. A superestrutura ficou 115% mais cara, enquanto as fundações ficaram apenas 6% mais baratas. O total para as atividades avaliadas ficou em 75% de acréscimo sobre a referência de concreto armado. A produtividade do método comparativo ficou aquém do esperado, embora tal processo possa ser aprimorado com planilhas de interpretação e processamento dos relatórios e saídas do *software*, bem como um banco de dados de composições de custos deve ser construído para que se possa agilizar as estimativas de custos.

Palavras-chave: estrutura; metálica; concreto; dimensionamento; orçamento.

Abstract

This work evaluated computational tools available in the market and a methodology for estimating costs for structures, applying them to a specific case. One residential building was designed in both steel and reinforced concrete, having their respective quantities estimated. A qualitative analysis was applied, which largely favored the steel option. Preliminary construction schedules were generated and exhibited clear advantage for the steel option in regard to total time. The structure was approximately 115% more costly, while the foundations were only 6% lower. The total sum resulted in 75% cost addition in comparison to the concrete option. Productivity of the method was lower than expected, even though such process may be improved with spreadsheets to interpret and process data from the software reports. Furthermore, a database for prices compositions should add speed to the the cost estimation.

Keywords: structure; steel; concrete; design; budget.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estratificação do consumo brasileiro de cimento.	13
Figura 2: Ciclo de vida do projeto segundo o PMBOK.	18
Figura 3: Relação do custo com o ciclo de vida do projeto segundo o PMBOK.	19
Figura 4: Casa baseada em superestrutura reticulada de concreto	20
Figura 5: Maiores produtores de cimento do mundo em 2012.....	21
Figura 6: Maiores consumidores de cimento do mundo em 2012.....	22
Figura 7: Participação dos continentes no consumo mundial de cimento	22
Figura 8: Produção, exportação e percentual exportado no mundo em milhões de toneladas	23
Figura 9: Evolução do consumo aparente de cimento no Brasil desde 1965.	24
Figura 10: Casa baseada em superestrutura reticulada de aço.....	24
Figura 11: Produção de aço no mundo desde 1950	25
Figura 12: Estratificação da produção mundial de aço.	26
Figura 13: Captura de tela do programa AutoCAD®	46
Figura 14: Captura de tela do programa CypeCAD®	48
Figura 15: Captura de tela do programa Arquimedes®	49
Figura 16: Visualização 3D da estrutura – alternativa em concreto.....	54
Figura 17: Disposição dos pisos e suas respectivas cotas – alternativa em concreto.....	55
Figura 18: Numeração dos pilares – alternativa em concreto.	55
Figura 19: Configuração das fundações – alternativa em concreto.....	56
Figura 20: Piso Térreo – alternativa em concreto.....	56
Figura 21: 1º Piso – alternativa em concreto.	57
Figura 22: Forro – alternativa em concreto.	57
Figura 23: Piso “Cumeeira”, representando o topo dos pilares – alternativa em concreto.	58
Figura 24: Modelo de barras da cobertura em perfis dobrados – alternativa em concreto..	58
Figura 25: Modelo de cálculo em elementos finitos – modelo em concreto.....	59
Figura 26: Visualização 3D da estrutura – alternativa em aço.	61
Figura 27: Disposição dos pisos e suas respectivas cotas – alternativa em aço.	62
Figura 28: Numeração dos pilares – alternativa em aço.....	62
Figura 29: Configuração das fundações – alternativa em aço.	62
Figura 30: Térreo – alternativa em aço.....	63

Figura 31: 1º Piso – alternativa em aço.	63
Figura 32: Forro – alternativa em aço.	63
Figura 33: Piso “Cumeeira”, representando o topo dos pilares – alternativa em aço.	64
Figura 34: Modelo de cálculo em elementos finitos – modelo em aço.	64
Figura 35: Modelo de barras da cobertura em perfis dobrados – alternativa em aço.....	65
Figura 36: Cronograma preliminar de execução estrutural – alternativa em concreto.....	71
Figura 37: Cronograma preliminar de execução estrutural – alternativa em aço.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção e consumo mundial de cimento em 2012, em milhões de toneladas... 21	21
Tabela 2: Destinação da produção nacional de cimento em 2012, em mil toneladas. 23	23
Tabela 3: Uso “real” do aço no mundo, em milhões de toneladas. 27	27
Tabela 4: Produção de aço bruto mundial. 27	27
Tabela 5: Produção de aço bruto nos estados brasileiros. 28	28
Tabela 6: Comparativo do uso de sistemas de aço e concreto – obra. 29	29
Tabela 7: Comparativo do uso de sistemas de aço e concreto – fundações. 30	30
Tabela 8: Comparativo do uso de sistemas de aço e concreto – alvenarias. 30	30
Tabela 9: Comparativo do uso de sistemas de aço e concreto – instalações e utilidades.... 31	31
Tabela 10: Produção de aço bruto mundial. 31	31
Tabela 11: Quantitativos estimados do Térreo – alternativa em concreto. 66	66
Tabela 12: Quantitativos estimados do 1º Piso – alternativa em concreto. 66	66
Tabela 13: Quantitativos estimados do piso Forro – alternativa em concreto..... 67	67
Tabela 14: Quantitativos estimados do piso Cumeeira – alternativa em concreto. 67	67
Tabela 15: Quantitativos estimados dos pavimentos – alternativa em concreto. 67	67
Tabela 16: Quantitativos estimados para sapatas – alternativa em concreto..... 67	67
Tabela 17: Quantitativos estimados para vigas de equilíbrio – alternativa em concreto. ... 68	68
Tabela 18: Quantitativos estimados para cobertura – alternativa em concreto. 68	68
Tabela 19: Quantitativos estimados do Térreo – alternativa em aço..... 69	69
Tabela 20: Quantitativos estimados do 1º Piso – alternativa em aço. 69	69
Tabela 21: Quantitativos estimados do piso Forro – alternativa em aço..... 69	69
Tabela 22: Quantitativos estimados do piso Cumeeira – alternativa em aço. 69	69
Tabela 23: Quantitativos estimados dos pavimentos – alternativa em aço. 69	69
Tabela 24: Quantitativos estimados para sapatas – alternativa em aço. 70	70
Tabela 25: Quantitativos estimados para vigas de equilíbrio – alternativa em aço..... 70	70
Tabela 26: Quantitativos estimados para cobertura – alternativa em aço. 70	70
Tabela 27: Quantitativos estimados para escadas – alternativa em aço. 71	71
Tabela 28: Histograma preliminar de mão de obra direta – alternativa em concreto..... 75	75
Tabela 29: Histograma preliminar de mão de obra direta – alternativa em aço..... 77	77
Tabela 30: Custos estimados à execução da estrutura – alternativa em concreto. 80	80
Tabela 31: Custos estimados à execução da estrutura – alternativa em aço..... 81	81

Tabela 32: Análise qualitativa entre as alternativas de concreto e aço. 81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVO.....	14
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3.1	Fases do Projeto de Engenharia	16
3.1.1	ABNT NBR 13531:1995	16
3.1.2	PMBOK.....	17
3.2	Materiais Usuais para Superestruturas Reticuladas Convencionais	20
3.2.1	O Mercado do Concreto.....	20
3.2.2	O Mercado do aço.....	24
3.2.3	Aplicação Estrutural	28
3.3	O Projeto Estrutural	33
3.4	Softwares	35
3.4.1	CAD.....	35
3.4.2	CAE	35
3.4.3	Orçamentação	38
3.5	Estimativa de Custos.....	39
3.5.1	CUB.....	40
3.5.2	Composições de serviços.....	41
4	METODOLOGIA.....	45
4.1	O Projeto	45
4.2	Programas Adotados	46
4.2.1	AutoCAD®	46
4.2.2	CYPECAD®	47
4.2.3	Arquimedes®	48
4.3	Roteiro de Dimensionamento	49
4.4	Roteiro do Levantamento de Custos	50
4.5	Critérios e Premissas de Projeto	52
4.6	Superestrutura em Concreto Armado	54
4.6.1	Modelos de Cálculo	54
4.6.2	Ações	59
4.7	Superestrutura em Aço.....	61
4.7.1	Modelos de Cálculo	61
4.7.2	Ações	65
5	DISCUSSÃO.....	66
5.1	Quantitativos Estimados	66
5.1.1	Alternativa em Concreto Armado.....	66

5.1.2	Alternativa em Perfis de Aço.....	69
5.2	Cronogramas de Execução Preliminares	71
5.3	Histogramas Preliminares de Mão de Obra Direta	75
5.4	Custos Estimados.....	79
5.5	Análise Qualitativa	81
5.6	Comentários	83
6	CONCLUSÃO.....	84
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	85
8	REFERÊNCIAS.....	85
	ANEXO 1.....	90
	ANEXO 2.....	91
	APÊNDICE 1	93
	APÊNDICE 2	98

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, tem cada vez ganhado mais espaço o uso de superestruturas não-reticuladas ou painéis estruturais na construção civil, donde destacam-se a alvenaria estrutural, armada ou não, e o *light steel framing*, respectivamente.

Entretanto, haja vista a cultura local de reformas e expansões, muitas das vezes informais, que incluem modificações pontuais e de áreas, tal adesão tem se restringido a empreendimentos maiores e/ou incorporados diretamente por construtoras. Afinal, a adoção de tais tecnologias torna bastante mais restritivas novas intervenções e causa reticência, ou até mesmo antipatia, ao consumidor final brasileiro.

Não é incomum que se observe, por exemplo, placas e sinalizações de caráter pedagógico em edifícios multiandares de alvenaria estrutural, instruindo moradores a nunca derrubarem paredes ou abrirem buracos – como nichos de aparelhos tipo ar condicionado, para tubulação de exaustão de cozinha, instalação de tomadas extras, etc. –, a fim de evitar o surgimento de patologias causadas pela inexperiência das pessoas com tais restrições.

Nesse contexto, as superestruturas reticuladas levam vantagem qualitativa. As pequenas construções brasileiras ainda são, em geral, baseadas em arranjos tradicionais de pilares e vigas, com premissa usual de compreender exclusivamente elementos de concreto moldado in loco. Tal fato pode ser observado pelo consumo nacional de cimento, cuja maior fatia compreende revendedores do varejo. Logo, o consumidor final responde por 54% do mercado interno, como mostra a Figura 1.

A inércia tecnológica intrínseca ao mercado das pequenas construções, associada ao chavão de que toda inovação vem atrelada a um maior encargo financeiro e à dificuldade de se contratar mão de obra experiente, tem dificultado que outros materiais disputem o espaço dominado pelo concreto. Não somente os consumidores finais, mas também os profissionais liberais da construção civil, tem preferido manter-se na zona de conforto do espectro conhecido.

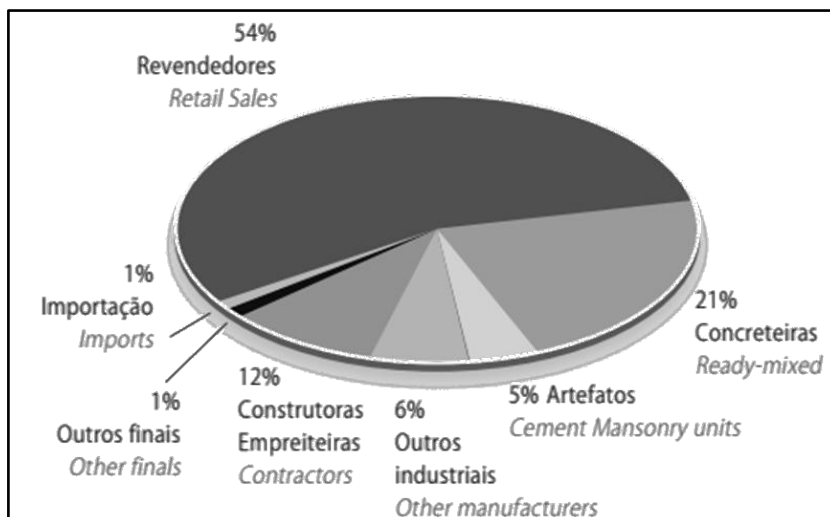


Figura 1: Estratificação do consumo brasileiro de cimento.
Fonte: SNIC (2013)

Contribui para isso uma visão desacertada de que o trabalho de engenharia é despesa da obra, em oposição a um investimento na melhor solução de projeto, que poderia contribuir com melhorias relevantes ao custo total da obra, ao prazo e método de construção. No âmbito de pequenos projetos residenciais e comerciais brasileiros, o foco da engenharia estrutural é usualmente visto com um viés prioritariamente técnico, em detrimento de seu impacto econômico. Passando pela concepção estrutural e o dimensionamento preliminar ou definitivo, o profissional é chamado a identificar e propor uma única solução estrutural reticulada que viabilize a execução do projeto arquitetônico, sem agressões conceituais e estéticas àquilo que outrora havia sido estabelecido junto ao proprietário do empreendimento.

Ocupando o mesmo nicho de aplicação, as estruturas compostas de perfis laminados ou soldados de aço são a opção mais comumente considerada, quando se decide avaliar alternativas ao concreto. E as respostas dos arquitetos e engenheiros estão quase sempre apoiadas em uma extensa lista de vantagens do uso das estruturas de aço que, todavia, não fornecem informações suficientes para se avaliar a influência de cada uma delas no projeto específico do cliente. Tampouco são feitos estudos comparativos de custos, embora se assumam de imediato que a solução ficaria “muito” mais cara, e essa simples afirmação, não raramente, dá por encerrada a discussão.

Há situações onde a adoção de um ou outro sistema se torna mais evidente e economicamente favorável devido às suas maiores vantagens se alinharem às características desejadas ao projeto. Em contrapartida, talvez a maioria das obras e empreendimentos seja plenamente compatível com dois ou mais sistemas, então o custo passa a sobressair como componente decisório. Mas quanto custaria cada alternativa?

Um levantamento de preços preliminar então passa a ser necessário, ainda durante a fase de projeto, a fim de se tomar a decisão de como prosseguir com a conceituação, o detalhamento e a execução. Diversos profissionais usam índices ou indicadores de mercado, geralmente relacionados a um preço por metro quadrado de área construída, para fazer estimativas de baixa precisão do custo de uma obra, mas como considerar as diferenças entre as configurações específicas das estruturas? E com respeito aos efeitos da adaptação da obra para o melhor aproveitamento das qualidades das alternativas estruturais – aumentando-se vãos, por exemplo? É possível estimar tudo isso sem encarecer o projeto ao se desenvolver em detalhe duas (ou mais) alternativas completas?

De fato, é difícil fugir de um aprimoramento da estimativa de custos sem o dimensionamento, levantamento de quantitativos e de preços unitários especificamente para uma dada obra. Porém, hoje, na era da informática, existem pacotes de *softwares* comerciais integrados de cálculo, dimensionamento, detalhamento e orçamentação que tornam essas atividades mais expeditas e se prestam a, sem a necessidade de muitas horas remuneradas de diversos profissionais, permitir um grau de precisão bastante maior do custo parcial das estruturas, já considerando as peculiaridades e especificidades do projeto.

Neste trabalho, são relatadas análises e uma metodologia de levantamento de custos aplicada a um projeto residencial, tirando proveito das facilidades e da produtividade oferecidas por algumas das ferramentas digitais disponíveis.

2 OBJETIVO

Este estudo visa, para um caso prático e específico, abordar a questão da identificação de alternativas tecnológicas de superestruturas para pequenas construções ainda durante a fase de anteprojeto arquitetônico.

Para tanto, a dualidade competitiva do uso do concreto e do aço em reticulados na construção civil é explorada, bem como os fatores de decisão associados à sua seleção.

Pretende-se não somente qualificar, mas também quantificar duas alternativas que exibam o máximo de similaridades possível, de forma que as vantagens mais usuais e evidentes de cada opção não sejam tão expressivas (ex. grandes vãos, resistência ao fogo ou sismos, rigidez e estabilidade em solos moles, etc.) e o custo tenha um papel decisório importante, enquanto não tendencioso. Espera-se, pois, aproximar ônus diretos e indiretos, como impactos em quantitativos das fundações e o mínimo uso de equipamentos especiais de construção – guindastes, entre outros.

Este processo culmina com uma análise *trade-off* e objetiva responder às seguintes questões, sem, no entanto, esgotá-las:

- Qual a metodologia decisória adotada no mercado para avaliar se uma superestrutura reticulada de pequena construção deverá ser de aço ou de concreto – suposta plena compatibilidade entre estas alternativas?
- Que processo e ferramentas podem ser utilizados para melhor quantificar essas alternativas?
- Qual tecnologia se sobressai no caso específico avaliado, qualitativa e quantitativamente, quando suas aplicações mais vantajosas não estão refletidas no projeto?
- Quão representativa é a diferença de custo da superestrutura do caso estudado – inicialmente estimado em prejuízo à opção pelo aço?

3 REVISÃO DA LITERATURA

Num projeto de estruturas, os critérios típicos para a solução ótima passam pela melhor solução técnica, mas também pelo conhecimento da cadeia de suprimentos locais, pelo planejamento de obra e da meta de cronograma, com foco em:

- Menor peso e custo das estruturas;
- Menor tempo de construção;

- Máxima eficiência dos serviços;
- Mínimo trabalho;
- Máxima segurança;
- Menor canteiro de obras;
- Minimização do armazenamento e da exposição de materiais brutos;
- Menor geração de resíduos e impacto ambiental.

3.1 Fases do Projeto de Engenharia

3.1.1 ABNT NBR 13531:1995

No Brasil, o principal órgão normativo para as atividades de engenharia é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A ABNT é responsável pela publicação das Normas Brasileiras (ABNT NBR), elaboradas por seus Comitês Brasileiros (ABNT/CB), Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE).

Projeto, segundo a ABNT NBR 13531:2000 é o conjunto de instruções construtivas definidas e articuladas em conformidade com os princípios e técnicas específicas da arquitetura e da engenharia para, ao integrar a edificação, desempenhar determinadas funções em níveis adequados. Divide-se em partes sucessivas correspondentes ao processo de desenvolvimento das atividades técnicas relacionadas a todas às definições da edificação e de seus elementos, instalações e componentes:

- 1) Levantamento (LV) – coleta das informações de referência que representem as condições preexistentes;
- 2) Programa de necessidades (PN) – determinação das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho;
- 3) Estudo de viabilidade (EV) – análise e avaliações para seleção e recomendação de alternativas para a concepção da edificação e de seus elementos, instalações e componentes;

- 4) Estudo preliminar (EP) – representação do conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, necessários à compreensão da configuração da edificação, podendo incluir soluções alternativas;
- 5) Anteprojeto (AP) e/ou pré-execução (PR) – concepção e à representação das informações técnicas provisórias de detalhamento da edificação e de seus elementos suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos e de prazos;
- 6) Projeto legal (PL) – representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação, pelas autoridades competentes;
- 7) Projeto básico (PB) – concepção e à representação das informações técnicas compatíveis com as atividades técnicas necessárias e suficientes à licitação (contratação) dos serviços de obra;
- 8) Projeto para execução (PE) – representação final das informações técnicas da edificação em nível suficientemente detalhado para a implantação.

Para pequenas construções, é comum que seja gerado apenas um anteprojeto (AP), sobre o qual são tomadas as decisões macro do empreendimento, seguido de um projeto executivo (PE), que já contempla o projeto arquitetônico avançado, adaptando-se iterativamente em acordo com as ressalvas do responsável pela arquitetura. O Projeto Legal (PL) é gerado entre essas duas etapas e oferecido às autoridades competentes para licenciamentos.

3.1.2 PMBOK

O *Project Management Institute* (PMI, em tradução livre, Instituto do Gerenciamento de Projetos) é uma instituição internacional sem fins lucrativos composta de associados vinculados à área de gestão de projetos em empresas, governos, instituições educacionais, entre outras. Considerada a maior associação do gênero no mundo, possui centenas de milhares de membros e formula, divulga e certifica padrões profissionais em cerca de 170 países.

A certificação *Project Management Professional* (PMP, em tradução livre, Profissional do Gerenciamento de Projetos) é concedida pela PMI após atestados os conhecimentos do profissional em relação à sua principal norma, o *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK, Base de Conhecimento do Gerenciamento de Projetos).

Para o PMBOK, da PMI (2013), projeto é um “esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”. Com um início e um término definidos, o projeto está concluído quando os objetivos são atingidos ou quando do encerramento precoce por quaisquer motivos.

Associando conceitos de negócio, valor, governança e eficiência, o PMBOK sustenta uma ótica na qual o projeto deve ter uma função e metodologia direcionadas a maximizar os resultados do empreendimento, sejam tangíveis ou intangíveis, minimizando-se os ônus.

Referindo-se às etapas do projeto como Ciclo de Vida do Projeto, o PMBOK não estabelece critérios rígidos de estratificação, afirmando que devem ser feitas mediante seus objetivos funcionais ou parciais, resultados ou entregas intermediários, marcos específicos no escopo geral do trabalho, ou disponibilidade financeira. Isso se faz lógico, pois ao contrário da NBR, o PMBOK se refere a um domínio maior da esfera de projetos, que não contempla especificamente edificações e sua construção, mas projetos empresariais, de *software*, de marketing ou de qualquer outra área onde se possa formular um conjunto de atividades que, integradas e sequenciadas, culminem num objetivo relevante.

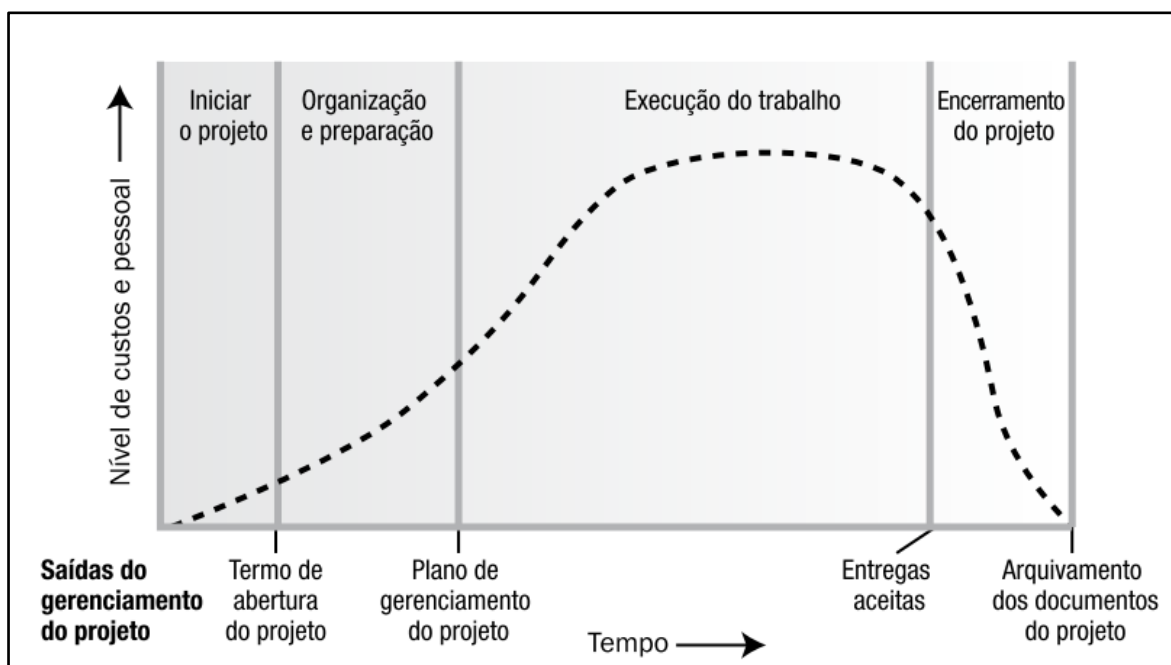


Figura 2: Ciclo de vida do projeto segundo o PMBOK.
Fonte: PMI (2013)

O interessante da ótica da PMI é que ela pode se aplicar ao projeto como um todo, por exemplo, desde a elaboração dos trabalhos de engenharia e arquitetura (1ª e 2ª fases da Figura 2) até sua implantação (fase de encerramento); ou a cada fase, sendo em cada uma (como na ABNT NBR 13531, para edificações) identificáveis essas quatro subetapas.

No que tange o custo, a PMI o associa com o ciclo de vida conforme a Figura 3. De simples e genérica interpretação, no contexto das decisões de uma construção, por exemplo, representa claramente a transição entre os dois extremos:

- No início, nas fases de levantamento até o anteprojeto, o custo das mudanças é baixíssimo, pois o projeto em si representa uma pequena parcela do custo total da construção, mas está associado a riscos muito maiores se considerada a possibilidade de desvios ou más decisões. Especialmente quando as condições locais de meio ambiente, capacidade suporte do solo e topografia do relevo não são precisamente conhecidas, as incertezas envolvidas são elevadas;
- Ao fim da construção, quaisquer mudanças significativas que sejam necessárias certamente serão acompanhadas de um custo financeiro mais oneroso, além de algum prejuízo ao prazo de conclusão.

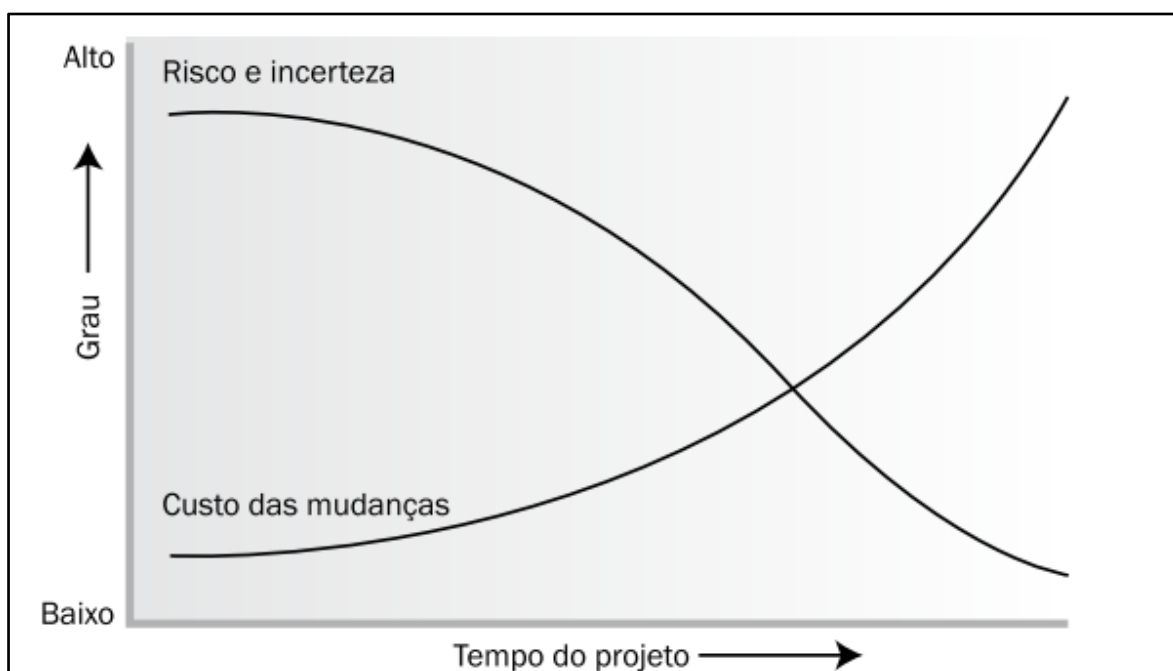


Figura 3: Relação do custo com o ciclo de vida do projeto segundo o PMBOK.
Fonte: PMI (2013)

3.2 Materiais Usuais para Superestruturas Reticuladas Convencionais

Diversos são os materiais para estruturas reticuladas, sendo os principais a madeira, o concreto e os perfis de aço. O mais antigo certamente é a madeira, que tem acompanhado o homem desde as eras mais remotas. Porém, preocupações acerca do desmatamento descontrolado e sua fragilidade à umidade e ao ataque biológico – especialmente agressivo no Brasil por seu clima tropical úmido e biodiversidade – historicamente levaram a uma redução drástica do uso da madeira no país em benefício do concreto. Já as estruturas de aço por décadas foram vistas ou viabilizadas como solução estrutural para a indústria, visto o prazo bastante mais expedito de execução, mas tem hoje ganhado cada vez mais espaço no Brasil nas pequenas construções, sobretudo nas construções de alto padrão e comerciais.

O alumínio ainda não conquistou relevância no mercado nacional e a busca por fornecedores de tais perfis estruturais pode se tornar quase tão difícil quanto aquela por calculistas experientes destas estruturas. Em geral, no nicho onde o alumínio aparenta ser mais vantajoso, como as estruturas treliçadas de baixíssimo peso, os perfis formados a frio – dobrados – de aço tem sobressaído.

3.2.1 O Mercado do Concreto



Figura 4: Casa baseada em superestrutura reticulada de concreto
Fonte: AlugueTemporada (2015)

O concreto é um material heterogêneo e seu consumo envolve principalmente cimento, água, pedra britada e areia, mas, como seu constituinte mais característico é o cimento, acompanhar a produção industrial de cimento é um meio de monitorar o consumo de concreto, e até mesmo da construção civil em geral. De acordo com a análise da FICEM (2013), em 2013 o Brasil era o 6º maior produtor de cimento e o 4º maior consumidor do mundo. Ainda assim, apresentava consumo per capita 36% menor que a média mundial. A Ásia, impulsionada principalmente pela expansão chinesa, é o maior produtor e consumidor mundial de cimento.

Tabela 1: Produção e consumo mundial de cimento em 2012, em milhões de toneladas.

