

1 **ANÁLISE TÉCNICA E ORÇAMENTÁRIA DE UMA OBRA EXECUTADA SEM PROJETO ESTRUTURAL**  
2 **EM COMPARAÇÃO COM DOIS DIMENSIONAMENTOS CONFORME A ABNT NBR 6118:2014**

3 (1) Allan Alves de Souza Santos

4 (2) Paulo Augusto Alves Rodrigues

5 (3) Marília Gonçalves Marques

6 (1) Estudante do curso de Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba

7 (2) Estudante do curso de Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba

8 (3) Professora do curso de Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba

9 Presidente da banca: Professora Marília Gonçalves Marques

10 Membro 1: Professora Simone Rodrigues Campos Ruas

11 Membro 2: Professor Daniel Santana de Magalhães

12 **RESUMO**

13 Executar uma estrutura sem seguir as prescrições normativas gera problemas futuros na  
14 edificação, porém é comum que obras de pequeno porte sejam executadas sem o cálculo estrutural.  
15 Desta forma, o presente artigo tem como objetivo analisar a execução da estrutura sem projeto  
16 estrutural e analisá-la a partir de dois dimensionamentos segundo as prescrições normativas, sendo  
17 um deles proposto e dimensionado pelos autores e o outro utilizando a concepção estrutural da obra  
18 executada, mas adequando seus elementos às prescrições normativas. Os dimensionamentos foram  
19 realizados utilizando o *software* AltoQi Eberick V9, e utilizou-se valores regionais para comparar o  
20 custo das estruturas. Viu-se que para adequar a estrutura executada, foi necessário um aumento de  
21 17,82 % no custo do concreto. Quando comparada com a estrutura executada, a estrutura projetada  
22 pelos autores gastou 13,01 % mais concreto, porém consumiu 12,13 % menos aço, totalizando uma  
23 economia geral de 4,81 %.

24 **PALAVRAS-CHAVES:** Concreto armado, Prescrições normativas, Projeto estrutural.

25 **ABSTRACT**

26 Execute a structure without following the normative prescriptions can bring problems in the  
27 future of the structure. However, small constructions are commonly executed without the required  
28 structural calculation. In this way, this paper seek analyse the execution of a construction with no  
29 structural project and compare it with two proposed structures following the normative prescriptions,  
30 been one of them proposed by the authors and the other one was created using the conception of the  
31 original structure, but modifying the elements. The software AltoQi Eberick V9 was used to  
32 dimensioning the structure, and regional values was used to compare the cost of the structures. To fit  
33 the elements of the executed structure, was necessary a increase of 17.82 % in the concrete cost.  
34 Compared to the executed structure, the structure projected by the authors spend 13.01 % more with  
35 concrete, but with steel, it spend 12.13 % less, totalizing a overall economy of 4.81 %.

36 **KEY-WORDS:** Normative prescriptions, Reinforced concrete, Structural design.

## 37 1 INTRODUÇÃO

38 A execução de uma obra sem projeto estrutural é uma prática comum, principalmente em  
39 obras de pequeno porte. Com a intenção de diminuir os gastos, estas obras são executadas na maioria  
40 das vezes, sem o cálculo estrutural necessário para analisar o comportamento de estruturas submetidas  
41 à esforços diversos, aplicados em várias direções.

42 O projeto estrutural tem o objetivo de verificar a resistência adequada dos elementos  
43 estruturais sob combinações de carregamentos extremos ao longo de sua vida útil e também de prever  
44 as deformações das mesmas sob combinações normais de carregamento durante sua utilização. Desta  
45 forma, o cálculo estrutural permite a determinação de uma estrutura que garante que seus elementos  
46 terão a resistência necessária.

47 Segundo Souza e Ripper (2009), a deterioração de uma estrutura pode ser causada pela  
48 irresponsabilidade dos profissionais envolvidos, os quais, por razões econômicas, optam por não  
49 seguir as especificações. O projeto estrutural é responsável pela segurança da edificação, portanto é  
50 indispensável para a execução de qualquer edifício, visto que uma execução com projeto estrutural  
51 traz garantias de segurança e de qualidade do investimento.