CONTINENTE <i>CONTINENT</i>	PRODUÇÃO <i>PRODUCTION</i>	CONSUMO <i>CONSUMPTION</i>
<i>Américas / Americas</i>	265	254
<i>Europa / Europe</i>	322	329
<i>Ásia / Asia</i>	2.937	3.044
<i>África / Africa</i>	169	171
<i>Oceania</i>	9	11
<i>Total Mundial / World Total</i>	3.702	3.809

Fonte: SNIC (2013)

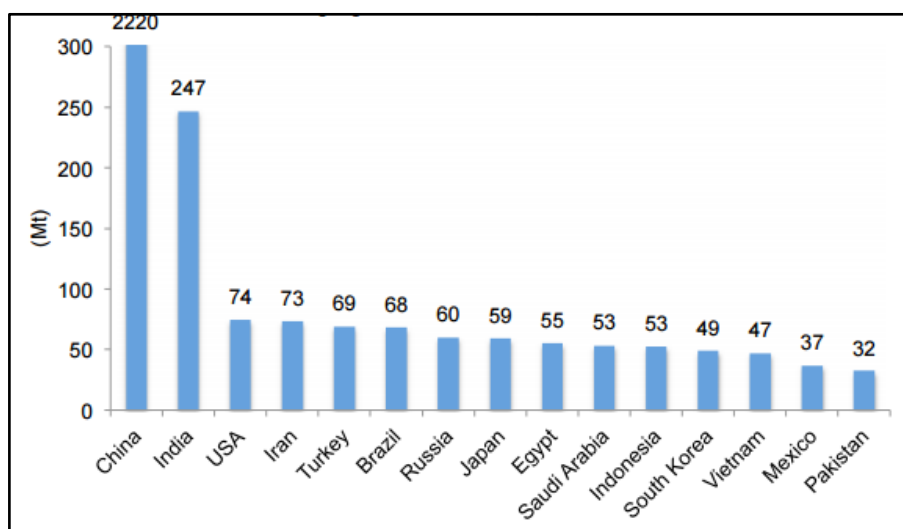


Figura 5: Maiores produtores de cimento do mundo em 2012

Fonte: FICEM (2013)

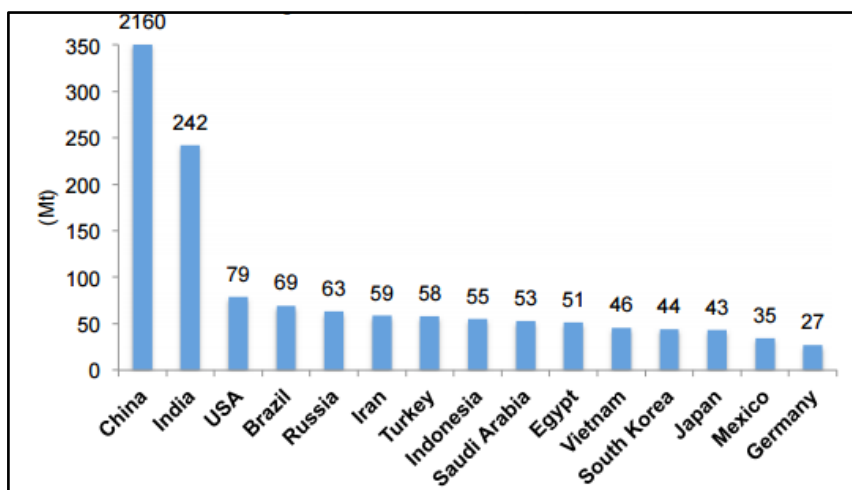


Figura 6: Maiores consumidores de cimento do mundo em 2012

Fonte: FICEM (2013)

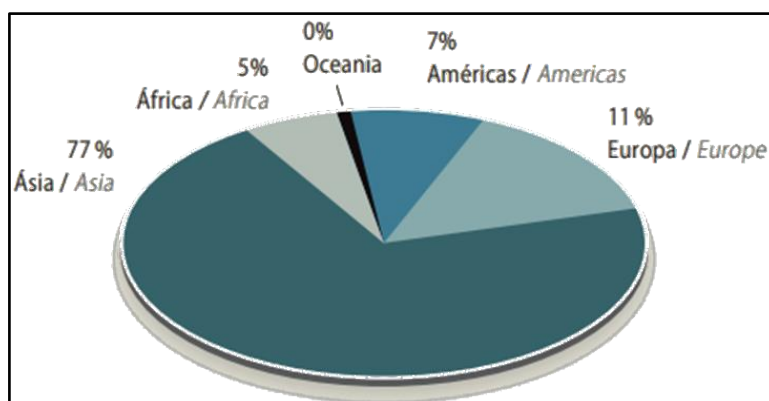


Figura 7: Participação dos continentes no consumo mundial de cimento

Fonte: SNIC (2013)

Com um valor agregado sem evidente destaque e demanda bastante distribuída pelo globo, o cimento apresenta baixíssima produção para exportação no mundo. Isso se dá ainda pela abundância dos materiais utilizados para sua fabricação.

Mesmo a crise de 2009 não foi suficiente para impactar a alta do consumo. De um lado, a política de construção civil chinesa se manteve extremamente agressiva. De outro, há uma intrinsecamente uma inércia maior dos empreendimentos da construção civil face às variações no cenário econômico, afinal, interromper projetos de bilhões de dólares já em implantação e com avanço considerável é bastante mais difícil do que a realização de compras e vendas de ações no mercado de capitais.

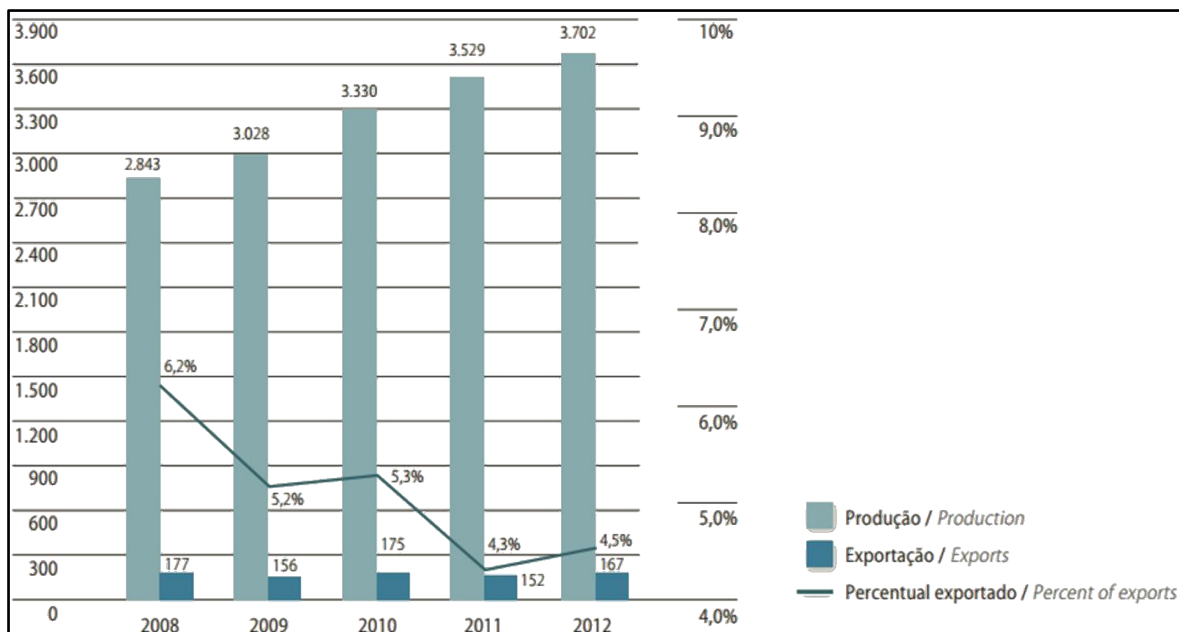


Figura 8: Produção, exportação e percentual exportado no mundo em milhões de toneladas
Fonte: SNIC (2013)

A destinação da produção brasileira não é diferente, sendo as exportações irrisórias em comparação ao total; e as importações, superiores a estas, ainda que de baixa representatividade. Isso significa que a produção tem foco principal no atendimento do mercado interno, com uma balança comercial negativa e, numa crise econômica nacional, possivelmente haveria redução de preços.

Tabela 2: Destinação da produção nacional de cimento em 2012, em mil toneladas.

DISCRIMINAÇÃO/ CATEGORY	2012	2013
Produção / Production	68.809	70.161
Despacho total / Total deliveries	68.373	69.962
Venda interna / Domestic sales	68.347	69.940
Exportação / Exports	26	22
Importação / Imports	977	1.027
Consumo aparente/Apparent consumption	69.324	70.967
Consumo per capita/ Consumption per capita (kg/hab)	348	353

Fonte: SNIC (2013)

No Brasil, assim como no resto do mundo, houve acentuado aumento de consumo total – em torno de 75% nos últimos dez anos – e per capita. Contudo, números recentes e projeções tem indicado que o cenário caminha para uma estabilização.

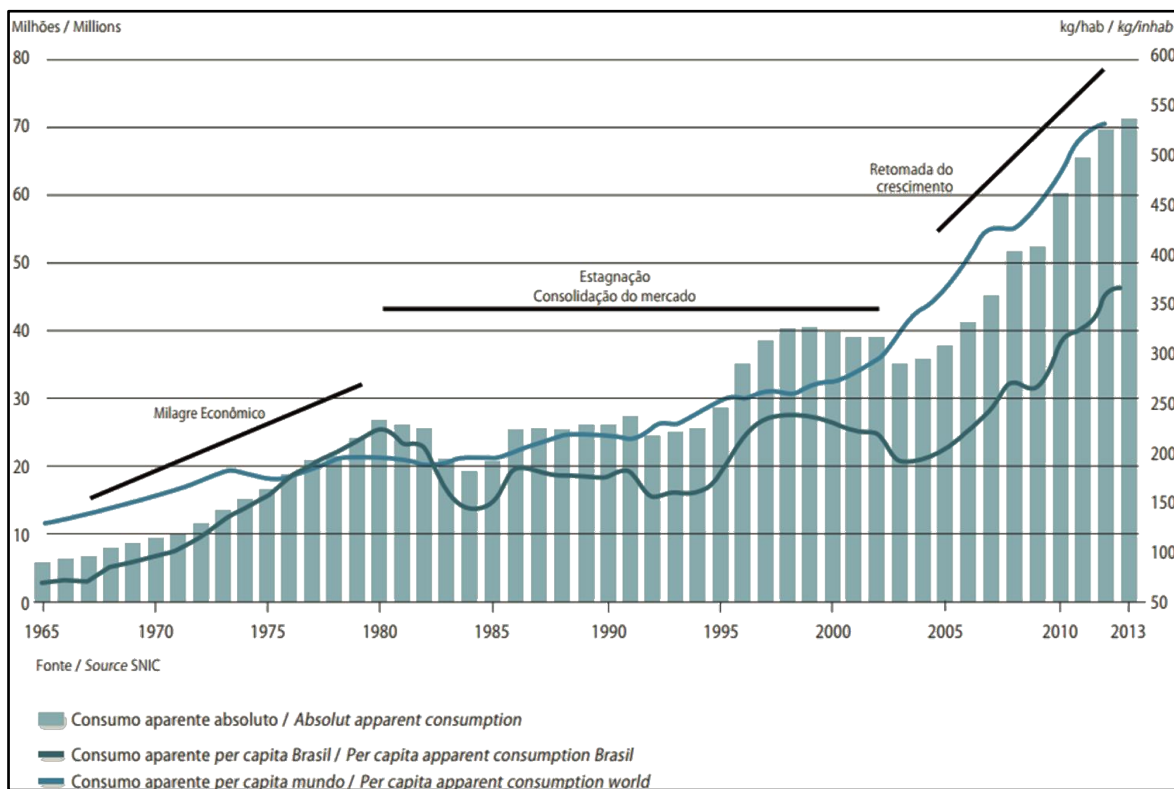


Figura 9: Evolução do consumo aparente de cimento no Brasil desde 1965.
Fonte: SNIC (2013)

3.2.2 O Mercado do aço

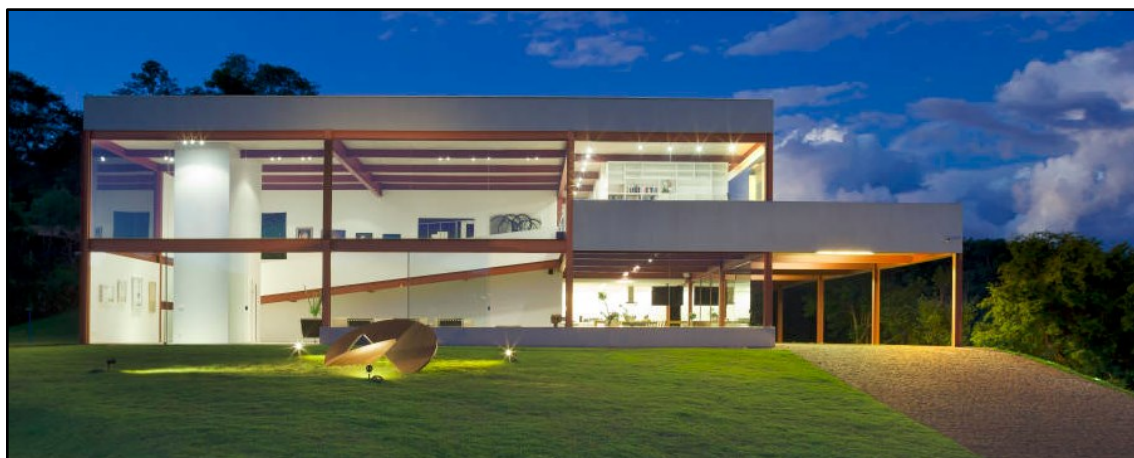


Figura 10: Casa baseada em superestrutura reticulada de aço
Fonte: Cloudinary (2015)

Em todo o mundo, a produção de aço aumentou vertiginosamente nos últimos 15 anos, quando praticamente dobrou a capacidade instalada total.

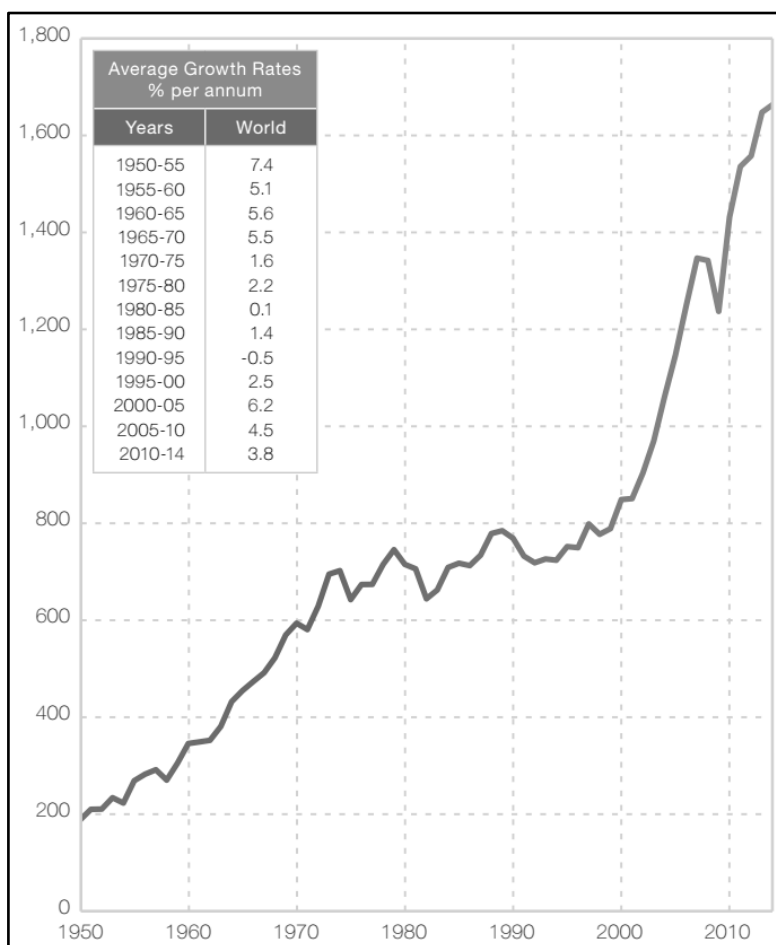


Figura 11: Produção de aço no mundo desde 1950
Fonte: World Steel (2015)

Assim como no caso do concreto, tanto a produção quanto o consumo aparente de aço no mundo é impulsionado pela Ásia, em especial na expansão industrial e exportações Chinesas como mostrado na Figura 12. Nesta, “CIS” refere-se ao *Commonwealth of Independent States*, organização que reúne 11 repúblicas que pertenciam à antiga União Soviética, incluindo Rússia.

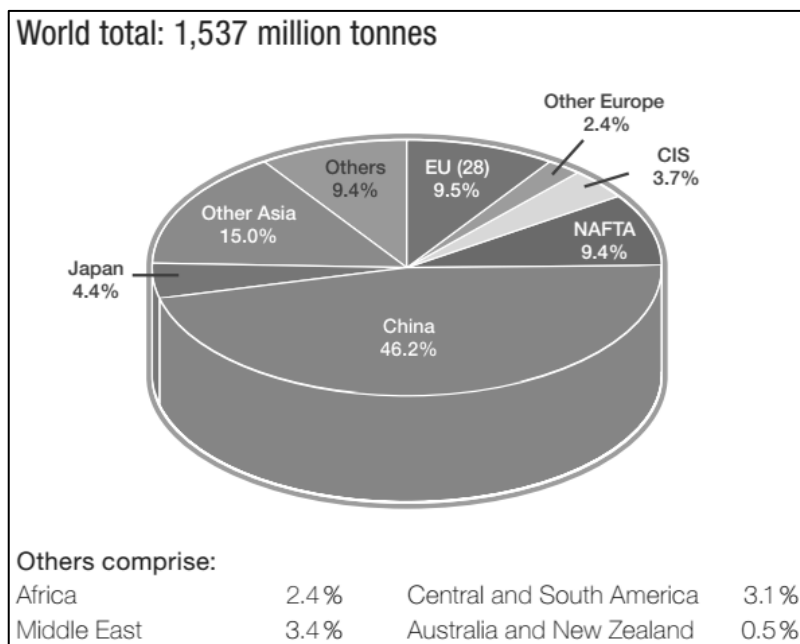


Figura 12: Estratificação da produção mundial de aço.
Fonte: World Steel (2015)

O conceito de uso “real” do aço reflete melhor o consumo de aço por um país, ao descontar do consumo aparente o uso indireto do aço nos produtos exportados (máquinas e equipamentos, automóveis, etc.). A Tabela 3 mostra a situação no mundo, que sofreu o impacto da crise de 2009 e teve um ponto de inflexão em 2011, anos em que ocorreram diversas interrupções de projetos industriais.

Apesar de detentor das imensas e excelentes reservas minerais – em termos de teor percentual de ferro –, além de tecnologia siderúrgica de excelente qualidade, o Brasil não figura nem mesmo entre os 5 maiores produtores de aço no mundo, representados na tabela a seguir, ocupando a 9ª posição. É o 15º maior exportador bruto e 6º maior exportador líquido.

Tabela 3: Uso “real” do aço no mundo, em milhões de toneladas.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Germany	32.2	33.0	22.2	29.9	32.8	28.6	28.3
France	19.0	18.4	14.2	16.0	17.9	15.8	16.0
Italy	31.6	28.5	17.5	22.6	22.3	15.4	15.5
Spain	24.6	16.9	9.7	11.9	10.3	7.4	8.5
United Kingdom	18.0	15.8	9.9	12.6	12.8	12.1	12.9
European Union (28)	195.9	178.2	114.6	140.0	145.6	122.5	125.4
Turkey	21.5	18.7	16.2	22.3	25.9	27.1	29.8
Other Europe	28.4	26.7	21.8	28.9	32.8	34.3	37.2
Russia	47.6	44.4	28.1	42.8	50.5	52.4	52.7
CIS	62.5	58.2	37.2	53.1	62.4	65.8	66.5
Canada	20.2	20.2	14.0	20.0	20.7	22.6	21.8
Mexico	16.1	17.7	14.5	16.6	17.5	19.1	17.5
United States	127.1	111.3	68.9	91.2	101.6	113.1	115.4
NAFTA	163.4	149.1	97.3	127.8	139.9	154.7	154.7
Brazil	20.9	23.8	19.1	27.5	27.1	27.1	28.8
South America	40.9	45.2	35.5	48.1	51.2	52.1	54.5
Africa and Middle East	66.3	76.7	72.3	73.3	79.7	80.8	81.7
China	375.5	399.7	515.7	537.4	583.4	603.5	680.4
Japan	58.7	55.2	36.7	43.0	43.8	44.0	48.1
South Korea	42.1	44.2	29.1	33.8	35.6	35.1	35.6
Asia and Oceania	601.5	628.4	703.9	760.2	815.5	848.2	935.4
Total ⁽¹⁾	1,158.9	1,162.5	1,082.6	1,231.5	1,327.0	1,358.5	1,455.4

Fonte: World Steel (2015)

Tabela 4: Produção de aço bruto mundial.

GRUPOS	JAN/OUT		15/14	SET	OUTUBRO		15/14
	2015	2014	(%)	2015	2015	2014	(%)
CHINA	675.104	690.290	(2,2)	66.118	66.124	68.240	(3,1)
U.E. (28)	141.586	142.620	(0,7)	13.508	14.191	14.754	(3,8)
JAPÃO	87.815	92.492	(5,1)	8.575	9.003	9.362	(3,8)
C.E.I.	84.568	88.943	(4,9)	8.523	8.284	8.341	(0,7)
E.U.A.	67.243	73.748	(8,8)	6.557	6.739	7.391	(8,8)
OUTROS	289.639	292.383	(0,9)	27.717	29.299	29.854	(1,9)
TOTAL	1.345.955	1.380.476	(2,5)	130.998	133.640	137.942	(3,1)

Unid.: 10³ t

Obs.: Dados correspondentes à produção de aço bruto dos países associados ao Worldsteel.

Fonte: AçoBrasil (2015)

Conforme números da AçoBrasil (2015), o Brasil é o maior produtor na América Latina, com 52% do total e 78% a mais que o segundo maior, o México. Possui capacidade Instalada de 48,9 milhões de toneladas por ano de aço bruto, mas produz apenas 33,9 milhões. Emprega mais 122 mil pessoas em um parque produtor com 29 usinas principais administradas por 11 grupos empresariais. Os principais setores consumidores de aço são:

- Construção Civil – inclui obras industriais, tubulações, etc.;
- Setor automotivo;
- Bens de capital;
- Máquinas e equipamentos (incluindo agrícolas);
- Utilidades domésticas e comerciais.

A produção siderúrgica nacional está plenamente concentrada na região Sudeste. O estado do Pará tem ganhado muitos investimentos no setor de mineração de ferro, mas aparentemente ainda é inexpressivo em metalurgia.

Tabela 5: Produção de aço bruto nos estados brasileiros.

Unid.: 10³ t

ESTADO	JANEIRO/NOVEMBRO - 2015			
	ÁÇO BRUTO	(%)	LAMINADOS E SEMI-ACABADOS P/ VENDAS	(%)
MINAS GERAIS	9.835,5	32,0	9.103,0	31,0
RIO DE JANEIRO	9.335,9	30,3	9.035,1	30,8
ESPÍRITO SANTO	6.525,9	21,2	5.190,7	17,7
SÃO PAULO	3.794,5	12,3	3.572,3	12,2
OUTROS	1.291,7	4,2	2.479,7	8,4
TOTAL	30.783,5	100,0	29.380,8	100,0

Fonte: Aço Brasil

Fonte: AçoBrasil (2015)

3.2.3 Aplicação Estrutural

Andrade (2000), afirma que, entre o aço e o concreto, para cada caso deve ser examinado especificamente qual o melhor material estrutural, de acordo com o resultado em termos do custo-benefício atingível. Do ponto de vista de administração da obra, as características da tabela a seguir resumem suas diferenças gerais.

Tabela 6: Comparativo do uso de sistemas de aço e concreto – obra.

Edifício Estruturas metálicas	Edifício com estruturas de concreto
Na administração da obra	
Execução em fábrica Apenas montada no canteiro	Execução predominantemente no canteiro
Grande precisão dimensional	Menor precisão dimensional
Grande precisão quantitativa dos materiais	Maior dificuldade de precisão de quantidades
Poucos itens de materiais (aço, parafusos, eletrodos) (tintas)	Maior diversificação de materiais (cimento, areia, brita, água, formas de madeira, ferros, aceleradores, etc.)
Qualidade garantida das matérias primas (pelas usinas)	Dificuldade de garantia de qualidade - maior controle necessário
Uniformidade das matérias primas	Variedade dependendo da procedência
Pouca quantidade de homens na obra (menos problemas trabalhistas) com maior qualificação	Maior quantidade de pessoal na obra, com menor qualificação (mais do dobro ou triplo)
Canteiro diminuto (material chega pronto no tempo certo)	Canteiro maior para matérias primas e manuseio
Simplificação do canteiro (minimização ou exclusão de escoramento para forros de laje)	Canteiro mais completo, existência de escoramento com pontaletes
Obra seca	Obra com muito uso de água
Maior facilidade de fiscalização	Fiscalização mais completa

Fonte: Andrade (2000) e Ito (2005)

Em virtude da diferença de peso próprio bastante em favor do aço, espera-se que as fundações sejam notadamente menores.

Tabela 7: Comparativo do uso de sistemas de aço e concreto – fundações.

Edifício Estruturas metálicas	Edifício com estruturas de concreto
Nas fundações	
Leveza estrutural	Peso estrutural maior
40 a 80 kg/m ² (vigas e colunas)	250 a 350 kg/m ² (vigas e colunas)
Menores cargas nas bases	Bases mais solicitadas
Volumes menores nos blocos	Maiores volumes
Sistemas mais econômicos	Sistemas mais onerosos

As vigas de aço costumam ser mais estreitas, e a precisão milimétrica da fabricação industrial auxilia na execução das alvenarias:

Tabela 8: Comparativo do uso de sistemas de aço e concreto – alvenarias.

Edifício Estruturas metálicas	Edifício com estruturas de concreto
Nas paredes (alvenarias ou outros materiais)	
Precisão milimétrica	Maior variação dimensional
Esquadros e prumos exatos resultando em maior perfeição da execução, com tempo reduzido	Irregularidade de prumos e esquadro, aumentando o tempo de execução com enchimentos
Sensível economia na mão de obra de execução	Custo de execução mais onerosa em vista de imperfeições

Fonte: Andrade (2000) e Ito (2005)

As estruturas de aço são bastante vantajosas para a execução de instalações elétricas e hidráulicas. Por outro lado, o aço é bastante mais sensível ao fogo que o concreto, por ser material bom condutor de calor e geralmente compreender perfis de pequenas espessuras.

Tabela 9: Comparativo do uso de sistemas de aço e concreto – instalações e utilidades.

Edifício Estruturas metálicas	Edifício com estruturas de concreto
Instalações elétricas - hidráulicas - proteção contra fogo e instalação do canteiro	
Pilares e vigas podem ser furados na fábrica ou na obra	Dificuldade de execução de furos nas colunas e vigas
Facilita passagem de tubulações, permite alteração nas instalações na obra	Impossibilidade de alteração após a execução da estrutura
Necessita proteções contra fogo mais sofisticadas	Proteção contra fogo simplificada

Fonte: Andrade (2000) e Ito (2005)

A montagem é indubitavelmente mais vantajosa para estruturas de aço, embora a utilização de lajes maciças possa atrapalhar o ganho esperado ao cronograma, como é o caso da estrutura analisada mais à frente neste trabalho. Alternativamente, podem ser utilizadas lajes pré-moldadas, *steel deck*, ou outro método que dispense o escoramento de uma laje sobre a outra.

Tabela 10: Produção de aço bruto mundial.

Edifício Estruturas metálicas	Edifício com estruturas de concreto
Prazos	
Simultaneidade de execução da estrutura e fundações	Dependência de terminar as fundações para iniciar execução da estrutura
Avanços da montagem de 3 em 3 pavimentos	Avanços de um em um pavimento
Possibilidade de alvenarias acompanharem a montagem	Dificuldade de execução de paredes enquanto a estrutura estiver escorada

Fonte: Andrade (2000) e Ito (2005)

Para auxiliar o processo decisório entre essas alternativas, Pinho (Gerdau 2012) propõe uma metodologia de avaliação mais abrangente do que o simples comparativo de custos, que coloque também todos os fatores limitantes e condicionantes das alternativas em condições comparáveis, levando em conta aspectos relevantes, desde diferentes qualidades e

desempenhos até a influência das estruturas nos demais serviços, incluindo as transferências de ganhos que podem beneficiar o custo total da obra. Esta metodologia identifica a alternativa de estrutura mais adequada, passando pelo conhecimento das principais características de cada sistema estrutural, pelas subjetivas experiência e pela cultura do próprio projetista e pelo contexto da obra.

Para tanto, são enumeradas vinte características que compõem a análise qualitativa da solução estrutural:

1. Fundações
2. Tempo de construção
3. Tipo de ocupação
4. Disponibilidade e custo do material
5. Recursos do construtor
6. Local da obra e acessos
7. Possibilidade de adaptações e ampliações
8. Compatibilidade com sistemas complementares
9. Manutenção e reparos
10. Vãos livres e altura da edificação
11. Proteção
12. Durabilidade
13. Estética
14. Desperdício de materiais e mão de obra
15. Segurança do trabalhador
16. Custos financeiros
17. Adequação ambiental
18. Qualidade

19. Desempenho

20. Incômodos para as áreas próximas

Atribuem-se a cada quesito notas e pesos e, ao final, calculam-se as médias ponderadas. Os maiores totais devem indicar os sistemas mais qualificados para a obra. Maiores informações sobre o balizamento dessas notas e pesos podem ser encontradas no trabalho daquele autor, listado na seção 8.

3.3 O Projeto Estrutural

Bellei et al (2008) enumera como atividades do projeto estrutural:

- 1) Planejamento – Estabelecimento das funções para as quais a estrutura deve servir (funcionalidade, segurança, economia, estética etc.) e definição das premissas de projeto;
- 2) Configuração estrutural preliminar – Arranjo dos elementos estruturais para atender às funções estabelecidas;
- 3) Determinação das cargas – Levantamento de todas as cargas que atuarão na estrutura ao longo de sua vida útil;
- 4) Seleção preliminar dos elementos – Com base nas decisões anteriores, são arbitradas dimensões preliminares dos elementos para atender a critérios objetivos, tais como menor peso ou custo;
- 5) Análise estrutural – Análise estrutural de fato, envolvendo as cargas levantadas e o modelo adotado a fim de se obter esforços solicitantes e deformações;
- 6) Avaliação – Conferência do atendimento aos requisitos de resistência e utilização;
- 7) Novo projeto – Reajuste parcial ou total do projeto aos desvios encontrados;
- 8) Decisão final – A determinação se foi ou não encontrado o projeto ótimo.

O projetista deve considerar que as estruturas e os elementos estruturais devem ter resistência suficiente, bem como rigidez adequada à sua utilização durante sua vida útil.

O projeto deve prover ainda alguma reserva de resistência, conforme aplicável. Excessos de cargas podem surgir por mudanças do uso para a qual uma estrutura em particular foi

projetada – uma casa urbana pode virar um estabelecimento comercial, por exemplo –, da subestimativa dos efeitos das cargas pela simplificação exagerada da análise estrutural, ou por variações dos processos de construção. Modificações futuras podem já ser antevistas ou desejadas pelo proprietário do empreendimento, como o acréscimo posterior de um pavimento, ou a possível ocupação de uma cobertura que originalmente seria um forro.

Para o dimensionamento das estruturas, em geral, as normas brasileiras já adotam, para tanto, o método dos estados limites, onde:

$$R_d \leq S_d; R_d = R_u/\gamma_m; e S_d = S \cdot \gamma_f$$

- R_d = representa os valores de cálculo dos correspondentes esforços resistentes
- S_d = valores de cálculo dos esforços atuantes
- R_u = valores nominais dos esforços resistentes
- γ_m = coeficiente de ponderação que leva em conta as incertezas das resistências
- S = valores nominais dos esforços atuantes
- γ_f = coeficientes de ponderação que levam em conta as incertezas dos carregamentos e da análise estrutural

A ABNT NBR 8681:2003, confirmada neste ano de 2015, fixa os requisitos exigíveis na verificação da segurança das estruturas usuais da construção civil e estabelece os critérios de quantificação das ações e das resistências a serem consideradas no projeto das estruturas, complementada, no âmbito das análises pertinentes a este trabalho, pelas normas demais normas da ABNT.

Para o projeto das estruturas de concreto, a principal norma de dimensionamento das superestruturas é a ABNT NBR 6118:2014; para as de aço, NBR 8800:2008; e para as de perfis formados a frio, também de aço, a NBR 14762:2010. Demais normas aplicáveis podem ser consultadas no guia de normas técnicas da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (SINDUSCON-MG 2015) ou, preferencialmente, no site da própria ABNT.