52 Desta forma, o presente artigo tem como objetivo comparar uma estrutura de uma obra  
53 realizada sem projeto estrutural com dois dimensionamentos realizados seguindo as especificações  
54 da ABNT NBR 6118:2014, sendo a primeira situação mantendo a mesma disposição dos elementos  
55 da edificação e no segundo caso uma estrutura com uma locação sugerida pelos autores. Portanto,  
56 serão analisados os custos de concreto, aço e fôrmas para a execução das vigas e pilares das três  
57 circunstâncias descritas.

## 58 2 REFERENCIAL

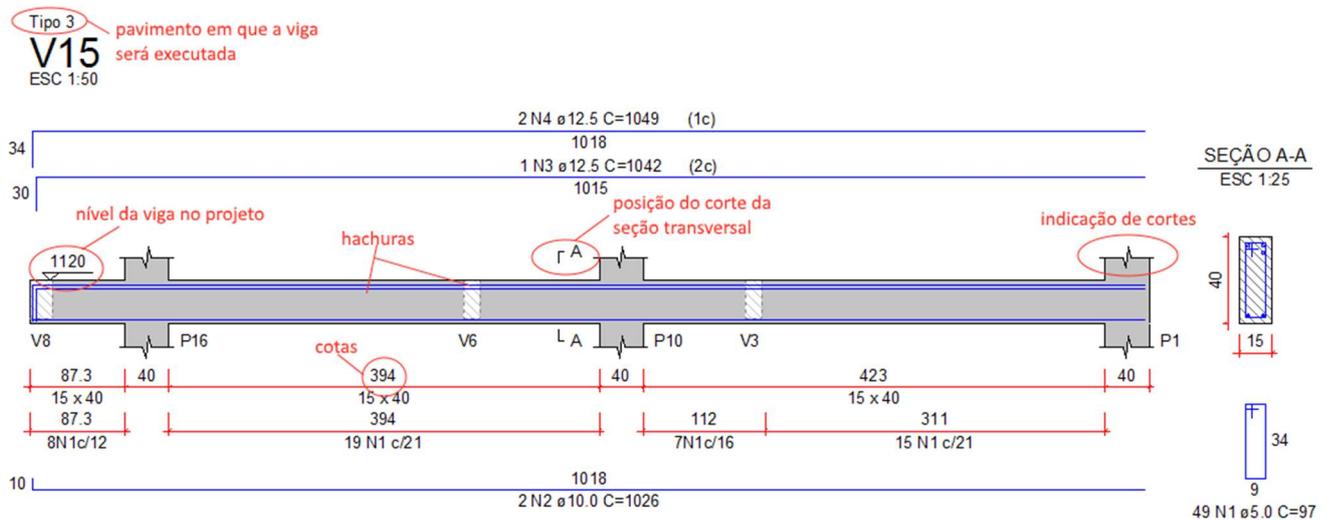
59 O concreto armado é a principal técnica utilizada para a confecção de estruturas, já que esse  
60 material está presente em praticamente todas as construções, desde pequenas obras residenciais à  
61 grandes infraestruturas. Visto que, geralmente, em pequenas obras a elaboração da estrutura ocorre *in*  
62 *loco* e que a produção do concreto armado com uma resistência adequada depende de vários fatores  
63 tais como dosagem, disposição das armaduras e propriedades dos materiais, é fundamental a presença  
64 de um projeto estrutural para definir as diretrizes para a execução da construção visando garantir  
65 qualidade e desempenho da obra.

66 De acordo com Moraes (2018), para qualquer tipo de edificação, um projeto estrutural é de  
67 grande importância, visto que o mesmo tem a função de propiciar segurança e conforto aos usuários  
68 que irão fazer uso da edificação. Para isso, o projeto garante que as estruturas de concreto armado  
69 vão estar de acordo com as prescrições da norma ABNT NBR 6118:2014.

70 Um projeto estrutural deve conter informações necessárias para a execução da obra, tais como  
71 a locação, as dimensões dos elementos estruturais, a quantidade de armação em cada elemento, o

72 espaçamento entre as barras de aço, especificações de materiais (aço e concreto), cobrimento,  
73 ancoragem, entre outras especificações. Na Figura 1 é apresentado um exemplo de um detalhamento  
74 que compõe o projeto estrutural de uma viga.

75 Figura 1: Detalhamento de uma viga



78 Fonte: AltoQI Eberick, 2018

79 Considerando as inúmeras prescrições da norma e que uma obra é composta por elementos  
80 estruturais (fundações, pilares, vigas e lajes), realizar seu dimensionamento através de cálculos  
81 manuais pode se tornar inviável. Logo, de acordo com Silva (2018), com o desenvolvimento da  
82 tecnologia surgiram ferramentas computacionais para auxiliar no dimensionamento das estruturas  
83 tendo como consequência uma maior produtividade na elaboração de projetos e uma maior  
84 confiabilidade. Dentre as diversas opções de programas computacionais para o dimensionamento de  
85 estruturas podemos citar o *software* Eberick.

86 Segundo a AltoQi (2019), o Eberick é um software para elaboração de projetos estruturais em  
87 concreto armado, no qual é possível realizar a modelagem, análises, dimensionamentos e  
88 detalhamentos da estrutura. Esse sistema faz os cálculos de acordo com o estado limite último (ELU)  
89 e de serviço (ELS) seguindo as prescrições das normas brasileiras.

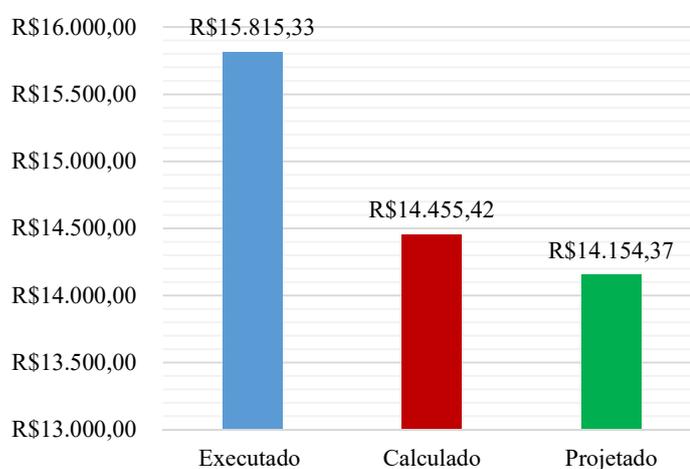
90 Mesmo com ferramentas computacionais, ainda é muito comum encontrar obras residenciais  
91 de pequeno porte, sem projeto estrutural, executadas, apenas, de maneira empírica por um profissional  
92 não habilitado. Isso é explicado pelo fato de ocorrer um entendimento que o projeto estrutural é um  
93 custo desnecessário para a obra.

94 Portanto alguns estudos já foram realizados para comparar as diferenças técnicas e  
95 orçamentárias entre uma obra sem projeto estrutural e a mesma obra caso ela tivesse sido  
96 dimensionada seguindo as prescrições da ABNT NBR 6118:2014. Pagnussatti (2011) realizou um  
97 estudo e caso da estrutura de uma residência executada sem projeto estrutural em comparação com o  
98 dimensionamento da mesma no *software* Cypecad, que é também uma ferramenta destinada ao  
dimensionamento estrutural. Nesse caso foi feito um dimensionamento com a mesma locação da obra

99 executada e um dimensionamento com uma locação sugerida pelo autor. Em seu trabalho foi possível  
100 observar que a estrutura executada houve um consumo elevado de materiais e que possuía alguns  
101 elementos que não seguiam as prescrições da norma.

102 De maneira resumida, Pagnussatti obteve que com a presença projeto estrutural, mantendo a  
103 mesma locação, houve uma economia de 9,40 % do consumo de materiais em relação à obra  
104 executada, e que ocorreria uma economia de 11,73 % com a locação sugerida pelo o autor. Logo,  
105 ficou evidenciado a importância do projeto estrutural, visto que em uma estrutura sem  
106 dimensionamento, além de contar com a falta da segurança também tem como resultado o desperdício  
107 de materiais. Os resultados do custo final dos materiais para cada obra estão apresentados na Figura  
108 2.