3.4 Softwares

Para a elaboração desse trabalho, fez-se necessário o uso de *softwares* técnicos, cujas características estão descritas a seguir.

3.4.1 CAD

Esta categoria compreende programas de “Desenho Assistido por Computador”, ou *Computer Aided Design* (CAD), que são sistemas computacionais utilizados pela engenharia e outras especialidades profissionais para facilitar o projeto e o desenho técnico em geral.

Quanto à finalidade, estes podem ser 2D, para desenho direto; ou 3D, para modelagem virtual completa e subsequente extração dos cortes, vistas e seções. Em relação à metodologia, podem ser de modelagem explícita e direta, onde os desenhos ou modelos 3D são compostos de elementos bidimensionais e tridimensionais, que podem ser alterados individualmente a qualquer tempo; ou paramétricos, onde uma árvore de histórico armazena toda a sequência de desenvolvimento, de maneira que o usuário possa modificar parâmetros (medidas, comandos) e o modelo atualizar-se-á com o atendimento às restrições e métodos definidos após sua atribuição original.

Os pacotes comerciais mais utilizados nos escritórios brasileiros para o desenho técnico de estruturas reticuladas atualmente são:

- Autodesk AutoCAD[®] (<http://www.autodesk.com.br>);
- Autodesk Inventor[®] (<http://www.autodesk.com.br>);
- Autodesk Revit[®] (<http://www.autodesk.com.br>);
- Trimble SketchUp[®] (<http://www.sketchup.com>);
- Trimble Tekla[®] (antigo Xsteel[®]) (<http://www.tekla.com>);
- entre outros.

3.4.2 CAE

Programas de “Engenharia Auxiliada por Computador”, ou do inglês *Computer Aided Engineering* (CAE), contemplam interfaces e algoritmos dedicados ao uso profissional pelos

engenheiros, constituindo plataformas de modelagem, simulação, análise e dimensionamento das mais diversas aplicações, incluindo estruturas, peças, equipamentos e até mesmo sistemas fluídicos e de fluxo.

Vários são os *softwares* disponíveis para a análise estrutural e/ou dimensionamento de edificações. Inicialmente, segundo PARSEKIAN (1996), foram criados programas que apenas agilizavam o cálculo prático, mantendo as simplificações dos modelos solucionados de forma manuscrita. Programas mais rudimentares calculavam lajes e vigas independentemente, em que a única interação laje-viga era a transferência das reações verticais. Estes não representam rigorosamente o pavimento e, com o avanço do cálculo numérico e da capacidade computacional, foi possível criar modelos matemáticos mais próximos do comportamento real.

Mas todo cálculo numérico se baseia em aproximações, as quais alteram o consumo de materiais. Este aumento depende da teoria utilizada e métodos diferentes podem conduzir a pequenos desvios de resultado. Para lajes, por exemplo, o cálculo utilizando a teoria de charneiras plásticas implica, em geral, num consumo de aço menor do que o obtido utilizando a teoria da elasticidade clássica. Já no cálculo de vigas, o consumo é maior, já que as reações das lajes são passadas totalmente para as vigas de maneira uniforme, o que não é verdade, pois parte dos esforços fluem diretamente para o pilar.

Muitos programas de modelagem numérica de fato abordam métodos de grelha ou elementos finitos. Com um programa de grelha é possível aproximar as lajes e vigas do pavimento, fazendo-se uma analogia destas com barras de propriedades equivalentes aos trechos que representam. Já os programas de elementos finitos simulam o pavimento de maneira mais rigorosa: vigas e pilares como elementos lineares do tipo barra; e lajes, como elementos planos do tipo placa.

O auxílio computacional permite estender as análises, levando em conta fatores outrora desprezados ou negligenciados. Um procedimento bastante utilizado na solução manuscrita do dimensionamento de lajes era o de se desconsiderar sua rigidez à torção, tratando-a como faixas ortogonais fletidas. Desta maneira, tinham-se momentos fletores solicitantes em duas direções apenas, o que implicava no aumento das suas magnitudes destes e da flecha, ignorando a existência de momentos volventes. Se, por um lado, as armaduras principais

eram dimensionadas a favor da segurança, as regiões de canto de laje não raramente apresentavam patologias de fissuração excessiva devido a estes esforços. Também, o dimensionamento mais robusto meramente devido à flecha excessiva significava promover soluções antieconômicas.

Maiores informações sobre a representatividade da consideração dos momentos volventes nos quantitativos de armaduras, bem como métodos computacionais de fazê-lo por ser consultados em Parsekian (1996) e Celeste (2011).

Pelos motivos apresentados e outros mais, que incluem melhorias de produtividade do calculista e do escritório, com integração a *softwares* ou módulos de detalhamento, os *softwares* CAE passaram a ser indispensáveis até mesmo nos pequenos projetos. Os pacotes comerciais mais utilizados nos escritórios brasileiros para o dimensionamento de estruturas reticuladas atualmente são:

- AltoQI Eberick® (<http://www.altoqi.com.br>);
- CSI SAP2000® (<https://www.csiamerica.com>);
- CypeCAD® (<http://www.cype.pt>);
- MultCalc® (<http://www.multcalc.com.br>);
- TQS® (<http://www.tqs.com.br>);
- entre outros.

Maiores informações sobre cada um podem ser conhecidas nos sites de seus desenvolvedores e nas referências deste trabalho. Moraes (2014) apresenta resultados comparativos de resultados de um estudo de caso dimensionado com os *softwares* Eberick e CypeCAD. Trajano (2009) compara análises realizadas com SAP2000 e CypeCAD. Vergutz & Custodio (2010) avaliam uma superestrutura multiandares com TQS, CypeCAD e Eberick. Pedrosa (2013) confronta CypeCAD e TQS. Souza & Vargas (2014) sinalizam pela maior economia de materiais do CypeCAD em relação ao Eberick.

Não obstante, as inúmeras vantagens na utilização de *softwares* CAE não dispensam o know-how do calculista e o conhecimento da própria ferramenta. Como popularizou o célebre funcionário da IBM George Fuechsel, na informática se aplica a lei do GIGO (*garbage in,*

garbage out = lixo entra, lixo sai), que faz referência ao fato de computadores utilizarem mera transformação lógica e não fazerem qualquer análise crítica dos dados processados, mesmo que eles não façam sentido algum para a solução do problema ou gerem resultados tão absurdos quanto.

Por melhores e mais competentes que possam ser os desenvolvedores e os algoritmos, a pertinência e a aplicação correta dos métodos computacionais são de plena responsabilidade do usuário. PEDROSA (2013), por exemplo, identificou que o CypeCAD não dimensiona armadura de colapso progressivo, restando ao usuário dimensioná-la e complementar o detalhamento. Um usuário que se presta à função de simples operador do *software* está sujeito a refletir em seu projeto as limitações e erros relacionados ao eventual mau uso.

Não é incomum perceber em vários escritórios a detenção de licenças e efetiva utilização de dois ou mais *softwares*, sejam estes pacotes comerciais maiores ou pequenos programas, muitas vezes desenvolvidos para aplicações específicas e até mesmo pelos próprios projetistas. Isso geralmente se fundamenta na maior confiabilidade de seus resultados, para mera conferência de resultados, para fins de maior produtividade em tarefa específica, ou até mesmo para superação de limites de funcionalidade, complementando ou suplementando as análises. Todavia, a interface entre as saídas e entradas de dados passa pelo tratamento do usuário, e mesmo saídas/entradas automatizadas podem oferecer riscos significativos devido à ocorrência de atualizações de *softwares* que podem modificar o formato, as unidades, entre outras características, dos dados exportados.

3.4.3 Orçamentação

A elaboração de Orçamentos de Obras, até anos recentes, se baseava no uso e preenchimento de tabelas e planilhas eletrônicas elaboradas em programas não especializados, montadas de acordo com o padrão estabelecido pela construtora ou escritório de projetos. Diversos *sites* da *web* voltados à temática da engenharia econômica e orçamentação disponibilizam planilhas estruturadas para obras residenciais e comerciais de pequeno porte.

Apesar de esta solução ainda ser considerada eficaz e vastamente utilizada, hoje existem *softwares* dedicados a levantamentos financeiros e orçamentação, que incluem facilidades outrora manuais e trabalhosas, como o ajuste de preços por índices parciais ou globais, por preço global firmado, além da geração de bibliotecas de composições de preços para consulta

futura, importação de dados de bibliotecas de instituições responsáveis por levantamentos periódicos, entre outras ferramentas.

Alguns programas chegam a permitir a elaboração e o acompanhamento do avanço do cronograma e dos quantitativos executados, fornecendo cenários mais completos da evolução da obra, maior precisão das medições e identificação mais ágil das alterações no fluxo de caixa projetado.

Há, inclusive, soluções multiusuários e online, para que a alimentação do orçamento de grandes obras possa ser feita concomitantemente por diversos profissionais.

Algumas soluções para o levantamento de preços e orçamentação são as seguintes:

- CEHOP ORSE[®] (<http://www.cehop.se.gov.br>);
- Cype Arquimedes[®] (<http://www.cype.pt>);
- Orcafascio[®] (<http://orcafascio.cloudapp.net>);
- PINI Volare[®] (<http://pinisistemas.pini.com.br>);
- Totvs Ative C&P[®], Obras e Projetos[®] ou RM Solum[®], antigo RM Orca[®] (<http://www.totvs.com>);
- TRON-ORC[®] (<http://www.tron-orc.com.br>);
- entre outros.

3.5 Estimativa de Custos

A estimativa dos custos totais da obra, representada pelo Orçamento de Obra, é uma atividade importantíssima para se definir a viabilidade econômica do empreendimento. Ela subsidia as medições, cobranças e respectivos pagamentos realizados, bem como permite ao contratante programar seu fluxo de caixa para os desembolsos semanais ou mensais.

Uma construção que não teve seus custos estimados corre sérios riscos de sofrer embargo por esgotamento do capital financeiro, atrasos significativos por flutuações de caixa, disputas e pleitos por parte de contratados ou subcontratados, ou, ao menos, desvios significativos do capital empenhado originalmente pelo contratante.

Quando do interesse de se avaliar duas ou mais alternativas construtivas, quaisquer que sejam os elementos analisados, certamente o custo de cada uma será um dos principais qualificadores, ou até mesmo um fator proibitivo.

3.5.1 CUB

O Custo Unitário Básico (CUB/m²) é um índice de mercado criado para refletir o custo de construção por metro quadrado de área construída em cada estado da federação.

Teve origem na Lei Federal 4.591 de 16 de dezembro de 1964, que, em seu artigo 54, determina: “Os sindicatos estaduais da indústria da construção civil ficam obrigados a divulgar mensalmente, até o dia 5 de cada mês, os custos unitários de construção a serem adotados nas respectivas regiões jurisdicionais...”.

Com a metodologia de levantamento e tratamento dos dados definida a partir da publicação de sua primeira Norma Brasileira correspondente (ABNT NB-140:1965), o CUB começou a ser calculado e divulgado, até o dia 05 de cada mês corrido, pela maioria dos Sindicatos da Indústria da Construção Civil. Atualmente, o cálculo atende à ABNT NBR 12721:2006, que se superpôs à original.

Ele se baseia no levantamento de custos de insumos e mão de obra direta relacionadas à construção de projetos-padrão estabelecidos, não incluindo: aquisição do terreno, fundações, submuramentos, paredes-diafragma, tirantes, rebaixamento de lençol freático; elevadores; equipamentos e instalações, tais como fogões, aquecedores, bombas de recalque, incineração, ar-condicionado, calefação, ventilação e exaustão; playground (quando não classificado como área construída); obras e serviços complementares; urbanização, recreação (piscinas, campos de esporte), ajardinamento, instalação e regulamentação do condomínio; e outros serviços (discriminados no Anexo A da norma, quadro III); impostos, taxas e emolumentos cartoriais; projetos arquitetônicos, estrutural, de instalações, especiais; remunerações do construtor ou do incorporador.

Embora tenha se consolidado como um indicador macroeconômico do setor da construção civil, o CUB pode apresentar desvios significativos quando da tentativa de sua utilização prática na elaboração de orçamentos de obras. Isso porque não foi desenvolvido para tal: restringe-se às características e itens contemplados nos projetos-padrão normativos, não

apresentando fatores de balizamento ou ajuste referentes ao contexto do empreendimento a ser analisado. Se a superestrutura é metálica, de concreto ou alvenaria estrutural; se o solo é “ruim”, ou oferece excelente capacidade suporte já na superfície – nem mesmo contempla custos de fundações –; se a edificação é de térreo ou com três, dez andares; entre muitos outros fatores de significativa importância no âmbito do orçamento da construção. É, portanto, um equívoco estimar o custo de uma dada obra em termos da área em planta de seu projeto arquitetônico.

Analogamente, indicadores de custos como o SINAPI do IBGE (2015) e o INCC da FGV (<http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E34B9011D92B7684C11DF>) tampouco têm aplicação prática direta, mas sim de viés macroeconômico. Analisando-se os valores parciais do SINAPI na base dezembro de 2015, por exemplo, percebe-se uma tendência de redução significativa nos preços de materiais para a construção civil, na medida de 3,78% do último ano contra a inflação oficial do país (Índice de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA) de 10,67%. O indicador completo e no âmbito nacional apresenta apenas 5,5% de aumento, quase a metade da inflação e que, comparado ao resultado de materiais, indica que estes últimos têm perdido representatividade no custo total da obra. Isso pode significar um bom momento para converter capital ora reservado a investimentos pouco rentáveis, como a poupança, e aplicar na casa própria, embora não necessariamente para investimentos, que devem ser investigados com suas perspectivas de retorno financeiro em adição às de custo, como refletido no IGMI-C do IBRE-FGV (2015), por exemplo, atualmente em queda. Pode também significar que a seleção de uma estrutura um pouco mais cara (de aço, talvez) em prol dos ganhos qualitativos (grandes vão, etc.) possa se tornar uma opção financeiramente viável na atual conjuntura, ou futuramente.

3.5.2 Composições de serviços

Para a elaboração do orçamento real da obra e o planejamento e acompanhamento dos custos de construção, a etapa de levantamento das quantidades por serviço a ser executado é muito importante. É através destas que se definirão todas as quantidades de materiais que serão comprados na obra e se subsidiará o dimensionamento de equipes de trabalho em função dos prazos preestabelecidos.

Conhecidos os quantitativos, para que se possa elaborar o orçamento da obra, é necessário a obtenção dos custos unitários correspondentes. Estes custos unitários dos serviços são obtidos através das chamadas "composições de custos". Nestas, todos os insumos (materiais, mão de obra, equipamentos e ferramentas alugados) que exercem algum papel direto em uma determinada atividade são mapeados. Estes são, por sua vez, associados a índices de consumo por unidade de serviço que, multiplicados pelo respectivo custo unitário, resultam nos valores unitários dos insumos para a execução da unidade daquele serviço.

GOLDMAN (2004) elenca um exemplo bastante interessante por sua simplicidade, para exibir a interpretação das informações atreladas às composições de custos:

Composição: Execução de forma (e desforma) para fundações (unidade: m ²)					
Data-base: outubro de 2003					
Insumo	Unidade	Multiplicador	Preço unitário	Total R\$	
1 - pregos mistos	kg	0,240	2,50	0,60	
2 - tábua de pinho 1 x 12"	m	2,500	3,00	7,50	
3 - sarrafo de pinho 1 x 4"	m	3,000	1,37	4,11	
4 – servente	hora	1,30	4,70	6,11	
5 – carpinteiro	hora	1,30	6,39	8,31	
				<i>Total: 26,63</i>	

Destas informações, pode-se afirmar que, para esta composição, foram considerados que:

- A unidade desta composição é o metro quadrado de área desenvolvida pelas formas para a execução do concreto armado. É importante a clareza deste critério, uma vez que o levantamento do quantitativo de projeto deverá ser feito desta forma.
- Para cada metro quadrado de forma, são consumidos 0,24 kg de pregos mistos, 2,5 m tábua de pinho 1 x 12" e 3 m de sarrafo de pinho 1 x 4".

- A produtividade da equipe formada por um servente e um carpinteiro é de 1,3 h/m². Logo, para a produção de 200 m² de forma na obra, por exemplo, se o prazo limite for de 6 dias úteis de trabalho a 8h/dia, seriam necessárias quatro equipes trabalhando concomitantemente para atingir o objetivo.

Os principais insumos e itens de mão de obra relacionados ao cálculo do CUB, que nada mais é que uma composição de serviços global de m² de área construída (acima do nível do solo) estão disponíveis no ANEXO 2, associadas a preços medianos captados no estado do Rio de Janeiro.

Goldman (2004) enumera as seguintes fontes de informação para composições de serviços:

- Apropriações de serviços feitos pela própria empresa em diversas obras;
- Utilização de composições de revistas técnicas tradicionais no mercado;
- Utilização de composições de livros técnicos tradicionais no mercado;
- Utilização de composições de empresas de consultoria especializadas em planejamento de custos de construção;
- Utilização de composições de fabricantes, fornecedores e/ou empreiteiras de materiais e serviços de construção.

No Brasil, as principais fontes utilizadas para a consulta a preços unitários de composições são:

- TCPO – edificações e infraestrutura, da editora PINI;
- SINAPI – obras públicas em geral, da Caixa Econômica Federal;
- SICRO – obras públicas de infraestrutura, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes;
- EMOP – obras públicas no município do Rio de Janeiro, Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro;
- CDHU – obras no estado de São Paulo, da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano;

- SIURB – obras de infraestrutura e edificações, da Secretaria Municipal de Infraestrutura e Urbana e Obras de SP.

Algumas dessas fontes de dados certamente oferecerão divergências significativas em suas composições, considerando que podem não contemplar práticas regionais como mencionado por ALVES & ARAUJO (2010), tampouco abranger produtos e/ou serviços de oferta limitada no município de execução da obra, ou simplesmente sofrer ágio empresarial, afinal, não é estranho encontrar variações de preços exorbitantes numa mesma cidade. Destarte, a atualização dos insumos e preços com valores praticados localmente é, sem dúvidas, essencial para o aprimoramento do orçamento da obra.

É importante notar, contudo, que a metodologia de composições considera uma relação sempre linear entre a produção, o consumo e o prazo produtivo. Há que se considerar que outras atividades podem interferir na sequência de trabalho da mão de obra direta envolvida, que não necessariamente terá todos os insumos à disposição e todas as respectivas frentes de trabalho liberadas no período definido.

Outro fator importante é que a distribuição das horas trabalhadas ao longo do cronograma de execução precisa ter um fluxo e o atendimento das restrições temporais de acordo com a possibilidade de mobilização de mais profissionais, bem como de sua dispensa em dias sem ocupação. Para pequenas construções, especialmente, a contratação da mão de obra costuma ser responsabilidade de pequenos empreiteiros ou de prestadores de serviços locais autônomos a arquitetos e engenheiros, sendo, pois, limitada. É comum, então, que o cronograma se ajuste à equipe na medida em que se evidenciem sobreposições e atrasos na sequência de atividades.

O volume de produtos ou serviços também influencia nos preços unitários. Da mesma forma que um fornecedor é capaz de oferecer descontos relevantes para quantidades elevadas, fretes se barateiam e profissionais aceitam tarifas parciais menores. Para pequenas quantidades, o empreiteiro ou consumidor final certamente encarará tarifas menos atraentes e, no caso de mão de obra, poderá ter de saldar “o dia” de profissionais mediante poucas horas efetivamente trabalhadas.

Por fim, é preciso qualificar ou balizar as composições pelo porte da obra e as características principais da atividade, a fim de se obter um orçamento confiável do empreendimento,

sobretudo quando este orçamento servir como referência para medições e cobranças, afetando diretamente o fluxo de caixa da obra e dos prestadores de serviço.

4 METODOLOGIA

4.1 O Projeto

Para a elaboração deste trabalho, buscou-se um projeto com as seguintes características básicas:

- Pequena construção residencial ou comercial com até dois pavimentos habitáveis, mas não menor que 150 m² de área construída;
- Possua anteprojeto arquitetônico esboçado ou definido;
- Simples e regular, para que as vantagens mais evidentes das estruturas de aço ou de concreto não se façam prevalecer;
- De implantação certa, para que possam ser aproveitados os resultados deste trabalho e confrontados futuramente com o detalhamento e efetivo desembolso financeiro da implantação.

O projeto foi gentilmente cedido pela arquiteta Gisele Tinoco Gonçalves Miguel, genitora do autor, que detém um portfólio de diversas pequenas construções concluídas e projetos em andamento.

Atendendo às premissas já enumeradas, foi selecionado um projeto de uma edícula habitável no litoral do estado do Rio de Janeiro. Este contempla uma edificação de dois andares habitáveis, com uma laje de forro e cobertura inclinada de uma água, dois quartos, dois banheiros, três vagas de garagem para carros ou barcos sobre trailer, uma cozinha, um canil, e um depósito. Seu anteprojeto está refletido nas figuras do APÊNDICE 1.

Disposto no fundo do terreno, a edificação tem três de seus quatro lados em divisa e vedados ao vento. Localizado a uma distância aproximada de 300 m da praia, está submetido à atmosfera marinha, mas não ao contato direto com o mar ou a névoa salina, mas exige proteção rigorosa, caracterizando uma classe de agressão ambiental (CAA) de nível III conforme a norma ABNT NBR 6118:2014.

Ainda não estão disponíveis informações do solo para se definir as fundações com clareza. Entretanto, qualquer que seja o solo, ambas as alternativas estudadas seguiriam conceitos similares de fundações, já que uma das premissas é fazer pouquíssima ou nenhuma alteração nas disposições dos pilares. Portanto, foi considerado, para fins de estimativas e não de execução, areia semidensa.

4.2 Programas Adotados

4.2.1 AutoCAD®

Para a execução desse trabalho, foi utilizada a versão para estudantes do *software* AutoCAD, plataforma na qual foi desenvolvido o projeto arquitetônico, a fim de se evitar possíveis erros de conversão ou interpretação.

O AutoCAD é um *software* do tipo CAD desenvolvido pela AUTODESK INC. em 1982. Com capacidade de elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões (2D) e de modelos tridimensionais, é o programa da categoria mais utilizado no mercado brasileiro, sendo extensivamente adotado, com sua base ou com variações comerciais, em arquitetura, design de interiores, engenharia civil, engenharia mecânica, engenharia geográfica, engenharia elétrica, entre outros.

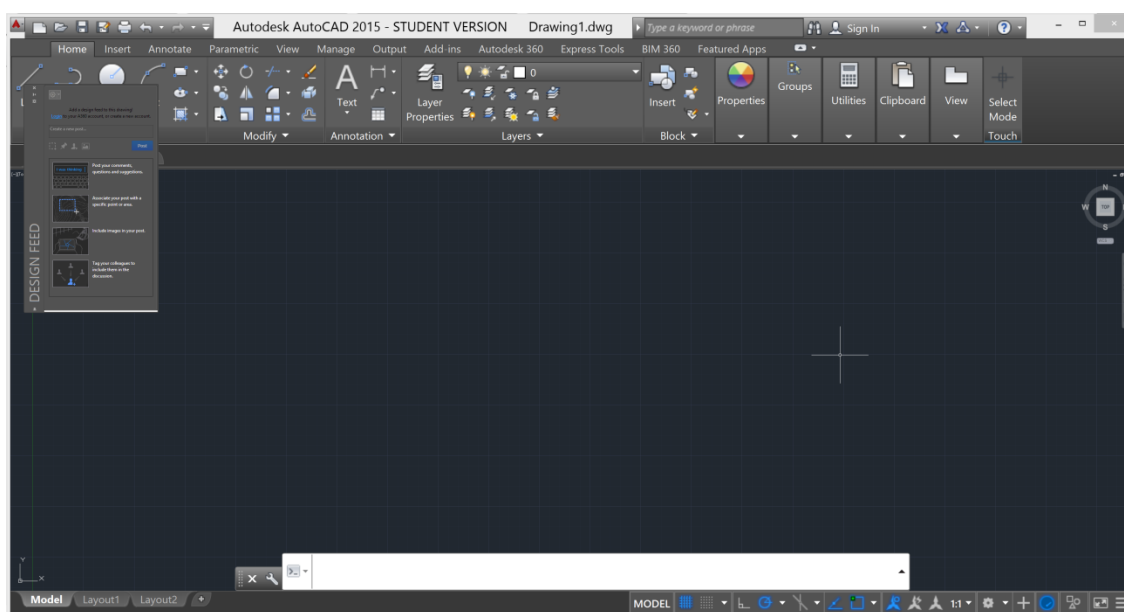


Figura 13: Captura de tela do programa AutoCAD®
Fonte: Autodesk (2015)

4.2.2 CYPECAD®

Distribuído no Brasil pela empresa Multiplus Softwares Técnicos, o CypeCAD “é um *software* para projeto estrutural em concreto armado, pré-moldado, protendido e misto de concreto e aço, composto por: pilares, paredes, muros, vigas, lajes, vigotas, sapatas, blocos, estacas, cortinas, escadas, radiers, maciços, reservatórios, consolos e etc. O *software* possui ferramentas para cálculo estrutural, lançamento, dimensionamento e detalhamento de elementos, além de módulos e recursos exclusivos para cada etapa do projeto.” (<http://www.multiplus.com/Software/cypecad/>). Foi desenvolvido e é mantido pela CYPE Ingenieros, sediada na Espanha e, apesar do nome, é uma ferramenta essencialmente CAE, com interface baseada na familiaridade dos conceitos CAD. Através da representação e/ou importação de dados do arquivo DWG do projeto arquitetônico, o programa gera automaticamente o modelo computacional de barras e placas que representará a estrutura a se analisada.

No Brasil, o CypeCAD é mais amplamente difundido entre os projetistas de concreto, material cujas funções o programa tem maior foco. Contudo, o CypeCAD realiza o dimensionamento de perfis de aço e se integra ao Cype3D, outro *software*/módulo da CYPE Ingenieros que, por sua vez, estende as funcionalidades de dimensionamento a subestruturas 3D em aço, incluindo perfis formados a frio (dobrados), madeira e até mesmo alumínio.

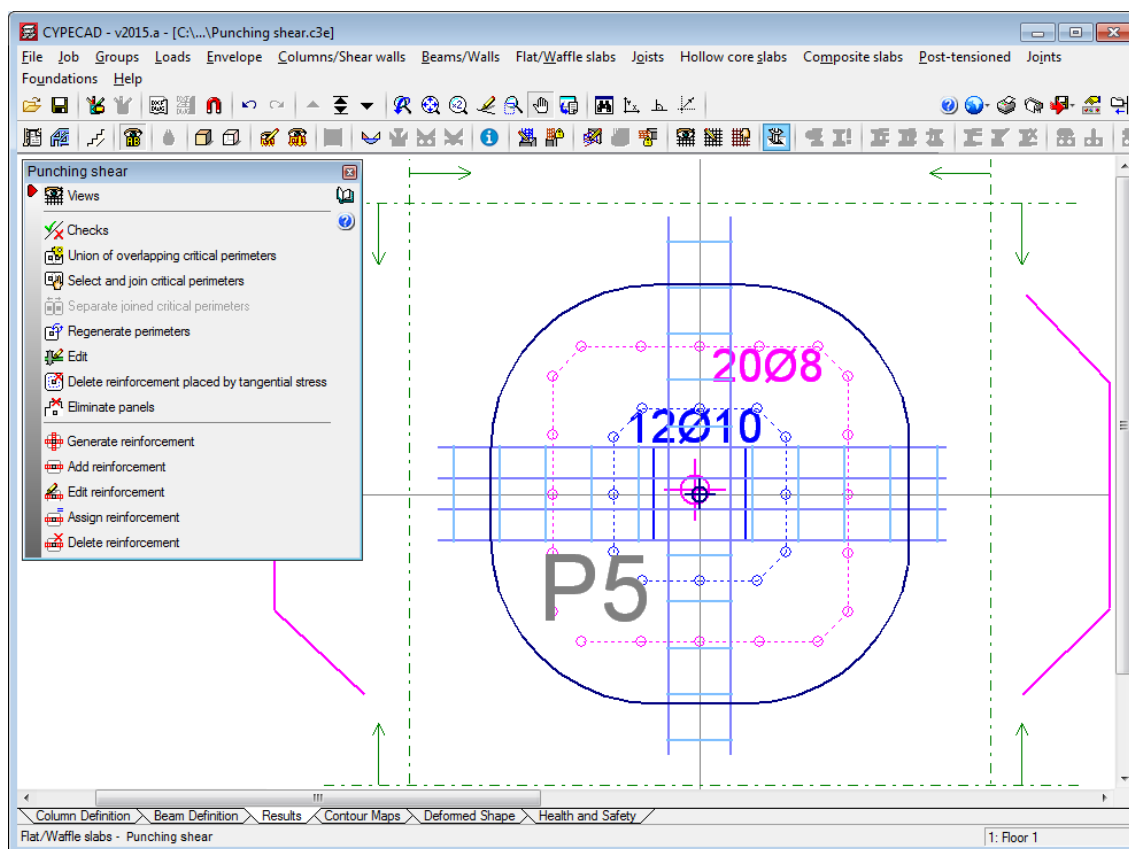


Figura 14: Captura de tela do programa CypeCAD®
Fonte: Cype (2015)

4.2.3 Arquimedes®

O Arquimedes faz parte do suíte de programas da Cype e permite gerar documentos do projeto como o orçamento, caderno de encargos, cronogramas físico e financeiro, ficha técnica da habitação (incluindo o manual de utilização e manutenção) e ainda boletins de medição.

O orçamento pode ser elaborado a partir de uma base de dados (Gerador de Preços ou outro Banco de Preços) ou criado do zero. Além disso, pode ser iniciado com a exportação dos quantitativos estruturais gerados pelo CypeCAD, ferramenta que foi muito útil neste trabalho.

Code	Sp	Unit	Summary	Quant	Cost	Amount
ADL010	m²		Land clearing	1,000.000	0.94	940.00
mq01pan0..	h		Loading truck 85 CV/1.2 m² tyres.	0.017	47.18	0.80
mq09sie01..	h		Two-stroke engine chainsaw	0.004	3.04	0.01
mo062	h		Ordinary construction labourer.	0.005	16.60	0.08
%	%		Complementary direct expenses	2.000	0.89	0.02
ADV010	m²		Basement excavation	724.722	6.55	4,746.93
mq01ret020	h		Excavator 75 CV tyres.	0.155	34.10	5.29
mo062	h		Ordinary construction labourer.	0.057	16.60	0.95
%	%		Complementary direct expenses	2.000	6.24	0.12
ADE010c	m²		Trench excavation	76.030	24.09	1,831.56
mq01exn0..	h		Hydraulic excavator 100 CV tyres.	0.421	44.32	18.66
mo062	h		Ordinary construction labourer.	0.257	16.60	4.27
%	%		Complementary direct expenses	2.000	22.93	0.46
ADT010	m²		Soil transport	1,200.902	0.95	1,140.86
mq04cab0..	h		12 t load capacity truck	0.022	40.75	0.90
%	%		Complementary direct expenses	2.000	0.90	0.02
AS			Horizontal wastewater network	1.000	5,143.31	5,143.31

Quantity details	OrigCertQuant	Quant	Difference
	5.748	76.030	-70.282

Loc	Comment	Formula	A	B	C	D	Partial	Subtotal
5	Tie beam		1.00	1.63	0.30	0.50	0.245	
6	Tie beam		1.00	3.90	0.30	0.50	0.585	
7	Tie beam		1.00	3.92	0.30	0.50	0.588	
8	Tie beam		1.00	4.50	0.30	0.50	0.675	
9	Tie beam		1.00	2.45	0.30	0.50	0.368	
10	Tie beam		1.00	4.30	0.30	0.50	0.645	
11	Tie beam		1.00	2.45	0.30	0.50	0.368	
12	Tie beam		1.00	3.15	0.30	0.50	0.473	
[1]							5.748	5.748
			Units	Length	Width	Height		
1	Pad footings (1.5 x 1.5 x 0.65) m		3.00	1.50	1.50	0.65	4.388	
2	Pad footings (2.0 x 2.0 x 0.65) m		2.00	2.00	2.00	0.65	5.200	

Figura 15: Captura de tela do programa Arquimedes®
Fonte: Cype (2015)

4.3 Roteiro de Dimensionamento

Para a modelagem e dimensionamento da estrutura, foi seguido o roteiro básico abaixo:

1. Predefinições do material e suas propriedades;
2. Modelagem estrutural:
 - a. Conceituação estrutural para equilíbrio estático;
 - b. Lançamento dos pilares;
 - c. Lançamento das vigas;
 - d. Lançamento de contraventamentos (se aplicável);
 - e. Lançamento das lajes;
 - f. Lançamento das fundações;

- g. Lançamento de escadas (caso módulo em separado, do contrário, subdividir em lajes);
- 3. Caracterização das condições de contorno das barras;
- 4. Aplicação dos carregamentos;
- 5. Análise dos resultados;
- 6. Refino econômico do dimensionamento;
- 7. Levantamento dos quantitativos de materiais utilizados e de superfícies para formas.

4.4 Roteiro do Levantamento de Custos

Para o levantamento de custos, as seguintes atividades foram realizadas:

1. Elaboração do cronograma preliminar de execução da obra:
 - a. Predefinição dos tamanhos equipes;
 - b. Sequenciamento das atividades conforme restrições de início e de duração;
 - c. Distribuição de atividades desvinculadas de maneira a manter a ocupação diárias das equipes;
2. Elaboração do histograma de mão de obra direta;
3. Estruturação das composições de serviços referentes às atividades a serem executadas;
 - a. Inserção dos insumos previstos;
 - b. Inserção das categorias de mão de obra envolvidas;
 - c. Inserção dos equipamentos previstos;
4. Estratificação das horas de mão de obra direta nas composições de custo conforme duração estimada das atividades e quantitativos das próprias composições;
5. Estratificação das horas de aluguel de equipamentos conforme o número de dias em que há ocupação e proporcionalmente à distribuição de atividades de cada dia;
6. Levantamento de preços unitários no mercado.

Para a definição dos insumos de produção do concreto, foi utilizado traço de concreto conforme metodologia do American Concrete Institute (ACI), apresentada em RIBEIRO et al (livro Materiais de Construção Civil, editora UFMG).

- Concreto tipo C10 para regularização de terreno, Condição C de preparo:
 - Desvio padrão = 7 MPa;
 - Relação água/cimento = 0,68;
 - Módulo de finura do agregado miúdo = 3,0;
 - Agregado graúdo = 30% brita 0 e 70% brita 1 (até 19 mm);
 - Massa específica do agregado graúdo = 2.650 kg/m³;
 - Massa unitária compactada do agregado graúdo = 1.550 kg/m³;
 - Massa específica do cimento = 3.000 kg/m³;
 - Volume do agregado graúdo = 0,650 m³/m³ de concreto;
 - Consumo de água = 205 l/m³ de concreto;
 - Traço = 1 : 2,73 : 1,01 : 2,35 : 0,68 (cimento : areia : brita 1 : brita 2 : água);
 - Consumo:
 - Cimento = 15 kg/m² de capa de 5 cm;
 - Areia = 0,016 m³/m² de capa de 5 cm;
 - Brita 0 = 0,006 m³/m² de capa de 5 cm;
 - Brita 1 = 0,013 m³/m² de capa de 5 cm;
 - Água = 0,010 m³/m² de capa de 5 cm;
- Concreto tipo C30 para estruturas, Condição A de preparo:
 - Desvio padrão = 4 MPa;
 - Relação água/cimento = 0,49;
 - Módulo de finura do agregado miúdo = 3,0;
 - Agregado graúdo = 50% brita 1 e 50% brita 2 (até 25 mm);

- Massa específica do agregado graúdo = 2.650 kg/m³;
- Massa unitária compactada do agregado graúdo = 1.550 kg/m³;
- Massa específica do cimento = 3.000 kg/m³;
- Volume do agregado graúdo = 0,675 m³/m³ de concreto;
- Consumo de água = 200 l/m³ de concreto;
- Traço = 1 : 2,14 : 1,49 : 1,49 : 0,57 (cimento : areia : brita 1 : brita 2 : água);
- Consumo:
 - Cimento = 351 kg/m³ de concreto;
 - Areia = 0,288 m³/m³ de concreto;
 - Brita 1 = 0,197 m³/m³ de concreto;
 - Brita 2 = 0,197 m³/m³ de concreto;
 - Água = 0,200 m³/m³ de concreto.

Não foram incluídos nos levantamentos de preços custos de aquisição do terreno, de quantitativos de arquitetura – desde vedações até acabamentos –, despesas com impostos, administração de obra, custos indiretos, BDI, mas tão somente os custos diretos e parciais relacionados à estrutura e sua ereção.

4.5 Critérios e Premissas de Projeto

As seguintes premissas foram consideradas e refletidas nas opções de dimensionamento do CypeCAD:

- Classe de agressividade ambiental = III (IV é contato com gotículas marinhas);
- Resistência do concreto: C30, dada a CAA selecionada;
- Cobrimento mínimo:
 - 4 cm para cobrimento da face superior em lajes que possuam contrapiso e revestimentos;
 - 4,5 cm para lajes “nuas” ou cobrimento inferior;

- 5 cm para vigas, pilares e fundações;
 - 5,5 cm para trechos de pilares enterrados;
- Agregado: granito/gnaiss de 25 mm, considerando poder-se usar brita 2, (de 7-10% mais barata que brita 1, e que chega a até 25 mm, conforme RIBEIRO et al (livro Materiais de Construção Civil), observando o limite $\leq 1,2 \cdot$ cobertura (seção 7.4.7.6 da norma) e permitindo um espaçamento mínimo entre barras de aço de 30 mm (seção 18.3.2.2);
- Material para perfis formados a frio em aço ZAR-345, com proteção de zinco devido à agressividade ambiental e de resistência 345 MPa para minimizar o peso estrutural;
- Material para perfis laminados em aço ASTM A572 Gr. 50, com galvanização a quente devido à agressividade ambiental e de resistência 345 MPa para minimizar o peso estrutural;
- Escadas de aço:
 - Perfis laminados com chapa xadrez conformada sobrepondo os perfis, fixada em todos os degraus;
- Vento:
 - Velocidade básica = 40 m/s (litoral do estado do Rio de Janeiro);
 - Fator topográfico = Terreno plano ou fracamente acidentado, $S1 = 1,0$;
 - Categoria 1: superfícies lisas de grandes dimensões, mar calmo;
 - Classe A = Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m;
 - Grupo 2 = Edificações para hotéis e residências;
- Fundações:
 - Uma vez que o perfil do solo ainda não é conhecido, mas a edificação está localizada em cidade praiana, foi considerado, para fins de estimativas de quantitativos de fundações, um solo caracterizado por areia semidensa na cota de assentamento das fundações, com capacidade suporte de até 2 kgf/cm², e foi escolhido o modelo de sapatas isoladas;

- Como 7 dos 11 pilares são de divisa, suas sapatas se submetem o critério de profundidade mínima $\geq 1,5\text{m}$ da ABNT NBR 6122:2010, seção 7.7.2. Contudo, sendo necessário a utilização de vigas de equilíbrio/alavanca e, como será possível perceber mais adiante, as sapatas ficam próximas demais para se fazer escavações localizadas, então a cota de assentamento de todas as sapatas foi considerada a de $-1,5\text{ m}$.

4.6 Superestrutura em Concreto Armado

4.6.1 Modelos de Cálculo

A visualização 3D representando o modelo de cálculo após dimensionamento pode ser vista na Figura 16.

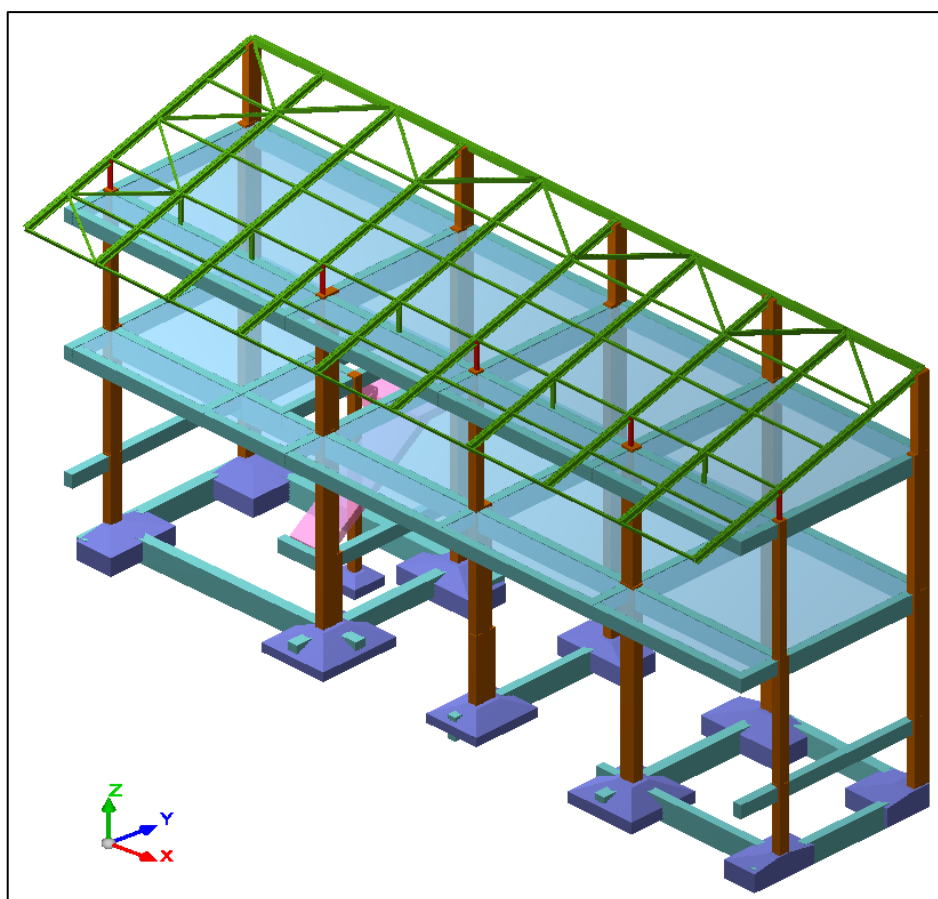


Figura 16: Visualização 3D da estrutura – alternativa em concreto.

Percebe-se, porém, que as vigas de equilíbrio apresentam prolongamentos para além dos pilares de apoio. Este não é um problema de visualização. No detalhamento e quantitativos,

o CypeCAD apresenta os mesmos problemas, ficando a cargo do engenheiro projetista a sua adequação.

Nas figuras que seguem, são apresentadas imagens dos pisos do modelo estrutural.

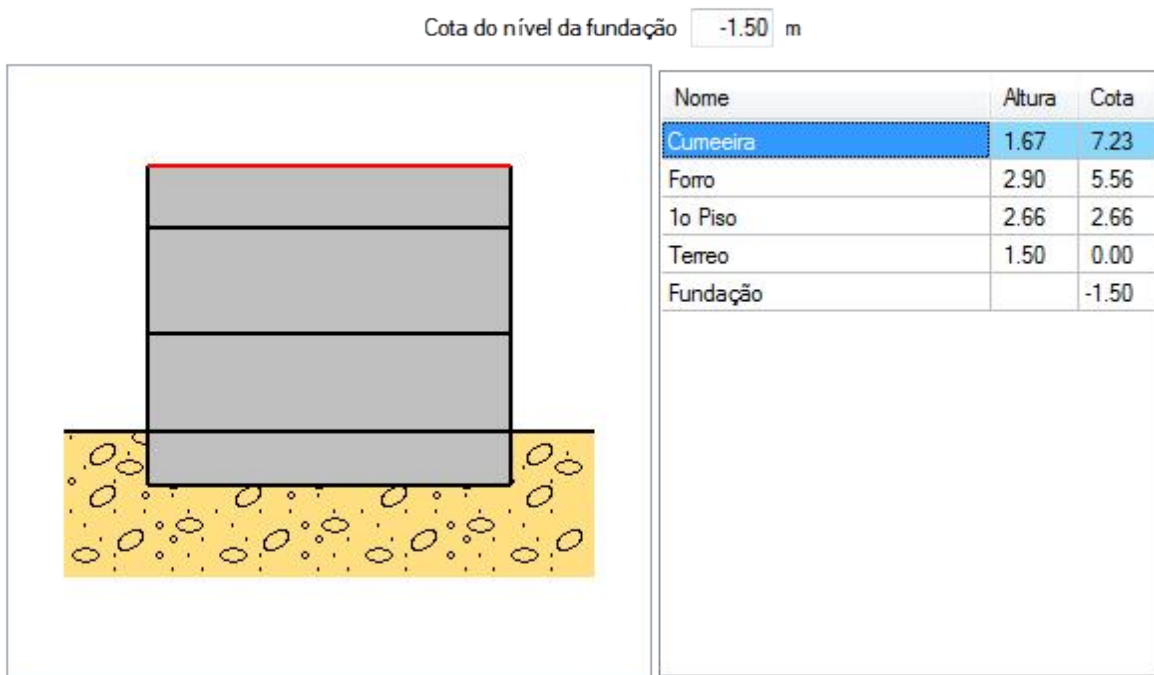


Figura 17: Disposição dos pisos e suas respectivas cotas – alternativa em concreto.



Figura 18: Numeração dos pilares – alternativa em concreto.

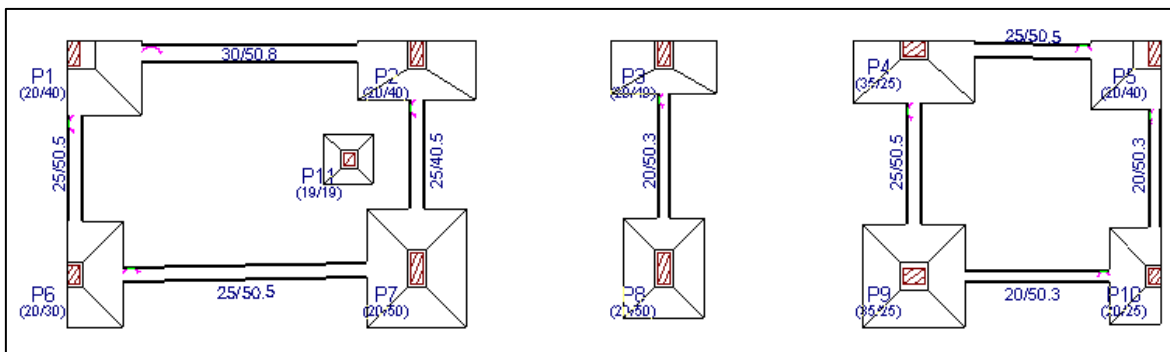


Figura 19: Configuração das fundações – alternativa em concreto.

Na Figura 20, é possível perceber que há vigas no térreo, as quais foram consideradas como integração dos baldrames à superestrutura especificamente nesses locais. Isso porque nesses pontos, sua presença auxilia na redução da possibilidade de trincas nas paredes térreas, na estabilidade global da estrutura, na redução dos deslocamentos horizontais transversais e na distribuição de carga dos pilares.

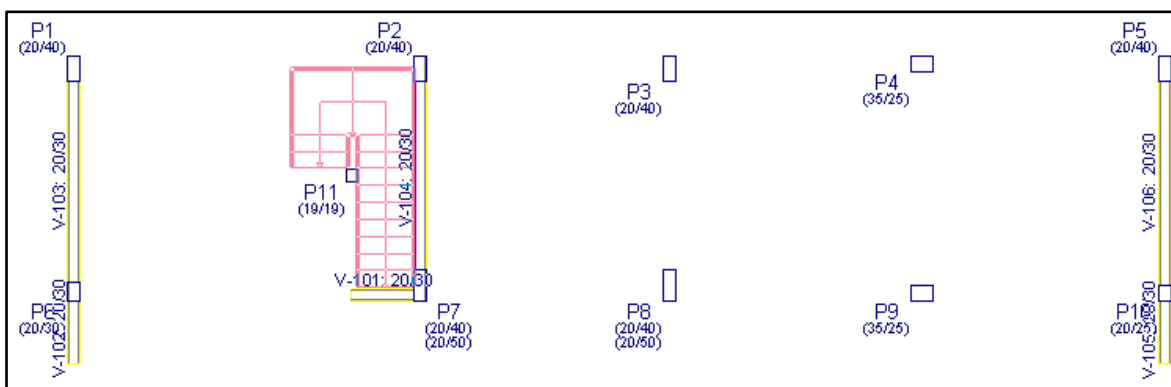


Figura 20: Piso Térreo – alternativa em concreto.

Nos demais trechos onde há paredes, não se considerou integração dos baldrames, os quais podem ser feitos com blocos de concreto simples ou tijolos, e servem apenas para fins de suporte das paredes do térreo. Seus quantitativos não foram considerados nesse trabalho por se tratarem de fundações isoladas da estrutura principal e não intervirem no comparativo aço x concreto. Analogamente, o piso do térreo foi desconsiderado pelos mesmos motivos.

É possível perceber também que a escada se destaca como uma figura no modelo. Na verdade, o CypeCAD dimensiona escadas de concreto separadamente, num módulo interno, e aparentemente lança os carregamentos equivalentes no modelo base. É discutível, assim,

ainda que a análise da mesma seja por elementos finitos, se esta teria impacto significativo na composição da rigidez global da estrutura e na distribuição interna de esforços.

Este módulo gerou dificuldades, pois a interface da escada com as vigas pode ser bastante problemática, atuando os carregamentos fora das vigas de apoio e gerando erros de cálculo. Para ter êxito, o autor teve que lançar mão de alguns ajustes das dimensões dos degraus e até do pé direito do andar. Isso pode significar ainda mais dificuldade num detalhamento real, onde o projeto pode não acatar facilmente tais ajustes para que o cálculo seja bem sucedido.

Também, foi necessário inserir uma viga fictícia sob a escada no térreo, que serve apenas para destinar as cargas da escada a algum lugar no modelo, pois não foi possível inserir uma fundação diretamente suportando-a.

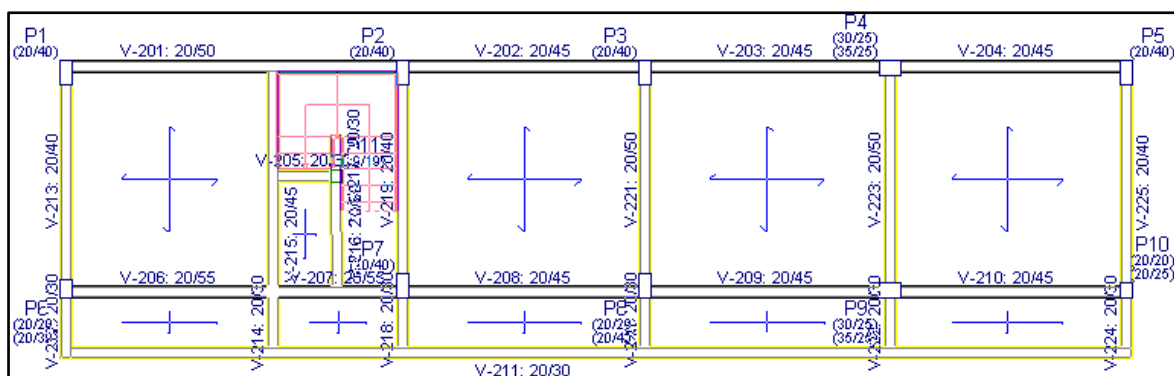


Figura 21: 1º Piso – alternativa em concreto.

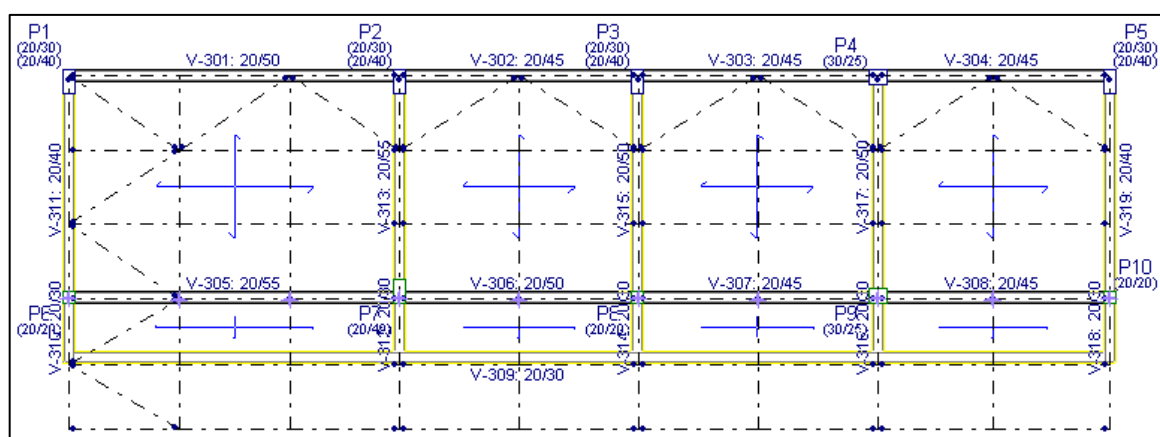


Figura 22: Forro – alternativa em concreto.

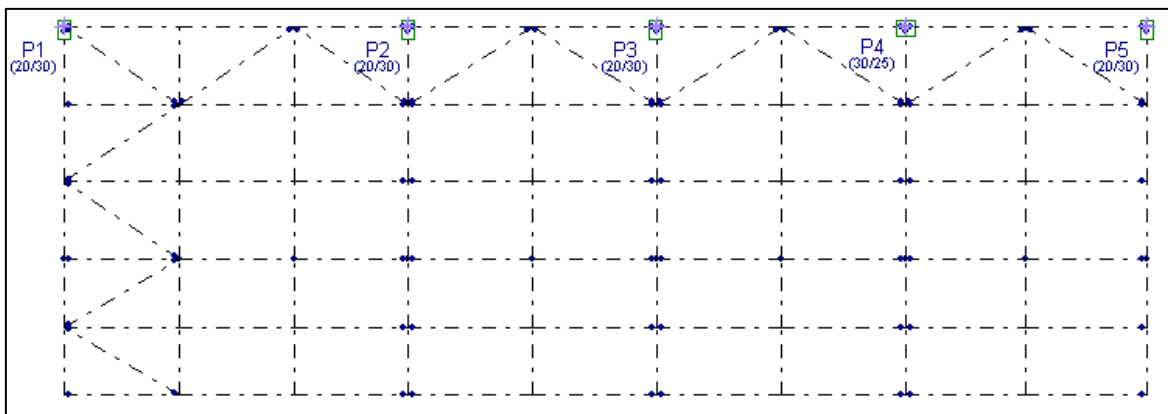


Figura 23: Piso “Cumeeira”, representando o topo dos pilares – alternativa em concreto.

No caso da estrutura da cobertura, o CypeCAD permite a construção de treliças em sua interface base. Para tanto, ele carrega um módulo do Cype3D onde esta estrutura é construída diretamente por modelo de barras e placas, como no SAP2000 ou ANSYS, chamado “Estruturas Integradas”. Isto se mostrou um problema, pois ao se modificar os tamanhos das vigas ou sua posição, os pontos de apoio da Estrutura Integrada podem deixar de se relacionar com o modelo base e muitos erros ocorrem. Sua correção e ajustes foi bastante dispendiosa.

A estrutura integrada precisa ser calculada à parte no CypeCAD, antes de calcular a estrutura global. Embora não se tenha compreendido a razão, é bastante mais ágil dimensionar essa estrutura primeiro e só então executar a análise estrutural do modelo integrado.

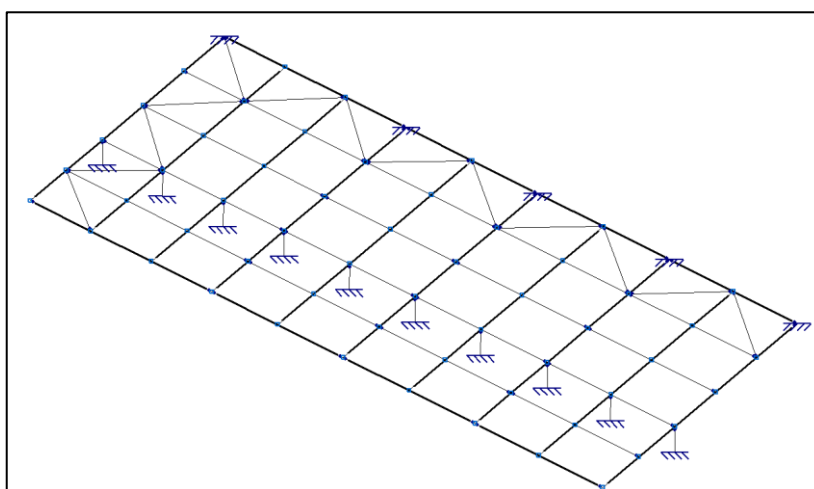


Figura 24: Modelo de barras da cobertura em perfis dobrados – alternativa em concreto.

O CypeCAD gerou automaticamente, baseado nos arranjos de pilares, vigas e lajes de cada piso, o seguinte modelo de análise:

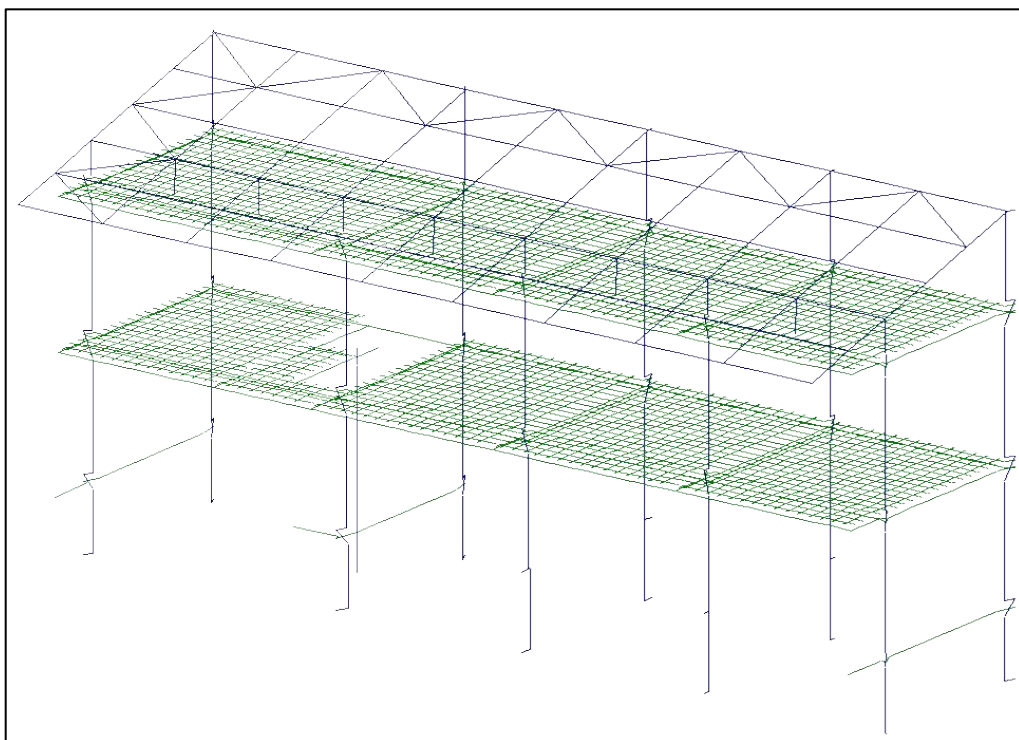


Figura 25: Modelo de cálculo em elementos finitos – modelo em concreto.

Aparentemente, confirmam-se por esta as hipóteses de que na composição das rigidezes e na análise global o CypeCAD considera as estruturas integradas, mas não as escadas de concreto. O autor não teve a oportunidade de consultar a Cype/Multiplus a respeito.

4.6.2 Ações

Sismos foram descartados pela edificação encontrar-se na zona 0 da NBR 15421:2006.

O peso próprio das estruturas foi inserido automaticamente pelo CypeCAD.

Nas lajes, foram considerados ainda:

- CP de contrapiso com 4 cm = 90 kgf/m²
- CP de revestimento + argamassas = até 60 kgf/m² (referência granitos)
- CP para reboco inferior com 2 cm = 40 kgf/m²

- SC de ocupação residencial = 150 kgf/m²
- SC de 2x caixas d'água 1.000L = 700 kgf/m² (em uma área de 1,2 x 2,4 m)

Nas vigas, foram considerados:

- CP de alvenaria de tijolos furados de 10 cm = 130 kgf/m²
- CP de reboco da alvenaria com 5 cm (total para ambos os lados) = 100 kgf/m²
- CP de revestimento de paredes em mármore 1 cm (total para apenas um lado) = 30 kgf/m²

Nas escadas em concreto:

- CP de revestimentos + argamassas = 60 kgf/m² (patamar e espelhos dos degraus)
- CP de guarda-corpos = 30 kgf/m (no contorno dos tramos e patamar)
- SC de escadas com acesso ao público = 500 kgf/m²

Nas fundações:

- CP de 1,2 m de solo sobre as fundações = 2.200 kgf/m²
- CP de concreto simples para regularização com espessura 5 cm = 120 kgf/m²
- CP de piso de concreto armado com 8 cm = 125 kgf/m²
- CP de contrapiso com 4 cm = 90 kgf/m²
- CP de revestimento + argamassas = até 30 kgf/m² (referência cerâmicas)
- SC do térreo sobre as fundações = 300 kgf/m²

Na cobertura:

- CP de telhas + ripamento + caibros = 45 kgf/m²
- SC de = 25 kgf/m²
- Ventos = conforme ABNT NBR 6123 em todo o telhado.

As cargas de vento foram consideradas automaticamente pelo CypeCAD em um menu específico, onde os parâmetros da norma brasileira foram preenchidos. É importante ressaltar

que, ao contrário de *softwares* onde se modela diretamente a estrutura em elementos de barras e placas, o CypeCAD não permite a inserção de carregamentos horizontais, exceto nos topos de colunas. Isso pode ser um complicador para estruturas que suportam equipamentos, em especial as industriais.