109 Figura 2: Resultados obtidos por Pagnussatti

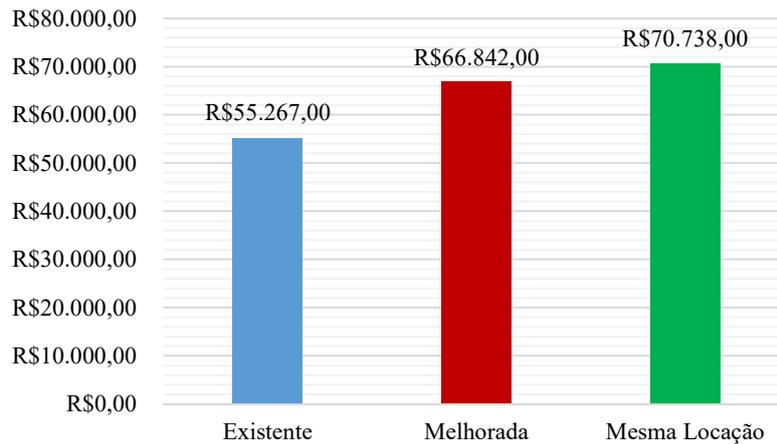


110  
111 Fonte: Adaptado de PAGNUSSATTI, 2011

112 Valentim e Pinheiro (2015) também realizaram um comparativo entre uma obra executada  
113 sem projeto estrutural e os resultados do dimensionamento da mesma no *software* Eberick. Foi feito  
114 um dimensionamento com a mesma locação da obra executada e um dimensionamento com uma  
115 locação sugerida pelo autor. Foi analisado a diferença de consumo de materiais e o estado limite de  
116 serviço de vigas (flechas). Neste trabalho foi obtido que algumas flechas na estrutura executada se  
117 encontravam fora dos padrões da norma, o que não ocorreria caso o dimensionamento fosse realizado  
118 de maneira correta.

119 Valentim e Pinheiro (2015) verificaram, neste caso, que a obra estava subdimensionada, já  
120 que com o dimensionamento seguindo a mesma locação foi analisado que seria necessário mais  
121 28,8 % de material em relação ao que foi gasto. A locação sugerida pelos autores do estudo observou-  
122 se que seria necessário um gasto de 20,9 % superior em relação à obra executada. Portanto, visando  
123 segurança e conforto seria de grande importância a presença do projeto estrutural. Na Figura 3 está  
124 evidenciado a diferença dos custos de materiais, sendo que a obra melhorada é referente ao projeto  
125 sugerido pelos autores do estudo.