Já no módulo interno do Cype3D, onde foi dimensionada a estrutura da cobertura, a aplicação de cargas é bastante mais flexível.

4.7 Superestrutura em Aço

4.7.1 Modelos de Cálculo

Similarmente à seção 4.6.1, as figuras a seguir refletem o modelo tridimensional de cálculo do CypeCAD.

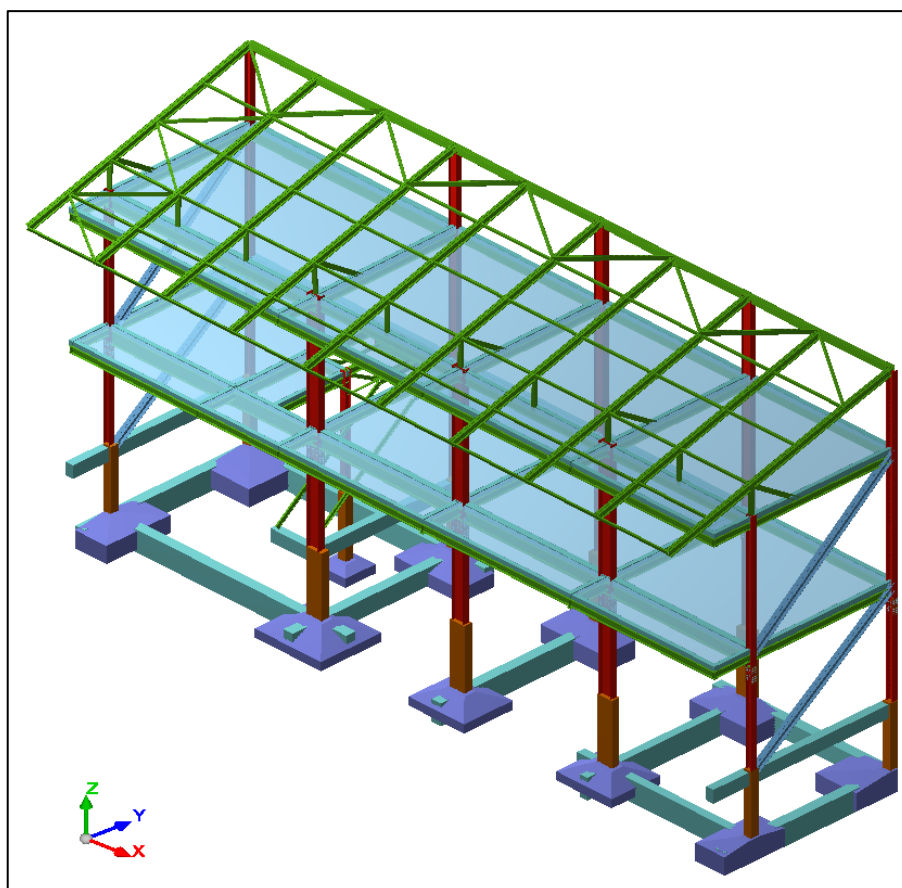


Figura 26: Visualização 3D da estrutura – alternativa em aço.



Figura 27: Disposição dos pisos e suas respectivas cotas – alternativa em aço.

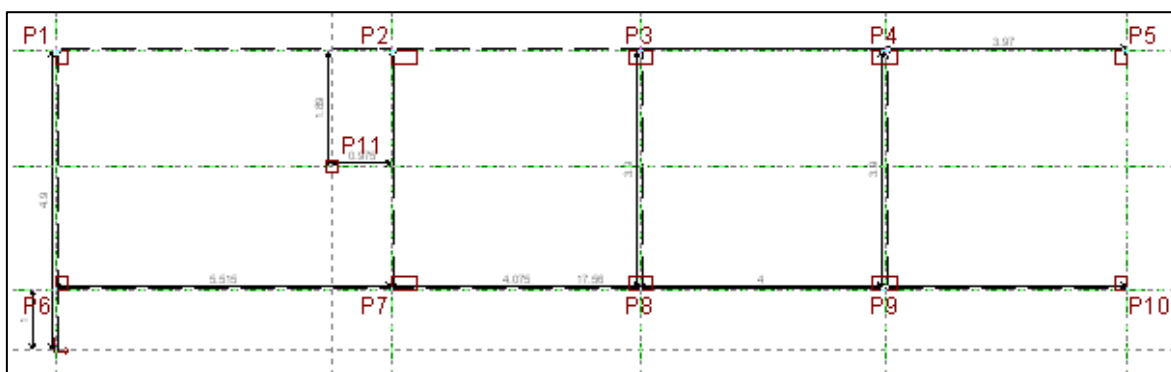


Figura 28: Numeração dos pilares – alternativa em aço.

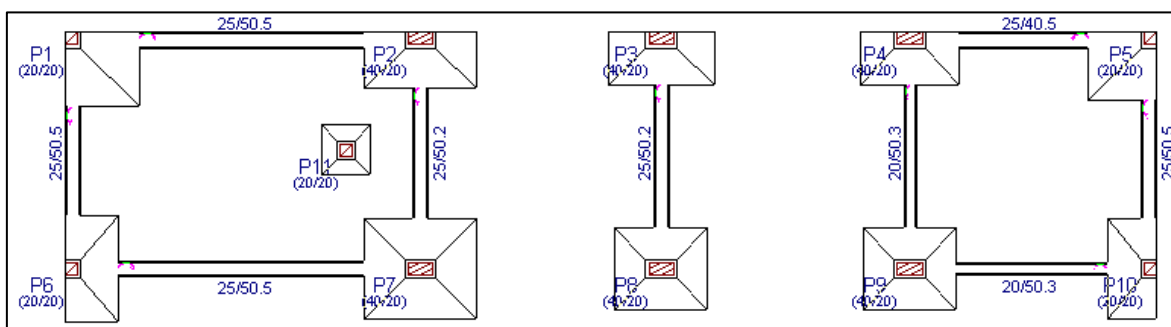


Figura 29: Configuração das fundações – alternativa em aço.

Na figura a seguir, assim como na seção análoga de concreto, percebe-se a escada foi modelada à parte, mas, desta vez, através do módulo de Estruturas Integradas. Diferentemente do outro modelo, porém, as escadas compõem a rigidez da estrutura principal como mostra a Figura 34.

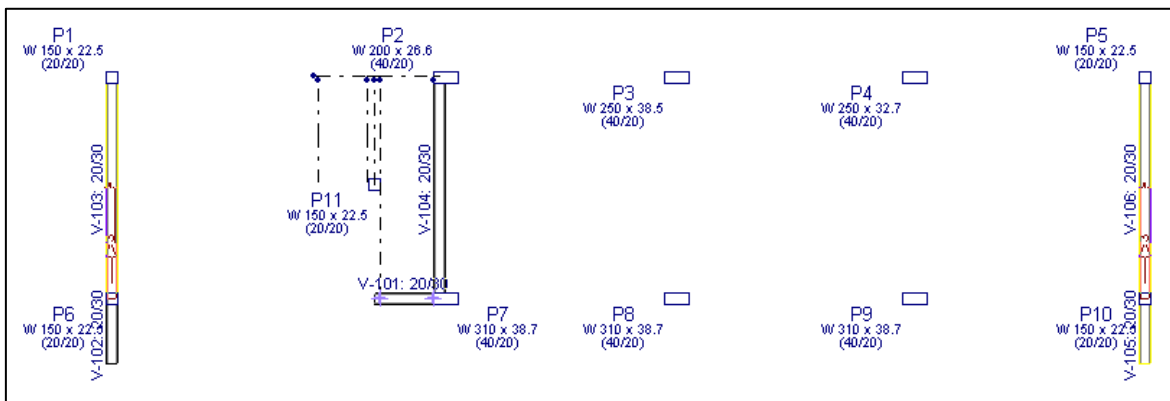


Figura 30: Térreo – alternativa em aço.

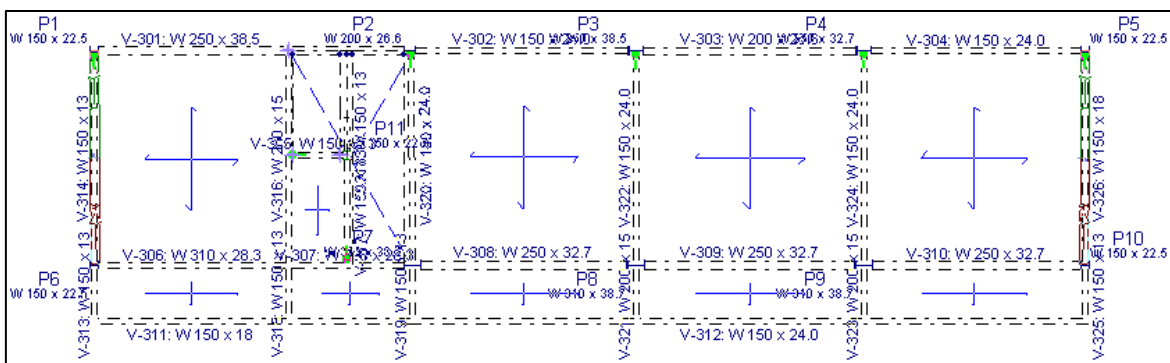


Figura 31: 1º Piso – alternativa em aço.

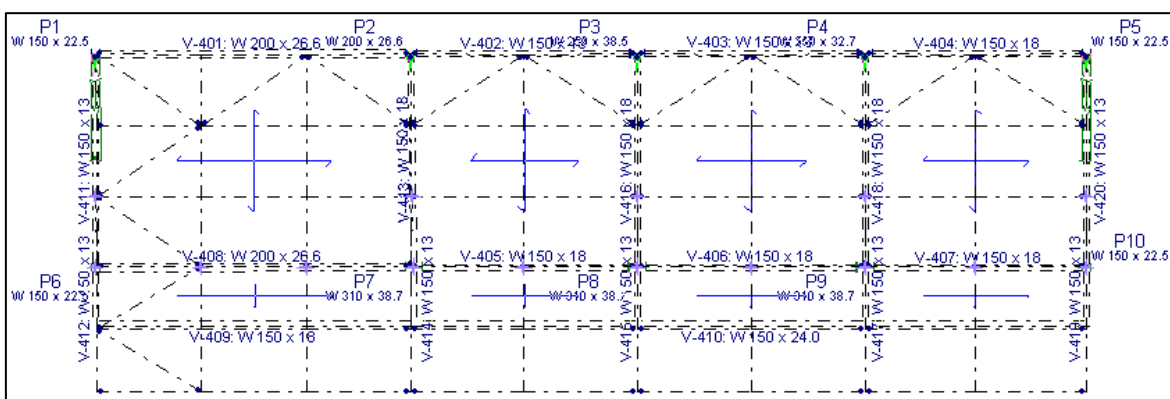


Figura 32: Forro – alternativa em aço.

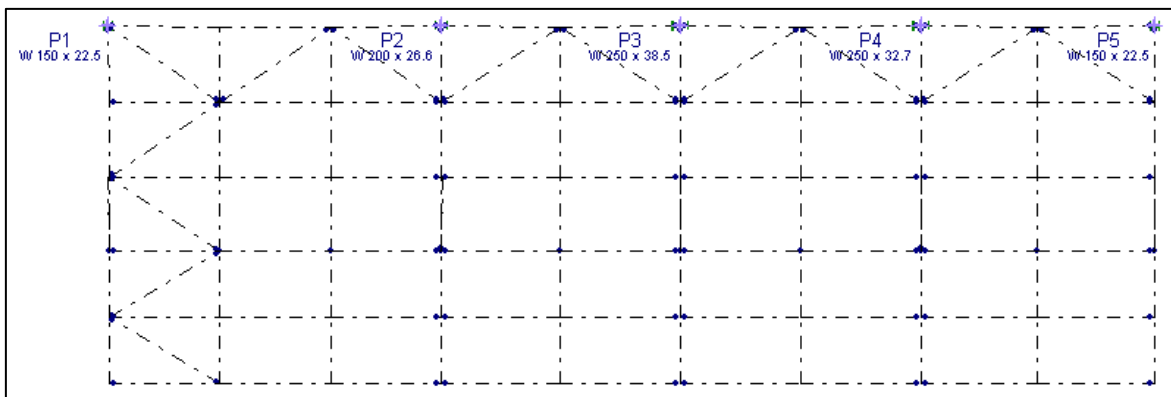


Figura 33: Piso "Cumeeira", representando o topo dos pilares – alternativa em aço.

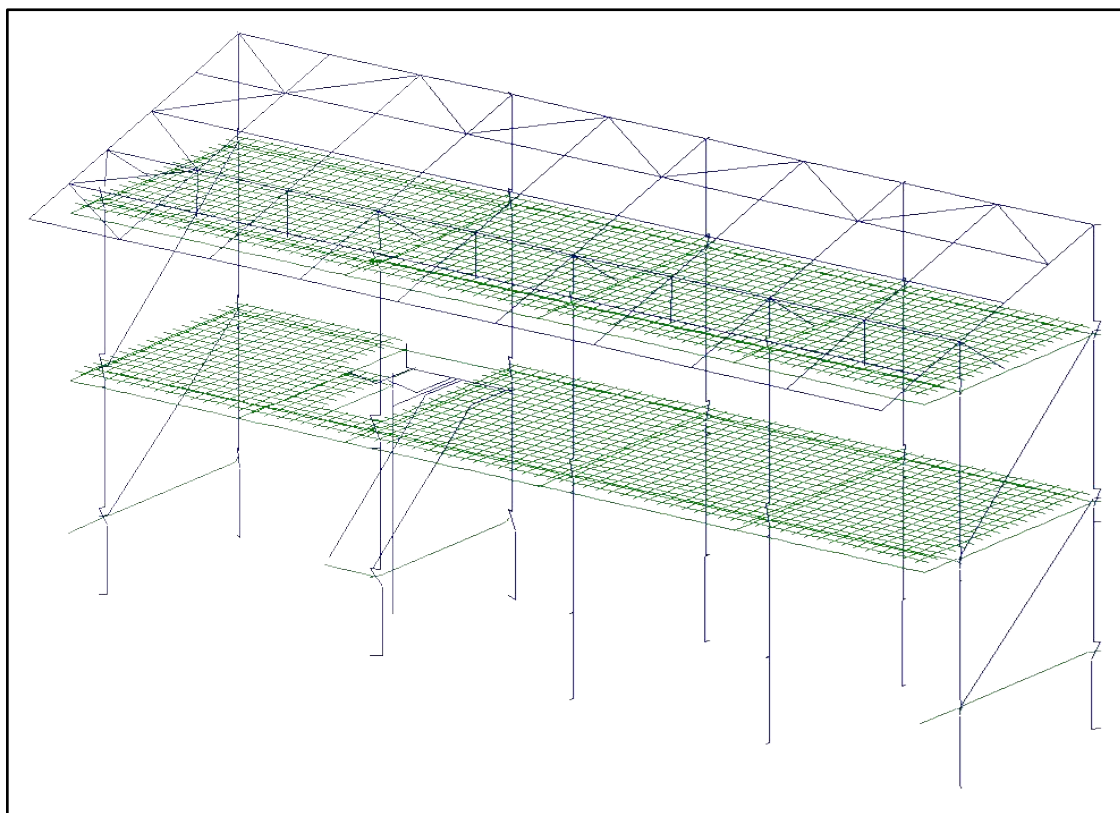


Figura 34: Modelo de cálculo em elementos finitos – modelo em aço.

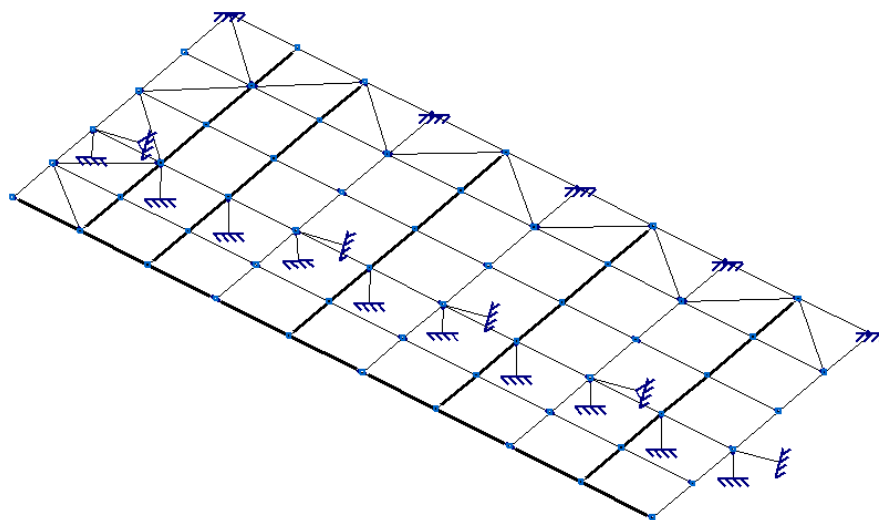


Figura 35: Modelo de barras da cobertura em perfis dobrados – alternativa em aço.

4.7.2 Ações

Sismos foram descartados pela edificação encontrar-se na zona 0 da NBR 15421:2006.

O peso próprio das estruturas foi inserido automaticamente pelo CypeCAD.

Nas lajes, foram considerados ainda:

- CP de contrapiso com 4 cm = 90 kgf/m²
- CP de revestimento + argamassas = até 60 kgf/m² (referência granitos)
- CP para reboco inferior com 2 cm = 40 kgf/m²
- SC de ocupação residencial = 150 kgf/m²
- SC de 2x caixas d'água 1.000L = 700 kgf/m² (em uma área de 1,2 x 2,4 m)

Nas escadas em aço:

- CP de chapa xadrez bitola 3/16" = 41 kgf/m² (patamar e espelhos dos degraus)
- CP de guarda-corpos = 30 kgf/m (no contorno dos tramos e patamar)
- SC de escadas com acesso ao público = 500 kgf/m²

Nas fundações (mesmos critérios do modelo em concreto):

- CP de 1,2 m de solo sobre as fundações = 2.200 kgf/m²
- CP de concreto simples para regularização com espessura 5 cm = 120 kgf/m²
- CP de piso de concreto armado com 8 cm = 125 kgf/m²
- CP de contrapiso com 4 cm = 90 kgf/m²
- CP de revestimento + argamassas = até 30 kgf/m² (referência cerâmicas)
- SC do térreo sobre as fundações = 300 kgf/m²

Na cobertura:

- CP de telhas + ripamento + caibros = 45 kgf/m²
- SC de = 25 kgf/m²

5 DISCUSSÃO

5.1 Quantitativos Estimados

5.1.1 Alternativa em Concreto Armado

Os quantitativos de aço conforme relatórios do CypeCAD estão apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 11: Quantitativos estimados do Térreo – alternativa em concreto.

Elemento	Formas (m2)	Volume (m3)	Barras (kg)
Vigas: fundo	2,49	0,90	56,00
Forma lateral	8,01		
Pilares (Sup, Formas)	16,92	1,13	195,00
Total	27,42	2,03	251,00

Tabela 12: Quantitativos estimados do 1º Piso – alternativa em concreto.

Elemento	Formas (m2)	Volume (m3)	Barras (kg)
LAJES	65,02	9,35	392,00
Vigas: fundo	15,58	6,85	485,00
Forma lateral	49,06		
Pilares (Sup, Formas)	26,61	1,74	291,00
Escadas	7,87	1,35	93,00
Total	164,14	19,29	1.261,00

Tabela 13: Quantitativos estimados do piso Forro – alternativa em concreto.

Elemento	Formas (m2)	Volume (m3)	Barras (kg)
LAJES	71,20	10,79	431,00
Vigas: fundo	14,17	6,45	338,00
Forma lateral	45,43		
Pilares (Sup, Formas)	25,38	1,61	226,00
Total	156,18	18,85	995,00

Tabela 14: Quantitativos estimados do piso Cumeeira – alternativa em concreto.

Elemento	Formas (m2)	Volume (m3)	Barras (kg)
Pilares (Sup, Formas)	8,52	0,53	98,00
Total	8,52	0,53	98,00

Tabela 15: Quantitativos estimados dos pavimentos – alternativa em concreto.

Elemento	Formas (m2)	Volume (m3)	Barras (kg)
LAJES	136,22	20,14	823,00
Vigas: fundo	32,24	14,20	879,00
Forma lateral	102,50		
Pilares (Sup, Formas)	77,43	5,01	810,00
Escadas	7,87	1,35	93,00
Total	356,26	40,70	2.605,00

Tabela 16: Quantitativos estimados para sapatas – alternativa em concreto.

Elemento	Aço (kg)					Concreto (m³)		Fôrmas (m²)
	Ø6,3	Ø10	Ø12,5	Ø16	Total	C30	Limpeza	
Referência: P1	0,73	12,43		9,58	22,74	0,65	0,07	2,13
Referência: P2	0,73		26,41		27,14	0,89	0,09	3,17
Referência: P3	0,72	6,14	16,48		23,34	0,65	0,07	2,45
Referência: P4	0,72	9,78	13,17	10,63	34,30	0,91	0,10	3,00
Referência: P5	0,73	10,66	6,22		17,61	0,55	0,06	1,98
Referência: P6	0,56		21,37		21,93	0,68	0,08	2,35
Referência: P7	0,89		36,27	9,09	46,25	1,01	0,15	3,27
Referência: P8	0,89	8,51	19,33		28,73	0,61	0,10	2,24
Referência: P9	0,73		26,31	9,66	36,70	0,99	0,14	3,07
Referência: P10	0,49		16,64		17,13	0,55	0,06	2,15
Referência: P11	0,37	4,36	4,16		8,89	0,16	0,03	0,96
Totais	7,56	51,88	186,36	38,96	284,76	7,64	0,96	26,76

Tabela 17: Quantitativos estimados para vigas de equilíbrio – alternativa em concreto.

Elemento	Aço (kg)					Concreto (m ³)		Fôrmas
	Ø5	Ø10	Ø12,5	Ø16	Total	C30	Limpeza	(m ²)
Referência: [P6 - P1]	6,72		8,92	24,54	33,46	0,21	0,02	1,70
Referência: [P1 - P2]	12,15		13,18	47,30	60,48	0,52	0,05	3,47
Referência: [P6 - P7]	11,21		13,29	36,52	49,81	0,49	0,05	3,92
Referência: [P7 - P2]	5,25		8,92	25,21	34,13	0,18	0,02	1,40
Referência: [P8 - P3]	5,79	5,31		15,36	20,67	0,22	0,02	2,17
Referência: [P9 - P4]	7,13		9,17	25,48	34,65	0,24	0,02	1,95
Referência: [P9 - P10]	6,89	6,02		17,92	23,94	0,23	0,02	2,34
Referência: [P10 - P5]	6,34	5,65		17,41	23,06	0,19	0,02	1,90
Referência: [P5 - P4]	7,54		9,65	26,67	36,32	0,24	0,02	1,89
Totais	69,02	16,98	63,13	236,41	316,52	2,52	0,25	20,74

Tabela 18: Quantitativos estimados para cobertura – alternativa em concreto.

Material	Série	Perfil	Comprimento	Peso
			(m)	(kg)
ZAR-345	C	C100X50X17X2.00	6,329	21,93
		C150X60X20X2.00, Duplo I união soldada	12,253	114,16
		C150X60X20X3.04, Duplo I união soldada	6,126	84,74
		C150X60X20X2.66, Duplo I união soldada	42,884	523,57
		C150X60X20X2.00, Caixa dupla soldada	7,980	74,35
		C150X60X20X2.66, Caixa dupla soldada	9,390	114,64
		C75X40X15X2.25	8,808	26,46
		C75X40X15X1.2	86,850	144,84
		C100X50X17X2.25	20,866	80,74

Os quantitativos foram exportados do CypeCAD diretamente para o Arquimedes, onde a estrutura analítica padrão do próprio *software* foi utilizada. As composições de preços foram listadas e integradas com o banco de dados Gerador de Preços da própria Cype.

É importante ressaltar, porém, que como este trabalho segue a estrutura analítica de custos do Arquimedes, não foi necessário transportar ou traduzir essas informações para uma outra, tampouco foram alterados os códigos. No caso de empresas que adotem o programa e tenham sua própria estratificação e sequenciamento de atividades, ou que façam de acordo com aquelas de clientes, é possível que essa facilidade de exportação direta do CypeCAD não se reflita em benefício. Contudo, é possível que, mediante consulta, a Cype/Multiplus tenha, já bem firmada, alguma forma de estabelecer uma programação de reestruturação em acordo com critérios do usuário.

5.1.2 Alternativa em Perfis de Aço

Os quantitativos de aço conforme relatórios do CypeCAD estão apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 19: Quantitativos estimados do Térreo – alternativa em aço.

Elemento	Formas (m2)	Volume (m3)	Barras (kg)	Laminado (kg)
Vigas: fundo	2,7	0,91	45	
Forma lateral	8,34			
Vigas inclinadas	1,39			208
Pilares (Sup, Formas)	15,2	0,94	131	
Total	27,63	1,85	176	208

Tabela 20: Quantitativos estimados do 1º Piso – alternativa em aço.

Elemento	Formas (m2)	Volume (m3)	Barras (kg)	Laminado (kg)
LAJES	69,94	11,37	882	
Vigas: fundo	9,01			2044
Forma lateral	7,8			
Vigas inclinadas	1,44			216
Pilares metálicos				880
Total	88,19	11,37	882	3140

Tabela 21: Quantitativos estimados do piso Forro – alternativa em aço.

Elemento	Formas (m2)	Volume (m3)	Barras (kg)	Laminado (kg)
LAJES	76,58	12,83	949	
Vigas: fundo	7,72			1497
Forma lateral	6,77			
Pilares metálicos				890
Total	91,07	12,83	949	2387

Tabela 22: Quantitativos estimados do piso Cumeeira – alternativa em aço.

Elemento	Laminado (kg)
Pilares metálicos	241
Total	241

Tabela 23: Quantitativos estimados dos pavimentos – alternativa em aço.

Elemento	Formas (m2)	Volume (m3)	Barras (kg)	Laminado (kg)
LAJES	146,52	24,2	1831	
Vigas: fundo	19,43	0,91	45	3541
Forma lateral	22,91			
Vigas inclinadas	2,83			424
Pilares (Sup, Formas)	15,2	0,94	131	2011
Total	206,89	26,05	2007	5976

Tabela 24: Quantitativos estimados para sapatas – alternativa em aço.

Elemento	Aço (kg)				Concreto (m³)		Fôrmas
	Ø4,2	Ø10	Ø12,5	Total	C30	Limpeza	(m²)
Referência: P1	0,15	2,63	13,07	15,7	0,64	0,07	2,15
Referência: P2	0,3	3,83	16,28	20,11	0,63	0,08	2,48
Referência: P3	0,3	3,95	12,42	16,37	0,64	0,07	2,42
Referência: P4	0,3	3,83	12,1	15,93	0,61	0,07	2,25
Referência: P5	0,15	2,63	10,76	13,39	0,54	0,06	1,98
Referência: P6	0,15	3,83	13,51	17,34	0,64	0,07	2,3
Referência: P7	0,29	16,5	13,48	29,98	0,95	0,14	3,18
Referência: P8	0,3	19,8		19,8	0,57	0,1	2,14
Referência: P9	0,29	11,11	9,65	20,76	0,57	0,1	2,08
Referência: P10	0,16	2,55	11,79	14,34	0,57	0,06	2,18
Referência: P11	0,16	6,5		6,5	0,16	0,03	0,96
Totais	2,55	77,16	113,06	190,22	6,5	0,86	24,11

Tabela 25: Quantitativos estimados para vigas de equilíbrio – alternativa em aço.

Elemento	Aço (kg)					Concreto (m³)		Fôrmas
	Ø5	Ø10	Ø12,5	Ø16	Total	C30	Limpeza	(m²)
Referência: [P6 - P1]	7,34		9,49	27,46	36,95	0,22	0,02	1,75
Referência: [P1 - P2]	11,21		13,56	36,73	50,29	0,45	0,05	3,62
Referência: [P6 - P7]	11,21		13,27	35,37	48,64	0,5	0,05	3,97
Referência: [P7 - P2]	6,1		9,36	26,98	36,34	0,21	0,03	1,68
Referência: [P8 - P3]	7,34		9,17	16,92	26,09	0,31	0,03	2,44
Referência: [P4 - P5]	6,26		9,77	27,92	37,69	0,21	0,03	1,66
Referência: [P9 - P4]	6,71	5,72		16,92	22,64	0,24	0,02	2,44
Referência: [P10 - P5]	7,34		9,15	25,21	34,36	0,24	0,02	1,9
Referência: [P9 - P10]	6,89	5,9		17,26	23,16	0,26	0,02	2,58
Totais	70,4	11,62	73,77	230,77	316,16	2,63	0,27	22,03

Tabela 26: Quantitativos estimados para cobertura – alternativa em aço.

Material	Série	Perfil	Comprimento	Peso
			(m)	(kg)
ZAR-345	C	C100X50X17X2.00	14,462	50,12
		C150X60X20X3.04 Duplo I união soldada	6,126	84,74
		C150X60X20X2.66 Duplo I união soldada	42,966	524,57
		C75X40X15X2.25	8,808	26,46
		C75X40X15X1.2	86,850	144,84
		C100X50X17X2.25	20,900	80,87
		C150X60X20X2.00 Duplo I união soldada	12,301	114,61
		C150X60X20X2.66 Caixa dupla soldada	9,441	115,26
		C150X60X20X2.00 Caixa dupla soldada	7,971	74,27

Tabela 27: Quantitativos estimados para escadas – alternativa em aço.

Série	Perfil	Comprimento	Peso
		(m)	(kg)
I	W 150 x 13	2,154	28,07
L	L 38.1 X 4.8	0,430	1,17
	L 50.8 X 6.4	1,815	8,79
Perfil U	U 101.6 x 4.6	8,868	70,31
	U 76.2 x 4.3	3,852	23,53

Ao contrário da alternativa em concreto, não foi possível exportar os quantitativos diretamente para o Arquimedes. Como o modelo de aço foi construído sobre o modelo previamente dimensionado em concreto, alterando-se inicialmente os perfis das colunas e vigas, supõe o autor que ainda não há algoritmo estabelecido pela Cype para fazê-lo para estruturas metálicas. De fato, criando-se um pequeno modelo de 4 colunas, sapatas, 4 vigas e uma laje, o CypeCAD só ativa a opção de exportação quando toda a obra é em concreto. Inclusive, quando os perfis se tornam de aço, boa parte das janelas de edição e análise de vigas muda completamente de características, o que parece indicar que o dimensionamento de aço ainda está em fase de integração na base do programa na versão utilizada.

Para seguir com o trabalho, foi então necessário aproveitar o arquivo do Arquimedes para a estrutura de concreto, retirando os itens não aplicáveis e compondo os itens faltantes.

5.2 Cronogramas de Execução Preliminares

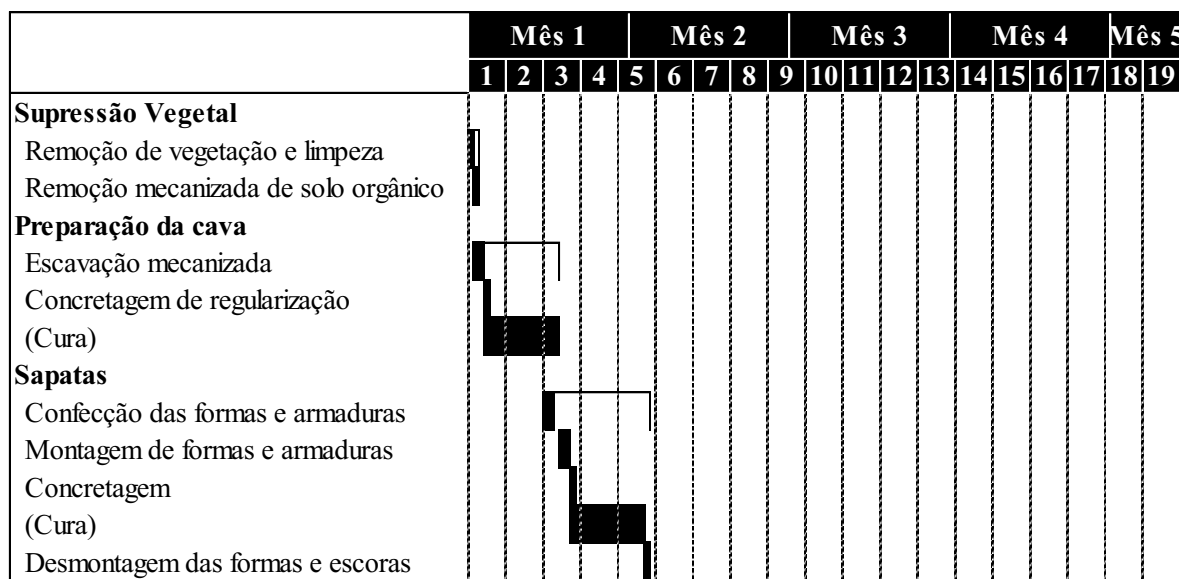


Figura 36: Cronograma preliminar de execução estrutural – alternativa em concreto

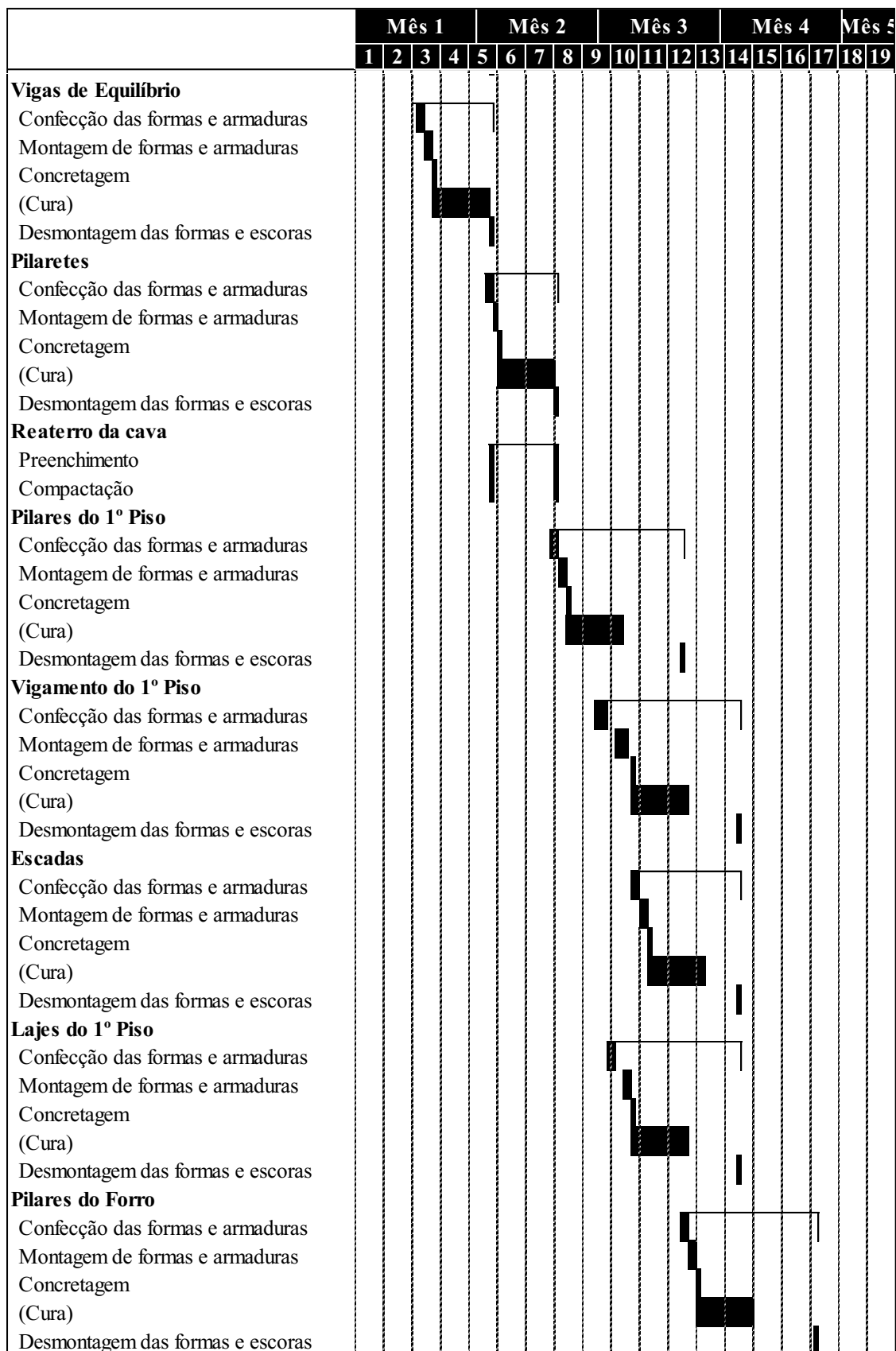


Figura 36: Cronograma preliminar de execução estrutural – alternativa em concreto (continuação)

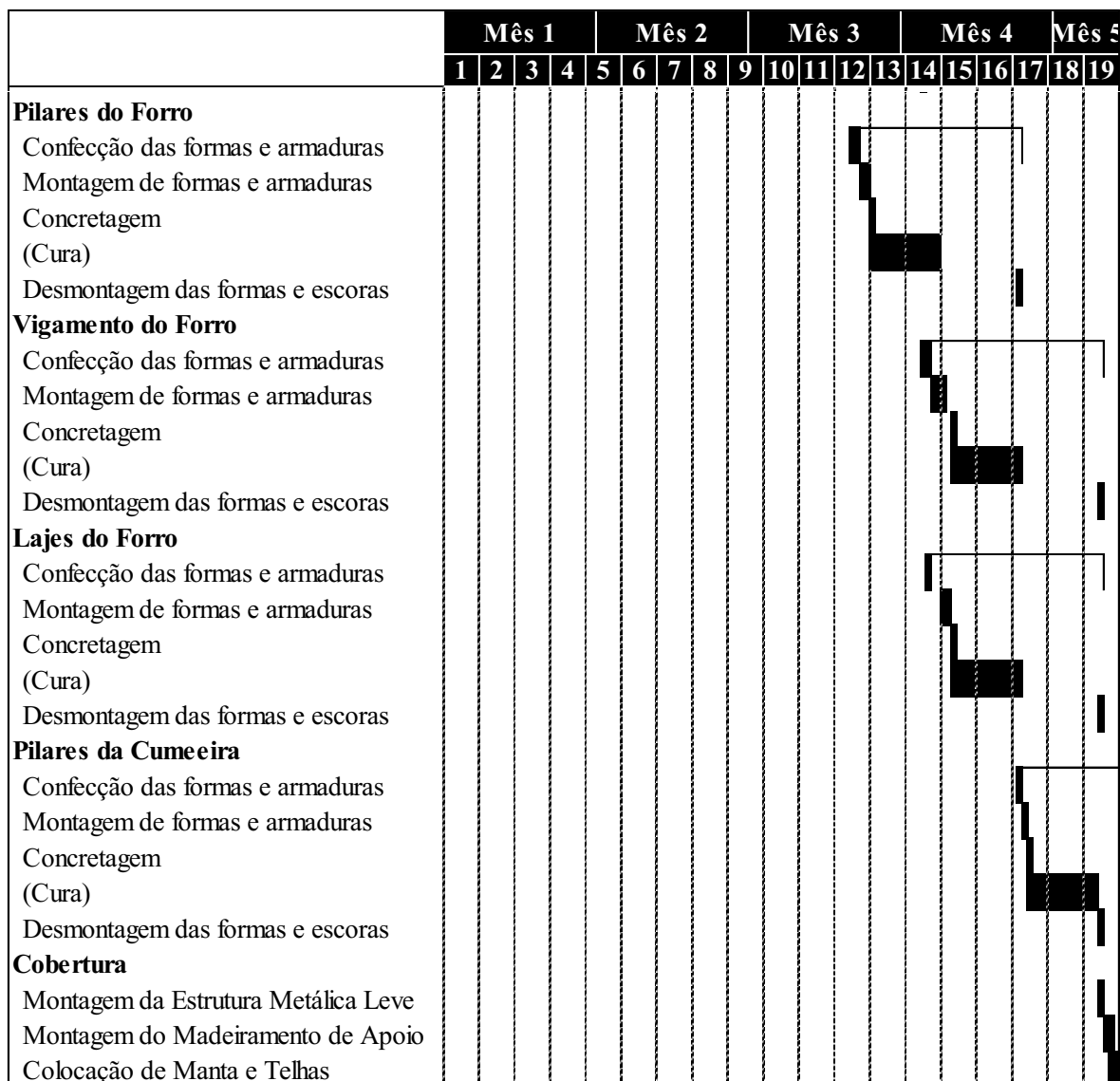


Figura 36: Cronograma preliminar de execução estrutural – alternativa em concreto (continuação)

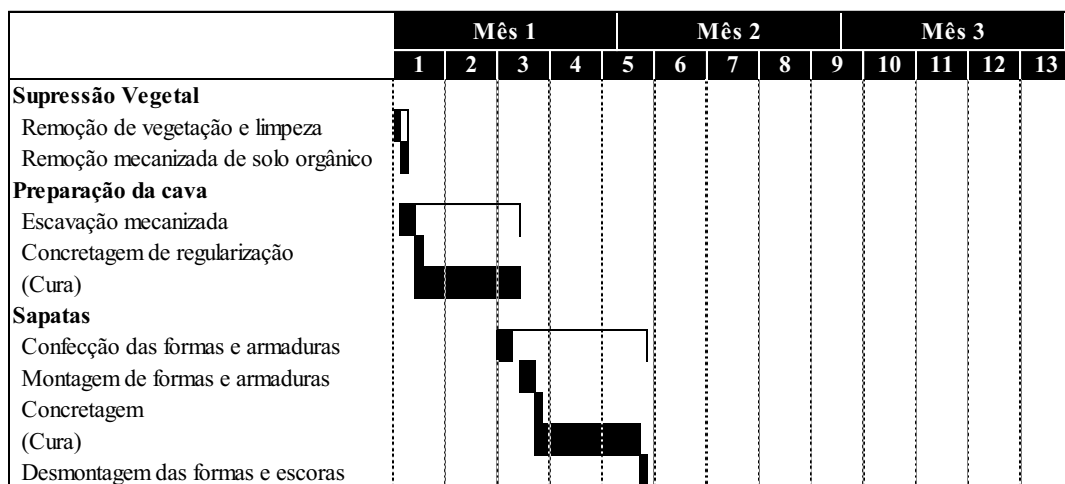


Figura 37: Cronograma preliminar de execução estrutural – alternativa em aço

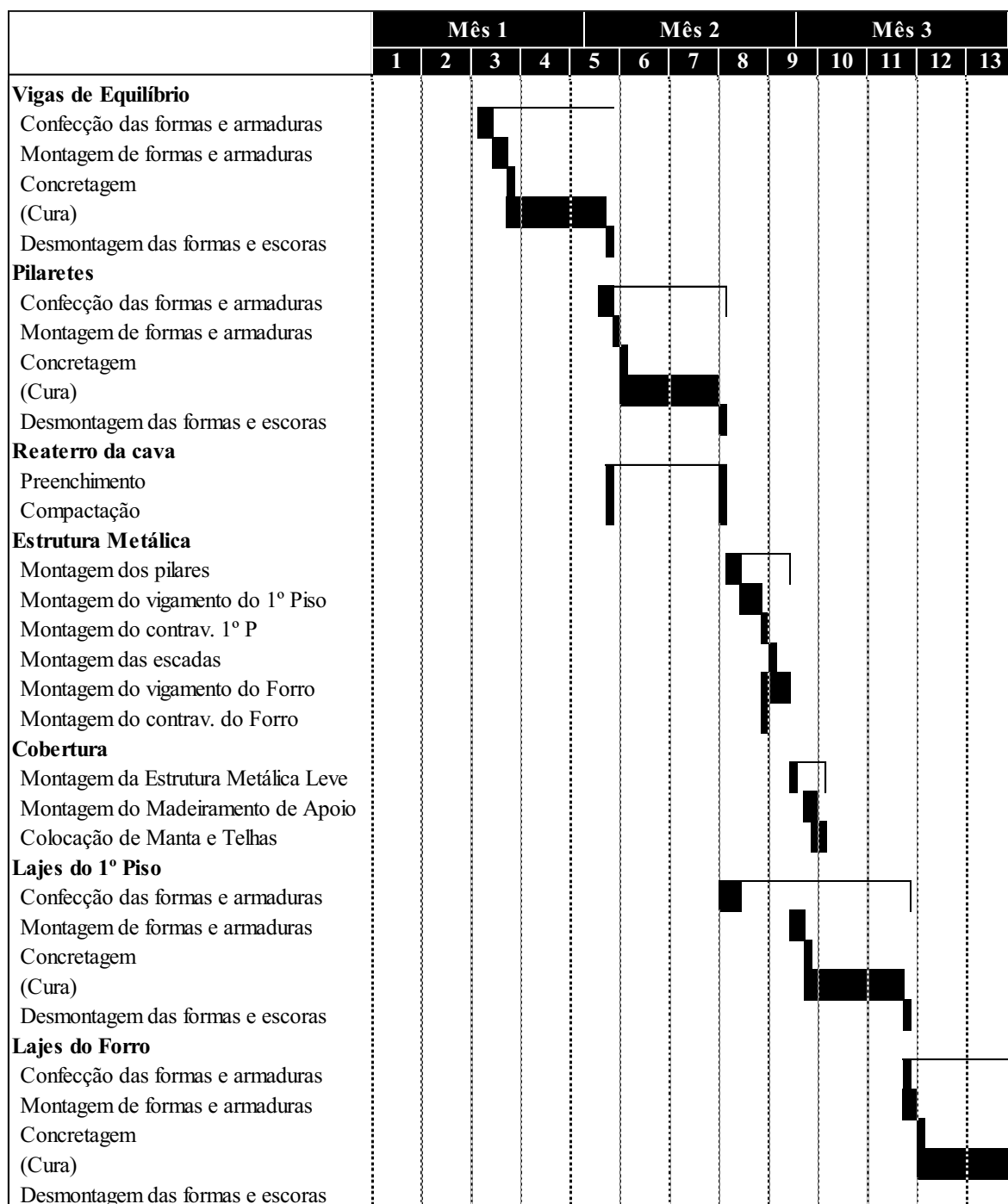


Figura 37: Cronograma preliminar de execução estrutural – alternativa em aço (continuação)

O prazo de construção relacionado às estruturas ficou em 19 semanas para a alternativa em concreto armado, contra 13 semanas para aquela em aço. Apesar da vantajosa redução de 32% no prazo de construção, a opção pelo aço não atingiu todo o seu potencial, visto que a

maior parte do tempo foi dispendido com os elementos que permaneceram de concreto moldado in loco, isto é, lajes e fundações.

Fossem todos os elementos industrializados e de colocação imediata, as alternativas poderiam ter uma agilidade ainda superior, fomentada ainda por viabilizar mais atividades em paralelo e a possibilidade de mobilização de mais montadores. A utilização de aditivos de cura ou pré-moldados em ambas as alternativas certamente abaixaria os prazos, mas favoreceria mais ainda a alternativa de aço, que apresenta componentes de montagem imediata, seca, leve e rápida.

5.3 Histogramas Preliminares de Mão de Obra Direta

Após uma análise das composições do Cype, percebeu-se que as produtividades da mão de obra estavam bastante altas (baixos valores de horas dentro dos unitários) e alguns insumos com consumo baixo ou excessivo, se afastando das observações do autor na prática. Preferiu-se, pois, reajustar as composições manualmente.

Para as estimativas de horas por composição, foram desenvolvidos histogramas de mão de obra direta a partir das equipes pré-definidas e dos prazos que subsidiaram a elaboração dos cronogramas exibidos na seção anterior. Os resultados por equipe encontram-se nas tabelas a seguir e referem-se a: carpintaria (confeção in loco das formas, montagem e desforma), armação (corte, dobra e amarrações das armaduras, além da montagem), concretagem (preparação e lançamento do concreto) e serviços gerais (supressão vegetal, escavações, reaterro, etc.).

Tabela 28: Histograma preliminar de mão de obra direta – alternativa em concreto.

Atividade	Carpintaria	Armação	Concretagem	Metálicas	Auxiliar	Subtotal
Supressão Vegetal	0 h	0 h	0 h	0 h	16 h	16 h
Remoção de vegetação e limpeza	0 h	0 h	0 h	0 h	8 h	8 h
Remoção mecanizada de solo orgânico	0 h	0 h	0 h	0 h	8 h	8 h
Preparação da cava	16 h	0 h	24 h	0 h	24 h	64 h
Escavação mecanizada	16 h	0 h	0 h	0 h	24 h	40 h
Concretagem de regularização	0 h	0 h	24 h	0 h		24 h
Sapatas	36 h	32 h	12 h	0 h	0 h	80 h
Confeção das formas e armaduras	16 h	24 h	0 h	0 h		40 h
Montagem de formas e armaduras	16 h	8 h	0 h	0 h		24 h
Concretagem	0 h	0 h	12 h	0 h		12 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h

Tabela 28: Histograma preliminar de mão de obra direta – alternativa em concreto
(continuação).

Atividade	Carpintaria	Armação	Concretagem	Metálicas	Auxiliar	Subtotal
Vigas de Equilíbrio	36 h	32 h	12 h	0 h	0 h	80 h
Confecção das formas e armaduras	16 h	24 h	0 h	0 h		40 h
Montagem de formas e armaduras	16 h	8 h	0 h	0 h		24 h
Concretagem	0 h	0 h	12 h	0 h		12 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h
Pilaretes	44 h	32 h	24 h	0 h	0 h	100 h
Confecção das formas e armaduras	24 h	24 h	0 h	0 h		48 h
Montagem de formas e armaduras	16 h	8 h	0 h	0 h		24 h
Concretagem	0 h	0 h	24 h	0 h		24 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h
Reaterro da cava	0 h	0 h	0 h	0 h	24 h	24 h
Preenchimento	0 h	0 h	0 h	0 h	16 h	16 h
Compactação	0 h	0 h	0 h	0 h	8 h	8 h
Pilares do 1º Piso	64 h	44 h	24 h	0 h	0 h	132 h
Confecção das formas e armaduras	28 h	28 h	0 h	0 h		56 h
Montagem de formas e armaduras	32 h	16 h	0 h	0 h		48 h
Concretagem	0 h	0 h	24 h	0 h		24 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h
Vigamento do 1º Piso	92 h	68 h	12 h	0 h	0 h	172 h
Confecção das formas e armaduras	48 h	48 h	0 h	0 h		96 h
Montagem de formas e armaduras	40 h	20 h	0 h	0 h		60 h
Concretagem	0 h	0 h	12 h	0 h		12 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h
Escadas	68 h	48 h	24 h	0 h	0 h	140 h
Confecção das formas e armaduras	32 h	32 h	0 h	0 h		64 h
Montagem de formas e armaduras	32 h	16 h	0 h	0 h		48 h
Concretagem	0 h	0 h	24 h	0 h		24 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h
Lajes do 1º Piso	60 h	44 h	12 h	0 h	0 h	116 h
Confecção das formas e armaduras	32 h	32 h	0 h	0 h		64 h
Montagem de formas e armaduras	24 h	12 h	0 h	0 h		36 h
Concretagem	0 h	0 h	12 h	0 h		12 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h
Pilares do Forro	64 h	44 h	24 h	0 h	0 h	132 h
Confecção das formas e armaduras	28 h	28 h	0 h	0 h		56 h
Montagem de formas e armaduras	32 h	16 h	0 h	0 h		48 h
Concretagem	0 h	0 h	24 h	0 h		24 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h

Tabela 28: Histograma preliminar de mão de obra direta – alternativa em concreto (continuação).

Atividade	Carpintaria	Armação	Concretagem	Metálicas	Auxiliar	Subtotal
Vigamento do Forro	62 h	68 h	12 h	0 h	0 h	142 h
Confecção das formas e armaduras	16 h	48 h	0 h	0 h		64 h
Montagem de formas e armaduras	40 h	20 h	0 h	0 h		60 h
Concretagem	0 h	0 h	12 h	0 h		12 h
Desmontagem das formas e escoras	6 h	0 h	0 h	0 h		6 h
Lajes do Forro	34 h	44 h	12 h	0 h	0 h	90 h
Confecção das formas e armaduras	4 h	32 h	0 h	0 h		36 h
Montagem de formas e armaduras	24 h	12 h	0 h	0 h		36 h
Concretagem	0 h	0 h	12 h	0 h		12 h
Desmontagem das formas e escoras	6 h	0 h	0 h	0 h		6 h
Pilares da Cumeeira	32 h	24 h	24 h	0 h	0 h	80 h
Confecção das formas e armaduras	12 h	16 h	0 h	0 h		28 h
Montagem de formas e armaduras	16 h	8 h	0 h	0 h		24 h
Concretagem	0 h	0 h	24 h	0 h		24 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h
Cobertura	60 h	0 h	0 h	24 h	0 h	84 h
Montagem da Estrutura Metálica Leve	0 h	0 h	0 h	24 h		24 h
Montagem do Madeiramento de Apoio	24 h	0 h	0 h	0 h		24 h
Colocação de Manta e Telhas	36 h	0 h	0 h	0 h		36 h
TOTAL						1452 h

Tabela 29: Histograma preliminar de mão de obra direta – alternativa em aço.

Atividades	Carpintaria	Armação	Concretagem	Metálicas	Auxiliar	Subtotal
Supressão Vegetal	0 h	0 h	0 h	0 h	16 h	16 h
Remoção de vegetação e limpeza	0 h	0 h	0 h	0 h	8 h	8 h
Remoção mecanizada de solo orgânico	0 h	0 h	0 h	0 h	8 h	8 h
Preparação da cava	16 h	0 h	24 h	0 h	24 h	64 h
Escavação mecanizada	16 h	0 h	0 h	0 h	24 h	40 h
Concretagem de regularização	0 h	0 h	24 h	0 h		24 h
Sapatas	36 h	32 h	12 h	0 h	0 h	80 h
Confecção das formas e armaduras	16 h	24 h	0 h	0 h		40 h
Montagem de formas e armaduras	16 h	8 h	0 h	0 h		24 h
Concretagem	0 h	0 h	12 h	0 h		12 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h
Vigas de Equilíbrio	36 h	32 h	12 h	0 h	0 h	80 h
Confecção das formas e armaduras	16 h	24 h	0 h	0 h		40 h
Montagem de formas e armaduras	16 h	8 h	0 h	0 h		24 h
Concretagem	0 h	0 h	12 h	0 h		12 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h

Tabela 29: Histograma preliminar de mão de obra direta – alternativa em aço
(continuação).

Atividades	Carpintaria	Armação	Concretagem	Metálicas	Auxiliar	Subtotal
Pilaretes	44 h	32 h	24 h	0 h	0 h	100 h
Confecção das formas e armaduras	24 h	24 h	0 h	0 h		48 h
Montagem de formas e armaduras	16 h	8 h	0 h	0 h		24 h
Concretagem	0 h	0 h	24 h	0 h		24 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h
Reaterro da cava	0 h	0 h	0 h	0 h	24 h	24 h
Preenchimento	0 h	0 h	0 h	0 h	16 h	16 h
Compactação	0 h	0 h	0 h	0 h	8 h	8 h
Estrutura Metálica	0 h	0 h	0 h	280 h	0 h	280 h
Montagem dos pilares	0 h	0 h	0 h	64 h		64 h
Montagem do vigamento do 1º Piso	0 h	0 h	0 h	96 h		96 h
Montagem do contrav. 1º P	0 h	0 h	0 h	4 h		4 h
Montagem das escadas	0 h	0 h	0 h	16 h		16 h
Montagem do vigamento do Forro	0 h	0 h	0 h	96 h		96 h
Montagem do contrav. do Forro	0 h	0 h	0 h	4 h		4 h
Cobertura	60 h	0 h	0 h	24 h	0 h	84 h
Montagem da Estrutura Metálica Leve	0 h	0 h	0 h	24 h		24 h
Montagem do Madeiramento de Apoio	24 h	0 h	0 h	0 h		24 h
Colocação de Manta e Telhas	36 h	0 h	0 h	0 h		36 h
Lajes do 1º Piso	80 h	60 h	24 h	0 h	0 h	164 h
Confecção das formas e armaduras	44 h	44 h	0 h	0 h		88 h
Montagem de formas e armaduras	32 h	16 h	0 h	0 h		48 h
Concretagem	0 h	0 h	24 h	0 h		24 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h
Lajes do Forro	32 h	12 h	24 h	0 h	0 h	68 h
Confecção das formas e armaduras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h
Montagem de formas e armaduras	24 h	12 h	0 h	0 h		36 h
Concretagem	0 h	0 h	24 h	0 h		24 h
Desmontagem das formas e escoras	4 h	0 h	0 h	0 h		4 h
TOTAL						960 h

As horas aqui listadas foram rateadas entre as composições conforme os quantitativos levantados.

Para as horas dos equipamentos alugados listados a seguir, foram considerados dias inteiros de aluguel conforme a duração de cada atividade nos cronogramas já apresentados, pois os fornecedores afirmaram não cobrar por mobilização ou empreitada mínima, apenas dias completos de serviço.

- Roçadeira;
- Motosserra;
- Compactadora;
- Betoneira;
- Retroescavadeira;
- Caminhão basculante;
- Caminhão munck / guindauto.

5.4 Custos Estimados

A partir das composições estruturadas, os insumos tiveram seus preços aferidos junto a fornecedores da região ou do Rio de Janeiro.

Diversos foram consultados, mas não mais de um fornecedor para cada item. Afinal, para uma resposta expedita e para fins não-executivos, a consulta a diversos estenderia muito o tempo dispendido sobre uma análise que deveria prezar pela agilidade. O autor recomenda que, assim como fazem diversas empresas, sejam criados e mantidos bancos de dados com cotações e datas, aliando a confiabilidade dos preços a uma maior rapidez no processo.

Os custos estimados encontram-se resumidamente nas tabelas a seguir. Mais detalhes das composições e seus insumos podem ser consultados no APÊNDICE 2.

Tabela 30: Custos estimados à execução da estrutura – alternativa em concreto.

1 Preparação do terreno	R\$ 5.250
1.1 Movimento de terras em edificação	R\$ 5.250
1.1.1 Supressão vegetal e limpeza	R\$ 694
1.1.2 Escavações	R\$ 3.494
1.1.3 Aterros	R\$ 1.062
2 Fundações	R\$ 13.534
2.1 Regularização	R\$ 687
2.1.1 Concreto magro	R\$ 687
2.2 Superficiais	R\$ 5.461
2.2.1 Sapatas	R\$ 5.461
2.3 Vigas de fundação	R\$ 4.274
2.3.1 Vigas de fundação	R\$ 4.274
2.4 Nivelamento	R\$ 3.111
2.4.1 Tramo curso de elemento de fundação	R\$ 3.111
3 Estruturas	R\$ 57.164
3.1 Metálicas	R\$ 10.768
3.1.1 Estruturas leves para coberturas	R\$ 10.768
3.2 Concreto armado	R\$ 46.396
3.2.1 Escadas	R\$ 3.294
3.2.2 Pilares	R\$ 10.702
3.2.3 Vigas	R\$ 15.182
3.2.4 Lajes maciças	R\$ 17.218
4 Coberturas	R\$ 10.499
4.1 Inclínadas	R\$ 10.499
4.1.1 Telhas	R\$ 10.499
TOTAL	R\$ 86.446

Tabela 31: Custos estimados à execução da estrutura – alternativa em aço.

1 Preparação do terreno	R\$ 5.255
1.1 Movimento de terras em edificação	R\$ 5.255
1.1.1 Supressão vegetal e limpeza	R\$ 694
1.1.2 Escavações	R\$ 3.494
1.1.3 Aterros	R\$ 1.067
2 Fundações	R\$ 12.778
2.1 Regularização	R\$ 655
2.1.1 Concreto magro	R\$ 655
2.2 Superficiais	R\$ 5.061
2.2.1 Sapatas	R\$ 5.061
2.3 Vigas de fundação	R\$ 4.323
2.3.1 Vigas de fundação	R\$ 4.323
2.4 Nivelamento	R\$ 2.739
2.4.1 Tramo curso de elemento de fundação	R\$ 2.739
3 Estruturas	R\$ 123.008
3.1 Metálicas	R\$ 100.466
3.1.1 Montagens industriais	R\$ 82.350
3.1.2 Escadas	R\$ 7.098
3.1.3 Estruturas leves para coberturas	R\$ 11.017
3.2 Concreto armado	R\$ 22.543
3.2.1 Lajes maciças	R\$ 22.543
4 Coberturas	R\$ 10.499
4.1 Inclínadas	R\$ 10.499
4.1.1 Telhas	R\$ 10.499
TOTAL	R\$ 151.540

5.5 Análise Qualitativa

Análise qualitativa pelo método Gerdau (Gerdau 2012) resultou conforme a seguir exposto:

Tabela 32: Análise qualitativa entre as alternativas de concreto e aço.

Itens	Características	Pesos	Notas	
			Aço	Concreto
1	Fundações	3	2	2
2	Tempo de construção	1	2	1
3	Tipo de ocupação	1	2	2
4	Disponibilidade e custo do material	2	2	3
5	Recursos do construtor	3	2	3

Tabela 32: Análise qualitativa entre as alternativas de concreto e aço (continuação).