Figura 3: Resultados obtidos por Valentim



127

128

Fonte: Adaptado de VALENTIM E PINHEIRO, 2015

129

130

131

132

133

134

135

136

137

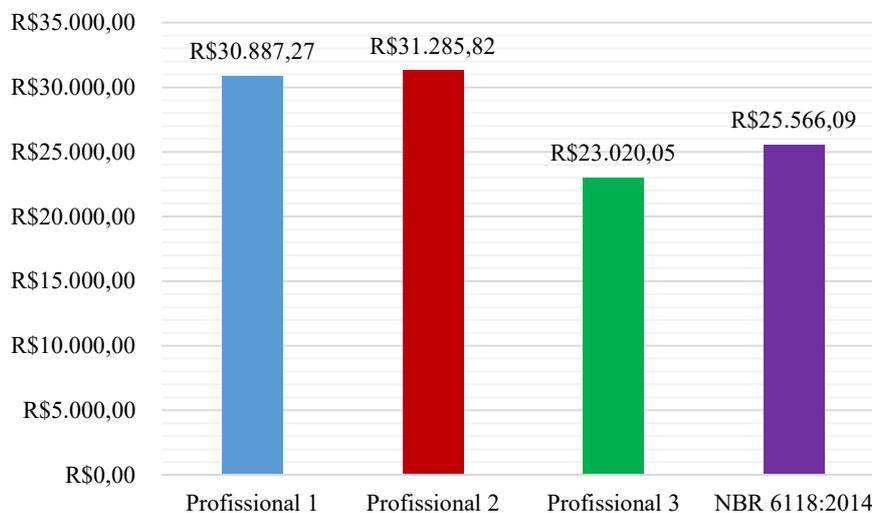
138

139

140

141

Figura 4: Resultados obtidos por Machado



142

143

Fonte: Adaptado de MACHADO, 2015

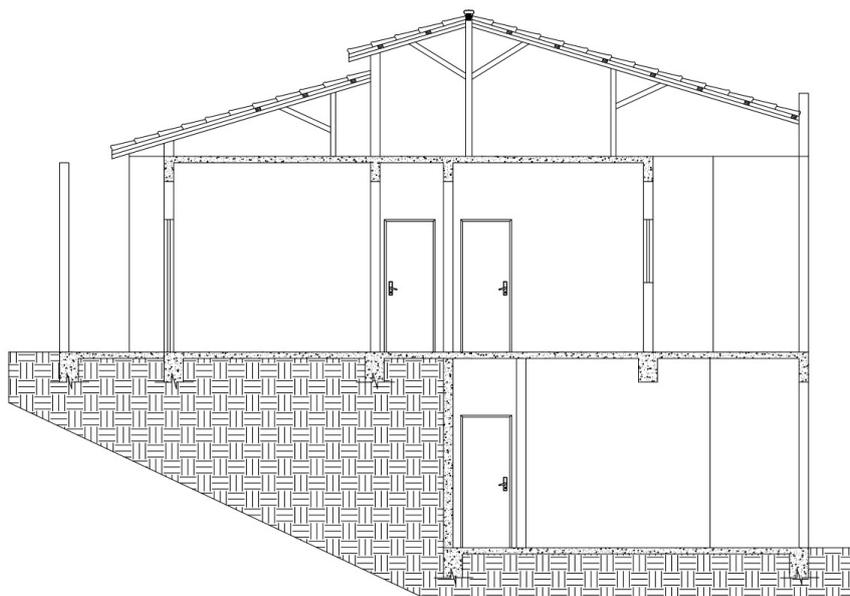
144 **3 METODOLOGIA**

145 **3.1 Estudo de caso**

146 Escolheu-se uma edificação plurifamiliar composta de três unidades habitacionais com uma  
147 área total de 444,44 m<sup>2</sup> com dois pavimentos situada na cidade de São Gotardo – MG. A obra  
148 encontra-se em um terreno bastante inclinado, onde é inviável realizar uma terraplanagem, logo a  
149 parte do 1º pavimento é composta por um aterro, como pode ser visto na Figura 5. Na Figura 6 pode  
150 ser observada a planta do pavimento superior. As plantas dos dois pavimentos podem ser vistas com  
151 mais detalhe no anexo A.