Itens	Características	Pesos	Notas	
			Aço	Concreto
6	Local da obra e acessos	3	3	2
7	Possibilidade de adaptações e ampliações	3	3	2
8	Compatibilidade com sistemas complementares	1	3	2
9	Manutenção e reparos	3	3	2
10	Vãos livres e altura da edificação	2	2	2
11	Proteção	3	2	1
12	Durabilidade	3	2	3
13	Estética	3	3	2
14	Desperdício de material e mão de obra	2	3	1
15	Segurança do trabalhador	1	2	1
16	Custos financeiros	1	3	1
17	Adequação ambiental	1	3	1
18	Qualidade	1	3	1
19	Desempenho	1	2	2
20	Incômodos para as áreas próximas	3	1	3
Saldo:			2,4 / 3,0	2,0 / 3,0

Notas:

- 1 = Pior
- 2 = Neutro
- 3 = Melhor

Pesos:

- 1 = Menor importância
- 2 = Importante
- 3 = Maior importância

Comentários:

- Item 2: Neste caso específico, a solução em aço demora excessivamente pelas elementos de concreto (fundações, lajes). Se fossem substituídas por alternativas pré-moldadas, protendidas, etc., a diferença seria maior;

- Item 6: Concreto: Canteiro grande, armazenagem excessiva, betonagem e trabalhos barulhentos, período mais longo de incômodo da vizinhança, etc.;
- Item 9: O aço tem reparos/reforços mais simples, já o concreto é mais complicado;
- Item 11: Embora o aço seja mais "frágil" nesse aspecto, é o concreto que provoca custos maiores de proteção haja vista o elevado cobrimento;
- Item 12: Mitigado com o uso de galvanização;
- Item 13: Vigas e colunas de menores dimensões;
- Item 15: Obras residenciais tem baixo risco intrínseco, haja vista permitir prazo maior e compreender edificações baixas. Mas as estruturas de aço promovem menor movimentação de carga manualmente. O risco maior está no trabalho em altura durante a montagem de vigas;
- Item 17: Menor geração de resíduos.

Percebe-se, com isso, significativa vantagem em favor da solução em aço.

Esta análise poderia ter variação significativa com a utilização de outras tecnologias em associação, como *steel-deck* para lajes e forro e concretos com aditivos de secagem rápida. Porém, se aplicadas apenas à solução em aço, desbalanceariam em prazo e preço o comparativo, que tem o foco principal na superestrutura. Se aplicadas a ambas as alternativas, pouco adiantaria na comparação qualitativa.

5.6 Comentários

A produtividade dos programas ficou abaixo da expectativa do autor, pois devido a erros no *software* de cálculo bastante tempo foi gasto com a reparação do modelo ou reconstrução parcial, em especial dos itens que dependem de módulos separados.

Devido à necessidade de ajustes das composições de serviços obtidas diretamente do gerador automático de preços e à ausência de bancos de dados de preços locais atualizados por parte do autor, esta atividade também demonstrou ser extensa.

O autor passou por uma significativa curva de aprendizagem para a utilização de ambos os *softwares*, em especial os módulos (estruturas integradas, escadas), que são bastante diferentes e há opções não intuitivamente expostas.

Principalmente no dimensionamento de perfis metálicos no módulo base do CypeCAD, os cálculos de dimensionamento apresentam poucas informações dos resultados parciais de cálculo, tornando difícil sua conferência. Ressalva-se, porém, a inexperiência do autor com o uso do *software*.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram avaliadas ferramentas computacionais disponíveis no mercado e uma metodologia de levantamento de custos para estruturas, aplicando-as a um estudo de caso específico.

Uma edificação para fins residenciais foi dimensionada em aço e concreto armado, tendo sido seus quantitativos **estruturais** estimados.

Uma análise qualitativa foi aplicada, que resultou em favor da solução em aço por significativa vantagem.

Cronogramas preliminares foram gerados, permitiram uma estimativa do prazo dos serviços relacionados à estrutura, de especial representatividade por geralmente fazerem parte do caminho crítico de uma construção. Além disso, foram também aproveitados para a elaboração de histogramas de mão de obra direta, uma vez que o custo desta é bastante sensível às produtividades. Estes cronogramas e histogramas foram discutidos com um empreiteiro e outros profissionais liberais para a definição dos parâmetros parciais.

O prazo de construção relacionado às estruturas ficou em 19 semanas para a alternativa em concreto armado, contra 13 semanas para aquela em aço. Apesar da vantajosa redução de 32% no prazo de construção, a opção pelo aço não atingiu todo o seu potencial, visto que a maior parte do tempo foi dispendido com os elementos que permaneceram de concreto moldado in loco, isto é, lajes e fundações. A utilização de aditivos de cura ou pré-moldados

em ambas as alternativas certamente abaixaria os prazos, mas favoreceria mais ainda a alternativa de aço, que apresenta componentes de montagem seca, leve e rápida.

Com as estimativas de custos para ambas as alternativas estruturais foi possível perceber o quanto mais caro, para este caso específico, uma solução em aço sairia sem consideráveis modificações conceituais ao projeto. A superestrutura ficou 115% mais cara, enquanto as fundações ficaram apenas 5,6% mais baratas. O total para as atividades avaliadas ficou em 75% de acréscimo sobre a referência de concreto armado.

A produtividade do trabalho com os programas ficou aquém do esperado, devido a erros no *software* de cálculo, a inadequação de composições de serviços do gerador automático de preços e à necessidade de levantar informações junto a outros profissionais e fornecedores. É da opinião do autor que tal processo pode ser aprimorado com planilhas de interpretação e processamento dos relatórios e saídas do CypeCAD, bem como um banco de dados de composições deve ser construído, para que se possa agilizar o trabalho de avaliação comparativa com estimativas de custos.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliação do impacto no custo estrutural com o uso de *stud bolts* e caracterização das como estruturas mistas, com as lajes em colaboração com os perfis metálicos;
- Reestudo do caso com a redistribuição e redução do número de pilares e o aumento do número de vigas, numa tentativa de redução de peso estrutural;
- Utilização de outros sistemas industrializados para lajes e fechamentos a fim de avaliar os ganhos de prazo e a variação correspondente no custo estrutural;
- Orçamentação da obra completa, incluindo todos os quantitativos de arquitetura e identificação da representatividade do custo estrutural no global.

8 REFERÊNCIAS

As referências listadas a seguir estão mencionadas ou foram utilizadas no processo de elaboração deste trabalho:

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Manual da construção industrializada: Conceitos e Etapas. Volume 1: Estrutura e Vedação.** ABDI, 2015. Disponível em :< www.abdi.com.br>. Acesso em: 16 de dezembro, 2015.

ALVES, G.S.; ARAÚJO, N. M. C. **Composições de custos unitários: tempo x apropriação in loco.** (NÃO SEI ONDE FOI PUBLICADO!!!)

ALUGUETEMPORADA. **Casa com 05 Suítes, Espaço Gourmet, Piscina, Acesso Direto à Praia do Lord.** Disponível em: < https://res.cloudinary.com/homify/a_0,c_limit,h_1024,q_70,w_1024/v1439001987/p/photo/image/451798/P_E_702-622-E_copy-ALTA.jpg>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

ARMSTRONG, T. **An overview of global cement sector trends** : Insights from the Global Cement Report 10 th Edition. In: XXX Technical Congress FICEM-APCAC, 2013, Peru.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto: Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 6120: **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.** Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 6122: **Projeto e execução de fundações.** Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 6123: **Forças devidas ao vento em edificações.** Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 13531: **Elaboração de projetos de edificações: Atividades técnicas.** Rio de Janeiro, 1995.

AUTODESK. Disponível em: < <http://www.autodesk.com.br>>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

BELLEI, I.H.; PINHO, F.O.; PINHO, M.O . **Edifícios de múltiplos andares em aço.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2008.

CLOUDINARY. Cloud Image Service, Upload, Storage & CDN. Disponível em: <https://res.cloudinary.com/homify/a_0,c_limit,h_1024,q_70,w_1024/v1439001987/p/photo/image/451798/P_E_702-622-E_copy-ALTA.jpg>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

CELESTE, A.P. **Análise de lajes retangulares à flexão considerando o acréscimo de armadura devido aos momentos volventes**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.

CYPE. Disponível em: <<http://www.cype.pt/>>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira**. 4. ed. São Paulo: Pini, 2004.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Preliminar Estatístico**, Número 009, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores IBGE: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil: SINAPI**: Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **SINAPI: custo de composições**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **SINAPI: metodologias e conceitos**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **SINAPI: preços de insumos**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA DA FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (IBRE-FGV). **IGMI-C**. Disponível em: <<http://portalibre.fgv.br>>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

ITO, M. L. **Estruturas metálicas: estudo de viabilidade em edifícios comerciais**. São Paulo, 2005. Disponível em : < engenharia.anhembibr/tcc-05/civil-21.pdf>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

MORAES, F.R.G. **Contribuição ao estudo da concepção de projetos de capital em mega empreendimentos**. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

MORAES, J. C. P. **Estudo comparativo das configurações e resultados entre os programas cypecad e eberick para dimensionamento de estrutura em concreto armado**: Quais as fundamentais ações que dependem diretamente do profissional para que este tenha o melhor resultado em termos de economia e viabilidade técnica. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <www.academia.edu>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

PARSEKIAN, G.A. **Cálculo e armação de lajes de concreto armado com a consideração do momento volvente**. São Carlos, 1996. Disponível em: < http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1996ME_GuilhermeArisParsekian.pdf>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

PEDROSA, B.V. **Análise comparativa entre softwares comerciais no cálculo e detalhamento de um edifício com laje nervurada**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005884.pdf>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

PINHO, F.O. **Quando construir em aço?** Revista Engenharia, 593. ed, 2009.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)**. Atlanta, 2013.

RUTKOWSKI, E. S. **Front-End Loading** : Aplicação do Processo ‘Front-End Loading (FEL)’ no Gerenciamento de Projetos. (NÃO SEI ONDE FOI PUBLICADO!!!)

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS (SINDUSCON-MG). **Principais normas técnicas**: edificações. 4.ed. Belo Horizonte, 2015.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). **Relatório anual 2013**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em :
<<http://www.snic.org.br/pdf/RelatorioAnual2013final.pdf>>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

SOUZA, M.R.; VARGAS, A. **Análise comparativa entre dois softwares comerciais para dimensionamento de estruturas em concreto armado**. Crisciúma, 2014. Disponível em : <repositorio.unesc.net/handle/1/2987>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

SOUZA, U.E.L. **Como reduzir perdas nos canteiros**: Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005.

TOZZI, A.R; GALLEGO C.E.C.; TOZZI, R.F. **Sistemas Construtivos nos Empreendimentos Imobiliários**. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2012. Disponível em :<www.iesde.com.br>. Acesso em: 16 de dezembro, 2015.

TRAJANO, E.S. **Comparação entre programas computacionais para a análise de uma estrutura e verificação dos resultados de acordo com a NBR 6118:2003**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em :
<monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007046.pdf>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

VERGUTZ, J.A.; CUSTODIO, R. **Análise comparativa de resultados obtidos em softwares de dimensionamento de estruturas em concreto**. Curitiba, 2010. Disponível em : <www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/3/31/Tfc_2010_juliano_ricardo.pdf>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

WORLD STEEL ASSOCIATION **World Steel in Figures**, 2015. Disponível em :
<<https://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/bookshop/2015/World-Steel-in-Figures-2015/document/World%20Steel%20in%20Figures%202015.pdf>>. Acesso em 16 de dezembro, 2015.

ANEXO 1

CUB para o estado do Rio de Janeiro, dezembro de 2015:

VALORES EM R\$/m²

PROJETOS - PADRÃO RESIDENCIAIS

PADRÃO BAIXO		PADRÃO NORMAL		PADRÃO ALTO	
R-1	1.336,73	R-1	1.581,15	R-1	1.936,44
PP-4	1.219,10	PP-4	1.493,19	R-8	1.547,25
R-8	1.158,65	R-8	1.294,48	R-16	1.647,66
PIS	895,41	R-16	1.253,30		

PROJETOS - PADRÃO COMERCIAIS CAL (Comercial Andares Livres) e CSL (Comercial Salas e Lojas)

PADRÃO NORMAL		PADRÃO ALTO	
CAL-8	1.510,97	CAL-8	1.615,14
CSL-8	1.288,09	CSL-8	1.394,30
CSL-16	1.712,43	CSL-16	1.852,07

PROJETOS - PADRÃO GALPÃO INDUSTRIAL (GI) E RESIDÊNCIA POPULAR (RP1Q)

RP1Q	1.376,52
GI	727,34

ANEXO 2

Mediana de preços, CUB/RJ, dezembro de 2015:

Item	Lote básico (por m ² de construção)	Un	Mediana (R\$)
Materiais			
1	Chapa compensado plastificado 18 mm 2,20 x 1,10 m	m ²	38,80
2	Aço CA-50 ø 10 mm	kg	3,60
3	Concreto fck=25 MPa abatimento 5±1cm,.br. 1 e 2 pré-dosado	m ³	282,00
4	Cimento CP-32 II	kg	0,43
5	Areia média	m ³	75,30
6	Brita n° 02	m ³	97,06
7	Bloco cerâmico para alvenaria de vedação 9 cm x 19 cm x 19 cm	un	0,57
8	Bloco de concreto sem função estrutural 19 x 19 x 39 cm	un	2,26
9	Telha fibrocimento ondulada 6 mm 2,44 x 1,10 m	m ²	20,28
10	Porta interna semi-oca para pintura 0,60 x 2,10 m	un	87,50
11	Esquadria de correr tamanho 2,00 x 1,40 m, em 4 folhas (2 de correr), sem básculas, em alumínio anodizado cor natural, perfis da linha 25	m ²	499,13
12	Janela de correr tamanho 1,20 m x 1,20 m em 2 folhas, em perfil de chapa de ferro dobrada n° 20, com tratamento em fundo anticorrosivo	m ²	403,00
13	Fechadura para porta interna, tráfego moderado, tipo IV (55 mm), em ferro, acabamento cromado	un	64,17
14	Placa cerâmica (azulejo) de dimensão ~30 cm x 40 cm, PEI II, cor clara, imitando pedras naturais	m ²	19,61
15	Bancada de pia de mármore branco 2,00 m x 0,60 x 0,02 m	un	280,00
16	Placa de gesso liso 0,60 x 0,60 m	m ²	16,77
17	Vdrio liso transparente 4 mm colocado com massa	m ²	60,80
18	Tinta látex PVA	l	9,57
19	Emulsão asfáltica impermeabilizante	kg	9,80
20	Fio de cobre antichama, isolamento 750 V, # 2,5 mm ²	m	0,90
21	Disjuntor tripolar 70 A	un	62,00
22	Bacia sanitária branca com caixa acoplada	un	241,00
23	Registro de pressão cromado ø 1/2"	un	33,90
24	Tubo de ferro galvanizado com costura ø 2 1/2"	m	44,83
25	Tubo de PVC-R rígido reforçado para esgoto ø 150 mm	m	28,85
Mão de Obra			
26	Pedreiro	h c/e	19,51
27	Servente	h c/e	14,13

Despesas Administrativas

28	Engenheiro	h	56,80
----	------------	---	-------

Equipamentos

29	Locação de betoneira 320 l	dia	9,15
----	----------------------------	-----	------

APÊNDICE 1

Anteprojeto arquitetônico:

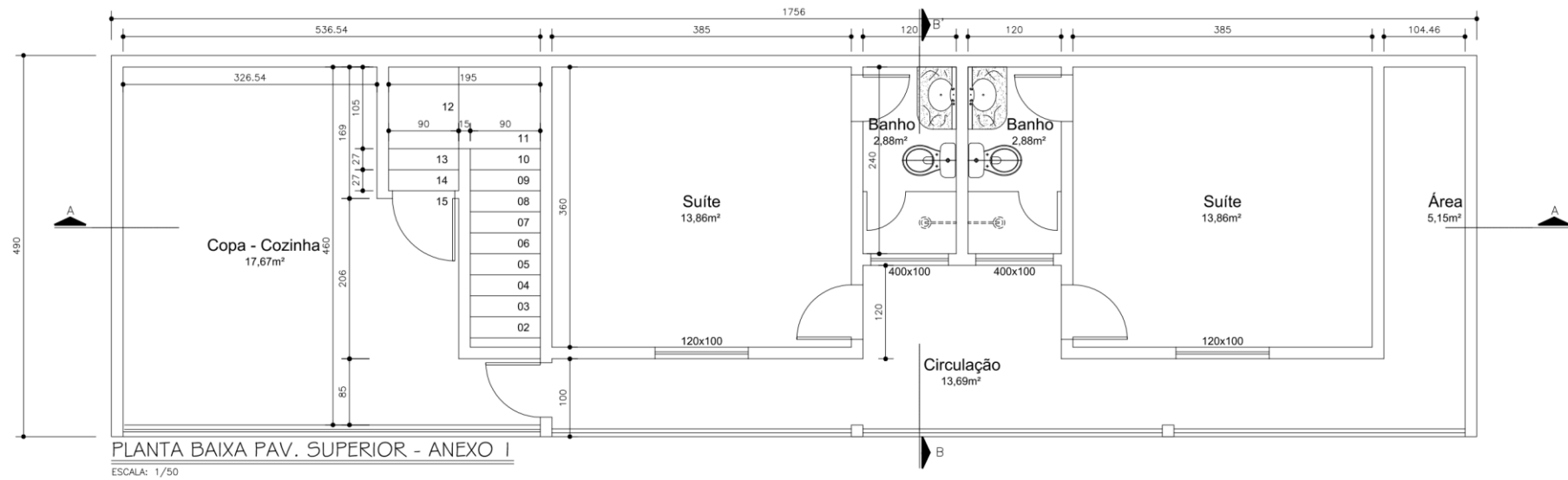


Figura A1: Planta baixa do 1º Piso do anteprojeto arquitetônico.

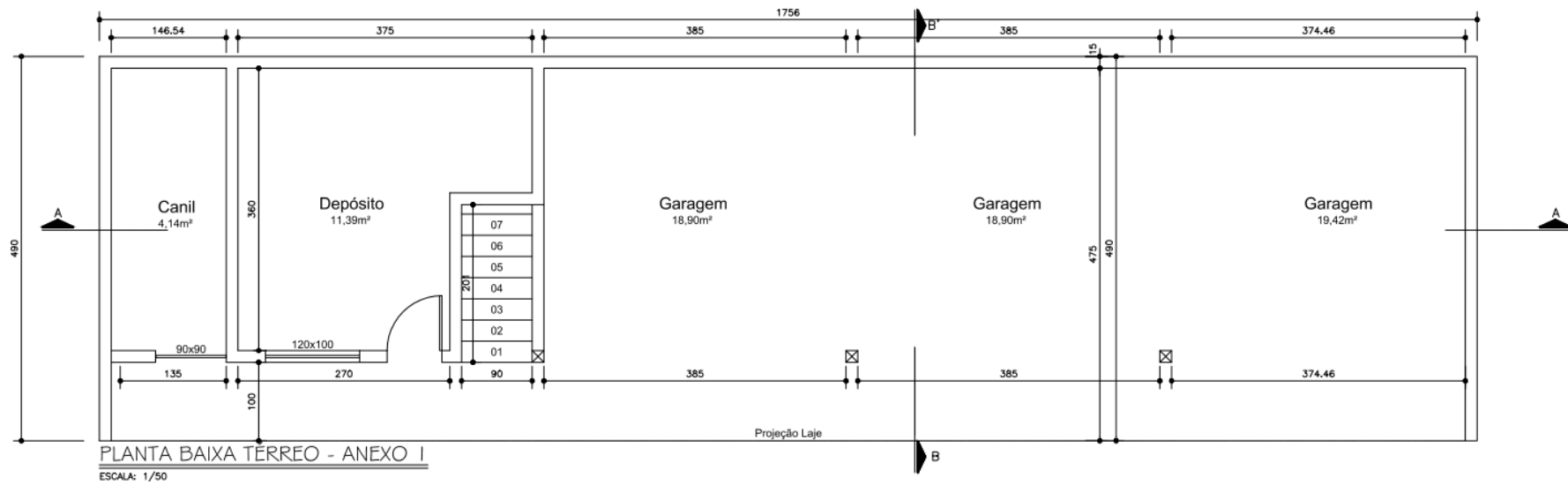


Figura A2: Planta baixa do Térreo do anteprojeto arquitetônico.

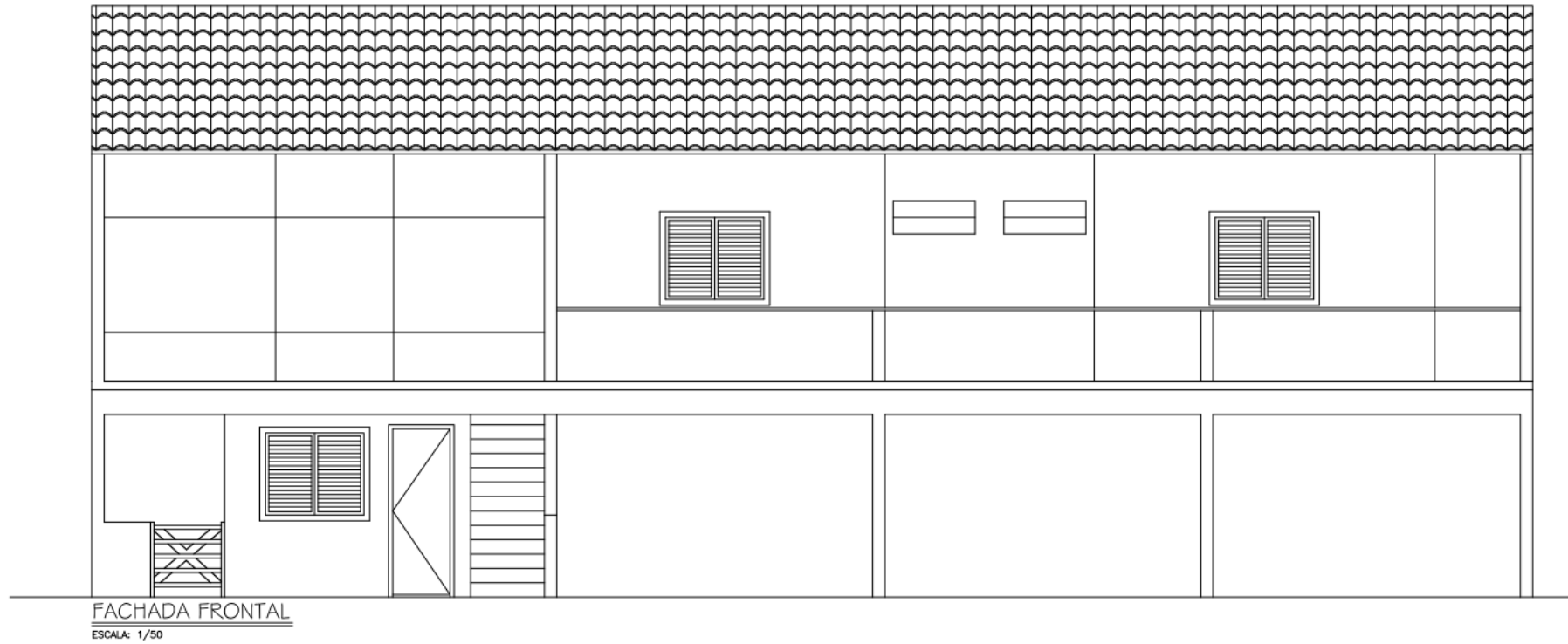


Figura A3: Planta baixa do 1º Piso do anteprojeto arquitetônico.

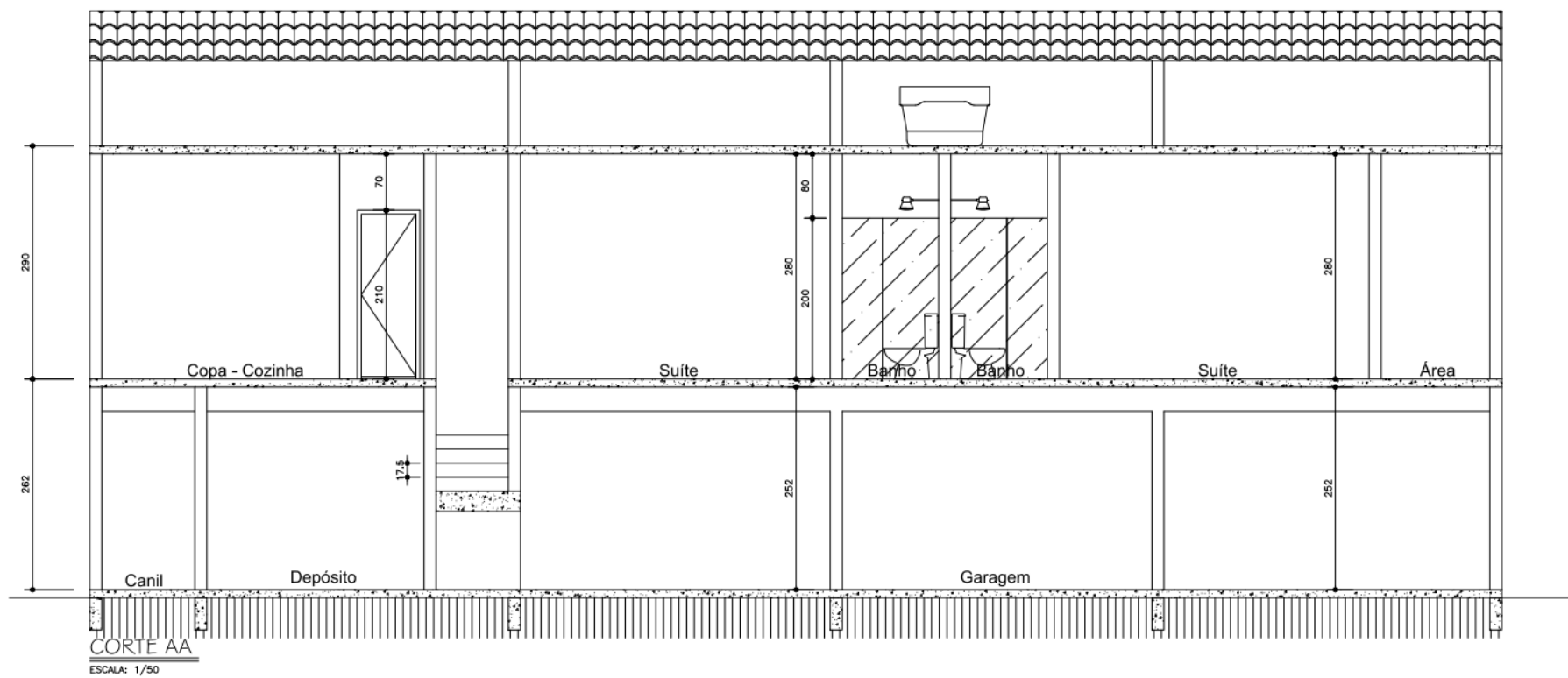


Figura A4: Corte longitudinal A-A do anteprojeto arquitetônico.

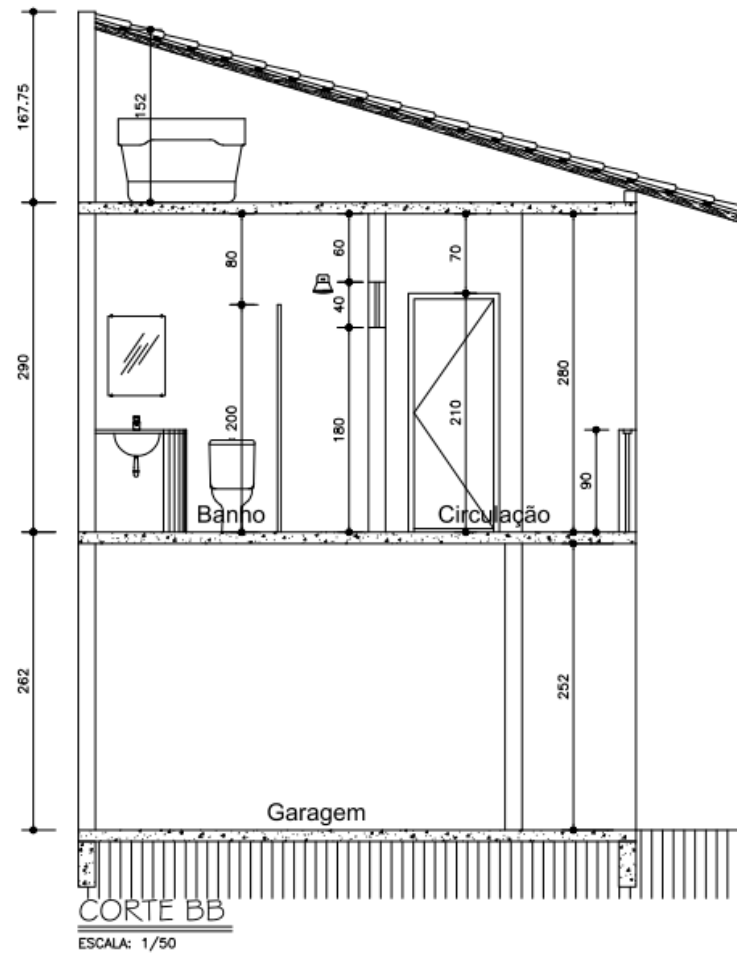


Figura A5: Corte transversal B-B do anteprojeto arquitetônico.

APÊNDICE 2



Apendice2.pdf

Quadro de preços MODELO CONCRETO 01

• Preparação do terreno •

A Preparação do terreno

AD Movimento de terras em edificação

ADL Supressão vegetal e limpeza

ADL010	m²	Supressão vegetal e limpeza do terreno com arbustos, até uma profundidade mínima de 25 cm, com meios manuais, remoção e empilhamento dos materiais.			5,28
	mq09sie010	0,063 h	Motoserra.	10,00	0,63
	mq09bro010	0,063 h	Roçadora.	6,25	0,39
	mq01ret020b	0,032 h	Retroescavadeira.	11,25	0,36
	mq04cab010a	0,032 h	Caminhão basculante.	70,00	2,24
	mol11	0,125 h	Auxiliar de serviços gerais.	12,50	1,56
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	5,18	0,10

ADE Escavações

ADE010c	m³	Escavação de cavas para fundações, com meios mecânicos, escoramento, contenção, remoção dos materiais escavados e carregamento em caminhão.			16,96
	mt08emt020	0,300 m ²	Escoramento e contenção de cavas através de pranchões, travessas e escoras de madeira.	30,00	9,00
	mq01ret020b	0,060 h	Retroescavadeira.	11,25	0,68
	mq04cab010a	0,060 h	Caminhão basculante.	70,00	4,20
	mol11	0,120 h	Auxiliar de serviços gerais.	12,50	1,50
	mo043	0,040 h	Carpinteiro.	18,75	0,75
	mo089	0,040 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	0,50
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	16,63	0,33

ADR Aterros

ADR010	m³	Enchimento cavas de fundações, com terra da própria escavação, e compactação a 95% do Proctor Modificado com compactador manual.			4,62
	mq02rop020	0,036 h	Compactador manual.	6,91	0,25
	mq01ret020b	0,036 h	Retroescavadeira.	11,25	0,41
	mq04cab010a	0,036 h	Caminhão basculante.	70,00	2,52
	mol11	0,108 h	Auxiliar de serviços gerais.	12,50	1,35
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	4,53	0,09

• Fundações •

C Fundações

CR Regularização

CRL Concreto magro

CRL010	m²	Lastro de concreto simples C10, britas 0 e 1, preparado em obra e concretagem manual, 5 cm de espessura.			27,54
	mt08aaa010a	0,010 m ³	Água.	8,67	0,09
	mt01arg002	0,016 m ³	Areia média lavada.	110,00	1,76
	mt01arg003	0,006 m ³	Pedra britada tipo 0.	93,00	0,56
	mt01arg004	0,013 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	1,16
	mt08cem002	15,000 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51	7,65
	mq06hor010	0,330 h	Betoneira.	1,55	0,51
	mo044	0,330 h	Pedreiro	21,25	7,01
	mol10	0,661 h	Servente de pedreiro.	12,50	8,26
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	27,00	0,54

C Fundações

CS Superficiais

CSZ Sapatas

CSZ020	m²	Montagem de sistema de escoramento e fôrmas recuperáveis de madeira, para sapata.			48,50
	mt08eve010b	3,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira.	4,00	12,00
	mt08ebr010	1,100 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	13,20
	mt08var050	0,050 kg	Arame galvanizado.	12,00	0,60
	mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
	mo043	0,672 h	Carpinteiro.	18,75	12,60
	mo089	0,672 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	8,40
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	47,55	0,95
CSZ060	m³	Sapata de concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 37,2 kg/m³.			523,26
	mt07aco020a	5,000 Un	Espaçadores para fundações.	0,40	2,00
	mt07aco070f	37,224 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	148,90
	mt08aaa010a	0,200 m ³	Água.	8,67	1,73
	mt01arg002	0,288 m ³	Areia média lavada.	110,00	31,68
	mt01arg004	0,197 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	17,53
	mt01arg005	0,197 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	16,55

mt08cem003	351,000 kg	Cimento resistente a sulfatos, em sacos.	0,53	186,03
mt08adt010	5,250 kg	Aditivo hidrófugo para impermeabilização de concretos.	2,47	12,97
mq06hor010	0,523 h	Betoneira.	1,55	0,81
mo041	2,092 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	44,46
mo087	2,092 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	26,15
mo044	0,523 h	Pedreiro	21,25	11,11
mo110	1,046 h	Servente de pedreiro.	12,50	13,08
%	2,000 %	Custos diretos complementares	513,00	10,26

C Fundações

CA Vigas de fundação

CAV Vigas de fundação

CAV020	m²	Montagem de sistema de escoramento e fôrmas recuperáveis de madeira para viga de equilíbrio.		54,75
mt08var050	0,050 kg	Arame galvanizado.	12,00	0,60
mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
mt08eve010b	3,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira.	4,00	12,00
mt08ebr010	1,100 m²	Chapas de madeira compensada.	12,00	13,20
mo043	0,868 h	Carpinteiro.	18,75	16,28
mo089	0,868 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	10,85
%	2,000 %	Custos diretos complementares	53,68	1,07
CAV060	m³	Viga de equilíbrio de concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 153,0 kg/m³, com aditivo hidrófugo.		1.196,06
mt07aco020a	10,000 Un	Espaçadores para fundações.	0,40	4,00
mt07aco070f	152,992 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	611,97
mt08aaa010a	0,200 m³	Água.	8,67	1,73
mt01arg002	0,288 m³	Areia média lavada.	110,00	31,68
mt01arg004	0,197 m³	Pedra britada tipo 1.	89,00	17,53
mt01arg005	0,197 m³	Pedra britada tipo 2.	84,00	16,55
mt08cem003	351,000 kg	Cimento resistente a sulfatos, em sacos.	0,53	186,03
mt08adt010	5,250 kg	Aditivo hidrófugo para impermeabilização de concretos.	2,47	12,97
mq06hor010	1,587 h	Betoneira.	1,55	2,46
mo041	6,349 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	134,92
mo087	6,349 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	79,36
mo044	1,587 h	Pedreiro	21,25	33,72
mo110	3,175 h	Servente de pedreiro.	12,50	39,69

	%	2,000 %	Custos diretos complementares	1.172,61	23,45
C Fundações					
CN Nivelamento					
CNE Tramo curso de elemento de fundação					
CNE010	m³		Pilarete de fundação de concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 172,6 kg/m³, com aditivo hidrófugo.		2.673,25
mt08aaa010a		0,200 m ³	Água.	8,67	1,73
mt07aco020b		20,000 Un	Espaçadores para pilares.	0,40	8,00
mt07aco070f		172,566 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	690,26
mt01arg002		0,288 m ³	Areia média lavada.	110,00	31,68
mt01arg004		0,197 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	17,53
mt01arg005		0,197 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	16,55
mt08adt010		5,250 kg	Aditivo hidrófugo para impermeabilização de concretos.	2,47	12,97
mt08cem003		351,000 kg	Cimento resistente a sulfatos, em sacos.	0,53	186,03
mt08eve010		40,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00	160,00
mt08ebr010		5,500 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	66,00
mt08var050		0,200 kg	Arame galvanizado.	12,00	2,40
mt08var060		0,200 kg	Pregos de aço.	15,00	3,00
mq06hor010		7,080 h	Betoneira.	1,55	10,97
mo041		14,159 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	300,88
mo087		14,159 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	176,99
mo044		7,080 h	Pedreiro	21,25	150,45
mo110		14,159 h	Servente de pedreiro.	12,50	176,99
mo043		19,469 h	Carpinteiro.	18,75	365,04
mo089		19,469 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	243,36
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	2.620,83	52,42

• Estruturas •

E Estruturas

EA Metálicas

EAT Estruturas leves para coberturas

EAT020	m²	Estrutura metálica leve autoportante, sobre espaço habitável formada por aço ZAR345, em perfis dobrados a frio ZAR345, acabamento galvanizado, com uma quantidade de aço de 11,4 kg/m².			100,90
mt07ali000a	11,443 kg	Aço ZAR345, em perfis dobrados a frio, segundo ASTM ZAR345, acabamento galvanizado, inclusive parte proporcional de acessórios, parafusos e elementos de ancoragem.	8,00		91,54
mo046	0,077 h	Oficial de 1ª montador de estrutura metálica.	12,00		0,92
mo092	0,154 h	Ajudante de montador de estrutura metálica.	9,00		1,39
mq08sol021	0,039 h	Caminhão Munck para içamento de perfis.	130,00		5,07
%	2,000 %	Custos diretos complementares	98,92		1,98

E Estruturas

EH Concreto armado

EHE Escadas

EHE060	m²	Laje de escada de concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 16,9 kg/m², incluindo escoramento e formas recuperáveis de madeira.			581,43
mt08eve010	3,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00		12,00
mt08ebr010	2,200 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00		26,40
mt07aco020f	5,000 Un	Espaçadores para lajes de escada.	0,40		2,00
mt07aco070f	16,909 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00		67,64
mt08aaa010a	0,040 m ³	Água.	8,67		0,35
mt01arg002	0,058 m ³	Areia média lavada.	110,00		6,38
mt01arg004	0,039 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00		3,47
mt01arg005	0,039 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00		3,28
mt08cem002	70,200 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51		35,80
mt08var050	0,100 kg	Arame galvanizado.	12,00		1,20
mt08var060	0,100 kg	Pregos de aço.	15,00		1,50
mq06hor010	1,454 h	Betoneira.	1,55		2,25
mo041	4,364 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25		92,74
mo087	4,364 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50		54,55
mo044	1,455 h	Pedreiro	21,25		30,92
mol10	2,909 h	Servente de pedreiro.	12,50		36,36

mo043	6,182 h	Carpinteiro.	18,75	115,91
mo089	6,182 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	77,28
%	2,000 %	Custos diretos complementares	570,03	11,40

EHS Pilares

EHS050	m³	Pilar de seção retangular ou quadrada de concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 158,5 kg/m², incluindo escoramento e formas recuperáveis de madeira.		2.677,95
mt08eve010	60,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00	240,00
mt08ebr010	5,500 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	66,00
mt07aco020b	20,000 Un	Espaçadores para pilares.	0,40	8,00
mt07aco070f	158,505 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	634,02
mt08aaa010a	0,200 m ³	Água.	8,67	1,73
mt01arg002	0,288 m ³	Areia média lavada.	110,00	31,68
mt01arg004	0,197 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	17,53
mt01arg005	0,197 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	16,55
mt08cem002	351,000 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51	179,01
mt08var050	0,200 kg	Arame galvanizado.	12,00	2,40
mt08var060	0,200 kg	Pregos de aço.	15,00	3,00
mq06hor010	5,145 h	Betoneira.	1,55	7,97
mo041	14,433 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	306,70
mo087	14,433 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	180,41
mo044	6,186 h	Pedreiro	21,25	131,45
mo110	12,371 h	Servente de pedreiro.	12,50	154,64
mo043	20,619 h	Carpinteiro.	18,75	386,61
mo089	20,619 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	257,74
%	2,000 %	Custos diretos complementares	2.625,44	52,51

EHV Vigas

EHV060	m³	Viga de concreto armado, realizada com concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 61,9 kg/m², incluindo escoramento e formas recuperáveis de madeira.		1.036,53
mt08eve010	2,483 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00	9,93
mt08ebr010	9,475 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	113,70
mt08eve011	1,000 m	Mourões de madeira, reutilizados uma vez.	3,00	3,00
mt08var050	0,200 kg	Arame galvanizado.	12,00	2,40
mt08var060	0,200 kg	Pregos de aço.	15,00	3,00
mt07aco020c	20,000 Un	Espaçadores para vigas.	0,40	8,00

mt07aco070f	61,880 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	247,52
mt08aaa010a	0,200 m ³	Água.	8,67	1,73
mt01arg002	0,288 m ³	Areia média lavada.	110,00	31,68
mt01arg004	0,197 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	17,53
mt01arg005	0,197 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	16,55
mt08cem002	351,000 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51	179,01
mq06hor010	0,563 h	Betoneira.	1,55	0,87
mo110	1,203 h	Servente de pedreiro.	12,50	15,04
mo041	5,113 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	108,65
mo044	0,602 h	Pedreiro	21,25	12,79
mo087	5,113 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	63,91
mo043	5,789 h	Carpinteiro.	18,75	108,54
mo089	5,789 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	72,36
%	2,000 %	Custos diretos complementares	1.016,21	20,32

EHL Lajes maciças

EHL060	m²	Laje maciça de concreto armado, horizontal, altura 13 cm, realizada com concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 6,0 kg/m², incluindo escoramento e formas recuperáveis de madeira.		118,03
mt08eve010	2,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00	8,00
mt08ebr010	1,100 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	13,20
mt08eve011	3,500 m	Mourões de madeira, reutilizados uma vez.	3,00	10,50
mt07aco020i	5,000 Un	Espaçadores para lajes maciças.	0,40	2,00
mt07aco070f	6,036 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	24,14
mt08aaa010a	0,026 m ³	Água.	8,67	0,23
mt01arg002	0,037 m ³	Areia média lavada.	110,00	4,07
mt01arg004	0,026 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	2,31
mt01arg005	0,026 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	2,18
mt08cem002	45,600 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51	23,26
mt08var050	0,050 kg	Arame galvanizado.	12,00	0,60
mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
mq06hor010	0,059 h	Betoneira.	1,55	0,09
mo041	0,323 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	6,86
mo087	0,323 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	4,04
mo044	0,059 h	Pedreiro	21,25	1,25

	mo110	0,117 h	Servente de pedreiro.	12,50	1,46
	mo043	0,345 h	Carpinteiro.	18,75	6,47
	mo089	0,345 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	4,31
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	115,72	2,31
EHL060b	m²	Laje maciça de concreto armado, horizontal, altura 15 cm, concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 6,0 kg/m², incluindo escoramento e formas recuperáveis de madeira.			123,09
	mt08eve010	2,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00	8,00
	mt08ebr010	1,100 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	13,20
	mt08eve011	3,500 m	Mourões de madeira, reutilizados uma vez.	3,00	10,50
	mt07aco020i	5,000 Un	Espaçadores para lajes maciças.	0,40	2,00
	mt07aco070f	6,036 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	24,14
	mt08aaa010a	0,030 m ³	Água.	8,67	0,26
	mt01arg002	0,043 m ³	Areia média lavada.	110,00	4,73
	mt01arg004	0,030 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	2,67
	mt01arg005	0,030 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	2,52
	mt08cem002	52,600 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51	26,83
	mt08var050	0,050 kg	Arame galvanizado.	12,00	0,60
	mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
	mq06hor010	0,059 h	Betoneira.	1,55	0,09
	mo041	0,323 h	Oficial de 1 ^a de estruturas de concreto armado.	21,25	6,86
	mo087	0,323 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	4,04
	mo044	0,059 h	Pedreiro	21,25	1,25
	mo110	0,117 h	Servente de pedreiro.	12,50	1,46
	mo043	0,345 h	Carpinteiro.	18,75	6,47
	mo089	0,345 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	4,31
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	120,68	2,41
EHL060c	m²	Laje maciça de concreto armado, horizontal, altura 14 cm, concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 6,0 kg/m², incluindo escoramento e formas recuperáveis de madeira.			120,55
	mt08eve010	2,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00	8,00
	mt08ebr010	1,100 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	13,20
	mt08eve011	3,500 m	Mourões de madeira, reutilizados uma vez.	3,00	10,50
	mt07aco020i	5,000 Un	Espaçadores para lajes maciças.	0,40	2,00
	mt07aco070f	6,036 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	24,14

	mt08aaa010a	0,028 m ³	Água.	8,67	0,24
	mt01arg002	0,040 m ³	Areia média lavada.	110,00	4,40
	mt01arg004	0,028 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	2,49
	mt01arg005	0,028 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	2,35
	mt08cem002	49,100 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51	25,04
	mt08var050	0,050 kg	Arame galvanizado.	12,00	0,60
	mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
	mq06hor010	0,059 h	Betoneira.	1,55	0,09
	mo041	0,323 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	6,86
	mo087	0,323 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	4,04
	mo044	0,059 h	Pedreiro	21,25	1,25
	mo110	0,117 h	Servente de pedreiro.	12,50	1,46
	mo043	0,345 h	Carpinteiro.	18,75	6,47
	mo089	0,345 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	4,31
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	118,19	2,36
EHL060d	m²	Laje maciça de concreto armado, horizontal, altura 17 cm, concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 6,0 kg/m², incluindo escoramento e formas recuperáveis de madeira.			128,15
	mt08eve010	2,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00	8,00
	mt08ebr010	1,100 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	13,20
	mt08eve011	3,500 m	Mourões de madeira, reutilizados uma vez.	3,00	10,50
	mt07aco020i	5,000 Un	Espaçadores para lajes maciças.	0,40	2,00
	mt07aco070f	6,036 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	24,14
	mt08aaa010a	0,034 m ³	Água.	8,67	0,29
	mt01arg002	0,049 m ³	Areia média lavada.	110,00	5,39
	mt01arg004	0,034 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	3,03
	mt01arg005	0,034 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	2,86
	mt08cem002	59,600 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51	30,40
	mt08var050	0,050 kg	Arame galvanizado.	12,00	0,60
	mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
	mq06hor010	0,059 h	Betoneira.	1,55	0,09
	mo041	0,323 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	6,86
	mo087	0,323 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	4,04
	mo044	0,059 h	Pedreiro	21,25	1,25

mo110	0,117 h	Servente de pedreiro.	12,50	1,46
mo043	0,345 h	Carpinteiro.	18,75	6,47
mo089	0,345 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	4,31
%	2,000 %	Custos diretos complementares	125,64	2,51

• Coberturas •

Q Coberturas

QT Inclínadas

QTT Telhas

QTT010	m²	Cobertura inclinada em telhas cerâmicas, incluindo elementos de madeira para caibros e ripas, além de manta polimérica.		98,39
mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
mt15dan200a	1,100 m ²	Manta de impermeabilização.	0,70	0,77
mt13blw020c	3,060 m	Ripas de madeira.	0,04	0,12
mt13blw020b	2,155 m	Caibros de madeira.	6,00	12,93
mt13blw131	12,000 Un	Parafuso para fixação de ripa.	0,10	1,20
mt13tax010a	14,400 Un	Telha cerâmica.	5,00	72,00
mo043	0,232 h	Carpinteiro.	18,75	4,35
mo089	0,347 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	4,34
%	2,000 %	Custos diretos complementares	96,46	1,93

• Fundações •

C Fundações

CR Regularização

CRL Concreto magro

CRL060	m²	Lastro de concreto simples C10, britas 0 e 1, preparado em obra e concretagem manual, 5 cm de espessura.			29,51
	mt08aaa010a	0,010 m ³	Água.	8,67	0,09
	mt01arg002	0,016 m ³	Areia média lavada.	110,00	1,76
	mt01arg003	0,006 m ³	Pedra britada tipo 0.	93,00	0,56
	mt01arg004	0,013 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	1,16
	mt08cem002	15,000 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51	7,65
	mq06hor010	0,330 h	Betoneira.	1,55	0,51
	mo044	0,372 h	Pedreiro	21,25	7,91
	mol10	0,743 h	Servente de pedreiro.	12,50	9,29
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	28,93	0,58

C Fundações

CS Superficiais

CSZ Sapatas

CSZ020	m²	Montagem de sistema de escoramento e fôrmas recuperáveis de madeira, para sapata.			50,90
	mt08eve010b	3,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira.	4,00	12,00
	mt08ebr010	1,100 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	13,20
	mt08var050	0,050 kg	Arame galvanizado.	12,00	0,60
	mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
	mo043	0,747 h	Carpinteiro.	18,75	14,01
	mo089	0,747 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	9,34
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	49,90	1,00
CSZ060	m³	Sapata de concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 43,8 kg/m³.			567,22
	mt07aco020a	5,000 Un	Espaçadores para fundações.	0,40	2,00
	mt07aco070f	43,809 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	175,24
	mt08aaa010a	0,200 m ³	Água.	8,67	1,73
	mt01arg002	0,288 m ³	Areia média lavada.	110,00	31,68
	mt01arg004	0,197 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	17,53
	mt01arg005	0,197 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	16,55

mt08cem003	351,000 kg	Cimento resistente a sulfatos, em sacos.	0,53	186,03
mt08adt010	5,250 kg	Aditivo hidrófugo para impermeabilização de concretos.	2,47	12,97
mq06hor010	0,523 h	Betoneira.	1,55	0,81
mo041	2,462 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	52,32
mo087	2,462 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	30,78
mo044	0,615 h	Pedreiro	21,25	13,07
mo110	1,231 h	Servente de pedreiro.	12,50	15,39
%	2,000 %	Custos diretos complementares	556,10	11,12

C Fundações

CA Vigas de fundação

CAV Vigas de fundação

CAV020	m²	Montagem de sistema de escoramento e fôrmas recuperáveis de madeira para viga de equilíbrio.		53,12
mt08eve010b	3,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira.	4,00	12,00
mt08var050	0,050 kg	Arame galvanizado.	12,00	0,60
mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
mt08ebr010	1,100 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	13,20
mo043	0,817 h	Carpinteiro.	18,75	15,32
mo089	0,817 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	10,21
%	2,000 %	Custos diretos complementares	52,08	1,04
CAV060	m³	Viga de equilíbrio de concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 147,1 kg/m³, com aditivo hidrófugo.		1.159,76
mt07aco020a	10,000 Un	Espaçadores para fundações.	0,40	4,00
mt07aco070f	147,095 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	588,38
mt08aaa010a	0,200 m ³	Água.	8,67	1,73
mt01arg002	0,288 m ³	Areia média lavada.	110,00	31,68
mt01arg004	0,197 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	17,53
mt01arg005	0,197 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	16,55
mt08cem003	351,000 kg	Cimento resistente a sulfatos, em sacos.	0,53	186,03
mt08adt010	5,250 kg	Aditivo hidrófugo para impermeabilização de concretos.	2,47	12,97
mq06hor010	1,587 h	Betoneira.	1,55	2,46
mo041	6,084 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	129,29
mo087	6,084 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	76,05
mo044	1,521 h	Pedreiro	21,25	32,32
mo110	3,042 h	Servente de pedreiro.	12,50	38,03

	%	2,000 %	Custos diretos complementares	1.137,02	22,74
C Fundações					
CN Nivelamento					
CNE Tramo curso de elemento de fundação					
CNE010	m³		Pilarete de fundação de concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 139,4 kg/m³, com aditivo hidrófugo.		2.829,24
mt07aco020b		20,000 Un	Espaçadores para pilares.	0,40	8,00
mt07aco070f		139,360 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	557,44
mt08aaa010a		0,200 m ³	Água.	8,67	1,73
mt01arg002		0,288 m ³	Areia média lavada.	110,00	31,68
mt01arg004		0,197 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	17,53
mt01arg005		0,197 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	16,55
mt08cem003		351,000 kg	Cimento resistente a sulfatos, em sacos.	0,53	186,03
mt08adt010		5,250 kg	Aditivo hidrófugo para impermeabilização de concretos.	2,47	12,97
mt08eve010		40,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00	160,00
mt08ebr010		5,500 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	66,00
mt08var050		0,200 kg	Arame galvanizado.	12,00	2,40
mt08var060		0,200 kg	Pregos de aço.	15,00	3,00
mq06hor010		7,080 h	Betoneira.	1,55	10,97
mo041		17,021 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	361,70
mo087		17,021 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	212,76
mo044		8,511 h	Pedreiro	21,25	180,86
mo110		17,021 h	Servente de pedreiro.	12,50	212,76
mo043		23,404 h	Carpinteiro.	18,75	438,83
mo089		23,404 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	292,55
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	2.773,76	55,48

• Estruturas •

E Estruturas

EA Metálicas

EAM Montagens industriais

EAS010	kg	Aço A 572 Gr50 galvanizado	em pilares, com peças simples de perfis laminados a quente.		13,42
mt07ala000o	1,000 kg		Perfis laminados a quente em aço A 572 Gr50 galvanizado, cortados, furados, com chapas de ligação e parafusos.	11,00	11,00
mt27pfi010	0,050 l		Tinta de fundo de secagem rápida.	15,00	0,75
mq08sol020	0,008 h		Equipamentos e elementos auxiliares para soldagem elétrica.	6,25	0,05
mq08sol021	0,008 h		Caminhão Munck para içamento de perfis.	130,00	1,04
mo046	0,008 h		Oficial de 1ª montador de estrutura metálica.	12,00	0,10
mo092	0,024 h		Ajudante de montador de estrutura metálica.	9,00	0,22
%	2,000 %		Custos diretos complementares	13,16	0,26

EAV010	kg	Aço A 572 Gr50 galvanizado	em vigas, com peças simples de perfis laminados a quente.		13,36
mt07ala000o	1,000 kg		Perfis laminados a quente em aço A 572 Gr50 galvanizado, cortados, furados, com chapas de ligação e parafusos.	11,00	11,00
mt27pfi010	0,050 l		Tinta de fundo de secagem rápida.	15,00	0,75
mq08sol020	0,006 h		Equipamentos e elementos auxiliares para soldagem elétrica.	6,25	0,04
mq08sol021	0,006 h		Caminhão Munck para içamento de perfis.	130,00	0,78
mo046	0,014 h		Oficial de 1ª montador de estrutura metálica.	12,00	0,17
mo092	0,040 h		Ajudante de montador de estrutura metálica.	9,00	0,36
%	2,000 %		Custos diretos complementares	13,10	0,26

EAE Escadas

EAE010	kg	Aço A 572 Gr50 galvanizado	em elementos estruturais de escada, perfis laminados a quente, peças simples, estrutura soldada.		14,30
mt07ala000o	1,000 kg		Perfis laminados a quente em aço A 572 Gr50 galvanizado, cortados, furados, com chapas de ligação e parafusos.	11,00	11,00
mt07ala001	0,238 kg		Chapa xadrex 4.75 mm em aço galvanizado,.	8,00	1,90
mt27pfi010	0,050 l		Tinta de fundo de secagem rápida.	15,00	0,75
mq08sol020	0,008 h		Equipamentos e elementos auxiliares para soldagem elétrica.	6,25	0,05
mo046	0,008 h		Oficial de 1ª montador de estrutura metálica.	12,00	0,10
mo092	0,024 h		Ajudante de montador de estrutura metálica.	9,00	0,22
%	2,000 %		Custos diretos complementares	14,02	0,28

EAT Estruturas leves para coberturas

EAT020	m²	Estrutura metálica leve autoportante, sobre espaço habitável formada por aço ZAR345, em perfis dobrados a frio ZAR345, acabamento galvanizado, com uma quantidade de aço de 11,7 kg/m².		103,24
mt07ali000a	11,730 kg	Aço ZAR345, em perfis dobrados a frio, segundo ASTM ZAR345, acabamento galvanizado, inclusive parte proporcional de acessórios, parafusos e elementos de ancoragem.	8,00	93,84
mo046	0,077 h	Oficial de 1 ^ª montador de estrutura metálica.	12,00	0,92
mo092	0,154 h	Ajudante de montador de estrutura metálica.	9,00	1,39
mq08sol021	0,039 h	Caminhão Munck para içamento de perfis.	130,00	5,07
%	2,000 %	Custos diretos complementares	101,22	2,02

E Estruturas

EH Concreto armado

EHL Lajes maciças

EHL060	m²	Laje maciça de concreto armado, horizontal, altura 13 cm, realizada com concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 12,6 kg/m², incluindo escoramento e formas recuperáveis de madeira.		145,80
mt08eve010	2,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00	8,00
mt08ebr010	1,100 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	13,20
mt08eve011	3,500 m	Mourões de madeira, reutilizados uma vez.	3,00	10,50
mt07aco020i	5,000 Un	Espaçadores para lajes maciças.	0,40	2,00
mt07aco070l	12,572 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	50,29
mt08aaa010a	0,026 m ³	Água.	8,67	0,23
mt01arg002	0,037 m ³	Areia média lavada.	110,00	4,07
mt01arg004	0,026 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	2,31
mt01arg005	0,026 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	2,18
mt08cem002	45,600 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51	23,26
mt08var050	0,050 kg	Arame galvanizado.	12,00	0,60
mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
mq06hor010	0,059 h	Betoneira.	1,55	0,09
mo041	0,247 h	Oficial de 1 ^ª de estruturas de concreto armado.	21,25	5,25
mo087	0,247 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	3,09
mo044	0,110 h	Pedreiro	21,25	2,34
mo110	0,220 h	Servente de pedreiro.	12,50	2,75
mo043	0,385 h	Carpinteiro.	18,75	7,22
mo089	0,385 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	4,81
%	2,000 %	Custos diretos complementares	142,94	2,86

EHL060b	m²	Laje maciça de concreto armado, horizontal, altura 15 cm, concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 12,6 kg/m², incluindo escoramento e formas recuperáveis de madeira.		150,86
mt08eve010	2,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00	8,00
mt08ebr010	1,100 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	13,20
mt08eve011	3,500 m	Mourões de madeira, reutilizados uma vez.	3,00	10,50
mt07aco020i	5,000 Un	Espaçadores para lajes maciças.	0,40	2,00
mt07aco070f	12,572 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	50,29
mt08aaa010a	0,030 m ³	Água.	8,67	0,26
mt01arg002	0,043 m ³	Areia média lavada.	110,00	4,73
mt01arg004	0,030 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	2,67
mt01arg005	0,030 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	2,52
mt08cem002	52,600 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51	26,83
mt08var050	0,050 kg	Arame galvanizado.	12,00	0,60
mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
mq06hor010	0,055 h	Betoneira.	1,55	0,09
mo041	0,247 h	Oficial de 1 ^a de estruturas de concreto armado.	21,25	5,25
mo087	0,247 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	3,09
mo044	0,110 h	Pedreiro	21,25	2,34
mo110	0,220 h	Servente de pedreiro.	12,50	2,75
mo043	0,385 h	Carpinteiro.	18,75	7,22
mo089	0,385 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	4,81
%	2,000 %	Custos diretos complementares	147,90	2,96
EHL060c	m²	Laje maciça de concreto armado, horizontal, altura 14 cm, concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 12,6 kg/m², incluindo escoramento e formas recuperáveis de madeira.		148,32
mt08eve010	2,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00	8,00
mt08ebr010	1,100 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	13,20
mt08eve011	3,500 m	Mourões de madeira, reutilizados uma vez.	3,00	10,50
mt07aco020i	5,000 Un	Espaçadores para lajes maciças.	0,40	2,00
mt07aco070f	12,572 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	50,29
mt08aaa010a	0,028 m ³	Água.	8,67	0,24
mt01arg002	0,040 m ³	Areia média lavada.	110,00	4,40
mt01arg004	0,028 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	2,49
mt01arg005	0,028 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	2,35

	mt08cem002	49,100 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51	25,04
	mt08var050	0,050 kg	Arame galvanizado.	12,00	0,60
	mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
	mq06hor010	0,055 h	Betoneira.	1,55	0,09
	mo041	0,247 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	5,25
	mo087	0,247 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	3,09
	mo044	0,110 h	Pedreiro	21,25	2,34
	mo110	0,220 h	Servente de pedreiro.	12,50	2,75
	mo043	0,385 h	Carpinteiro.	18,75	7,22
	mo089	0,385 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	4,81
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	145,41	2,91
EHL060d	m²	Laje maciça de concreto armado, horizontal, altura 17 cm, concreto armado C30, CAA III, britas 1 e 2, preparado em obra, concretagem manual, aço CA-50 à média de 12,6 kg/m², incluindo escoramento e formas recuperáveis de madeira.			155,92
	mt08eve010	2,000 m	Sistema de formas com escoras e travessas de madeira, reutilizado uma vez.	4,00	8,00
	mt08ebr010	1,100 m ²	Chapas de madeira compensada.	12,00	13,20
	mt08eve011	3,500 m	Mourões de madeira, reutilizados uma vez.	3,00	10,50
	mt07aco020i	5,000 Un	Espaçadores para lajes maciças.	0,40	2,00
	mt07aco070f	12,572 kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, diâmetros vários.	4,00	50,29
	mt08aaa010a	0,034 m ³	Água.	8,67	0,29
	mt01arg002	0,049 m ³	Areia média lavada.	110,00	5,39
	mt01arg004	0,034 m ³	Pedra britada tipo 1.	89,00	3,03
	mt01arg005	0,034 m ³	Pedra britada tipo 2.	84,00	2,86
	mt08cem002	59,600 kg	Cimento cinza em sacos.	0,51	30,40
	mt08var050	0,050 kg	Arame galvanizado.	12,00	0,60
	mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.	15,00	0,75
	mq06hor010	0,055 h	Betoneira.	1,55	0,09
	mo041	0,247 h	Oficial de 1ª de estruturas de concreto armado.	21,25	5,25
	mo087	0,247 h	Ajudante de estruturas de concreto armado.	12,50	3,09
	mo044	0,110 h	Pedreiro	21,25	2,34
	mo110	0,220 h	Servente de pedreiro.	12,50	2,75
	mo043	0,385 h	Carpinteiro.	18,75	7,22
	mo089	0,385 h	Ajudante de carpinteiro.	12,50	4,81
	%	2,000 %	Custos diretos complementares	152,86	3,06

• Coberturas •

Q Coberturas

QT Inclínadas

QTT Telhas

QTT010	m²	Cobertura inclinada em telhas cerâmicas, incluindo elementos de madeira para caibros e ripas, além de manta.			98,39
mt08var060	0,050 kg	Pregos de aço.		15,00	0,75
mt15dan200a	1,100 m ²	Manta de impermeabilização.		0,70	0,77
mt13blw020c	3,060 m	Ripas de madeira.		0,04	0,12
mt13blw020b	2,155 m	Caibros de madeira.		6,00	12,93
mt13blw131	12,000 Un	Parafuso para fixação de ripa.		0,10	1,20
mt13tax010a	14,400 Un	Telha cerâmica.		5,00	72,00
mo043	0,232 h	Carpinteiro.		18,75	4,35
mo089	0,347 h	Ajudante de carpinteiro.		12,50	4,34
%	2,000 %	Custos diretos complementares		96,46	1,93