152

Figura 5: Corte Transversal



153

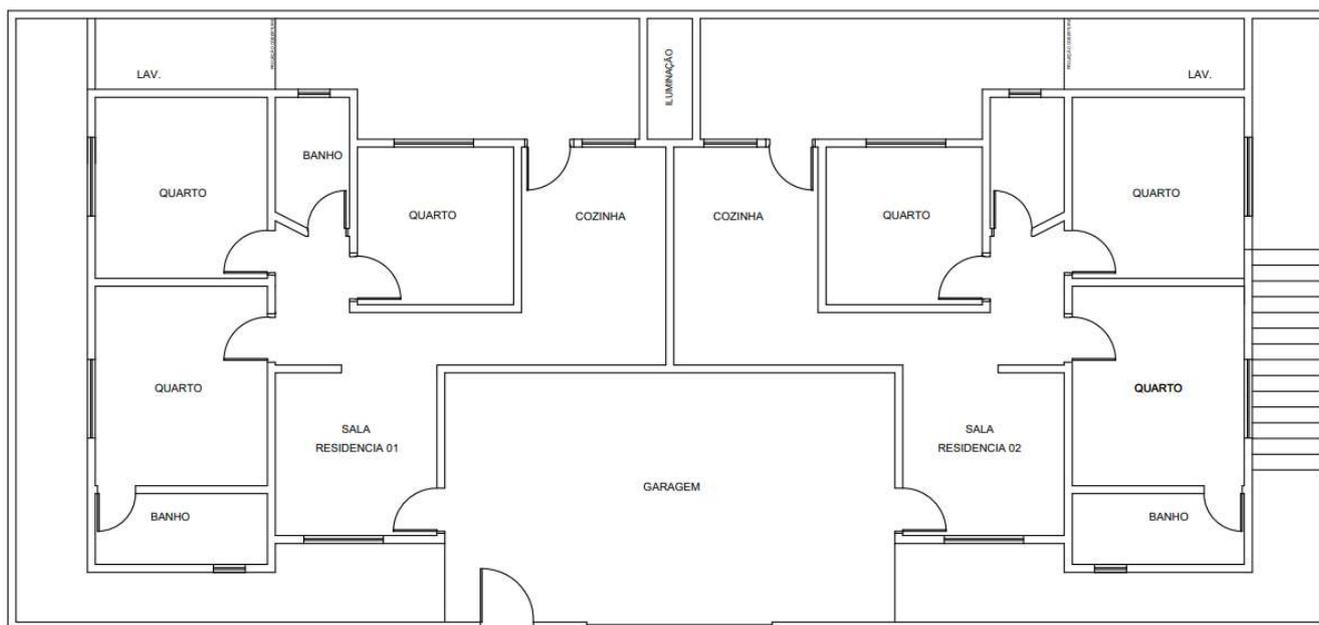
154

155

156

Fonte: Engenheiro Civil responsável pelo projeto

Figura 6: Projeto Arquitônico do pavimento superior



157

158

Fonte: Engenheiro Civil responsável pelo projeto

159 A edificação encontra-se na zona urbana, onde o risco de deterioração da estrutura causada  
160 pelo ambiente é pequeno, portanto, para fins de dimensionamento foi considerado que a obra pertence  
161 à classe de agressividade ambiental moderada.

162 A comparação entre os modelos estruturais e a obra sem projeto estrutural foi feita em termos  
163 de volume de material (aço, concreto e fôrmas) e o custo dos mesmos. Também foi verificado o estado  
164 limite de serviço das vigas, analisando suas flechas, e se há elementos estruturais que não estão  
165 dimensionados conforme a ABNT NBR6118 (2014).

166 Vale ressaltar que foram comparados somente vigas e pilares da edificação, já que na laje  
167 foram usadas vigotas pré-moldadas que são dimensionadas e executadas em fábrica. As fundações e  
168 o sistema de contenção do aterro não foram dimensionados, pela falta de dados referente ao solo.

169 O dimensionamento foi realizado considerando três situações. A primeira situação foi feita  
170 com a concepção estrutural e os dados coletados na obra, mesmo que alguns deles estivessem fora  
171 das prescrições normativas. As outras duas situações, seguiram as prescrições da norma, sendo que  
172 uma delas manteve a locação feita na obra e a outra situação foi utilizada uma locação sugerida. Estes  
173 dois últimos dimensionamentos estruturais foram realizados buscando obter o menor gasto de  
174 material.

### 175 **3.2 Coleta de dados da obra executada (OE)**

176 Para levantamento dos dados em relação a estrutura da obra executada, foram realizadas  
177 diversas visitas na obra. Nessas visitas foram coletadas informações sobre o sistema estrutural tais  
178 como as dimensões dos elementos estruturais (pilares, vigas e lajes) e a quantidade de aço utilizado  
179 em cada elemento. Também foi observada a forma executiva para a construção da estrutura, coletando  
180 informações como execução das fôrmas, dosagem do concreto utilizada, espaçamentos usados tanto  
181 na armadura transversal e longitudinal. As dimensões foram obtidas com auxílio de uma trena e a  
182 quantidade de aço de cada elemento foi informada pelo pedreiro responsável pela obra.

183 Em todos elementos estruturais foi utilizado um concreto fora dos padrões prescritos pela  
184 ABNT NBR 6118:2014, possuindo, em média, uma resistência característica de 15 MPa. Em relação  
185 à utilização de fôrmas, tanto nas vigas quanto nos pilares, foram utilizadas tábuas de cedro sempre  
186 tentando realizar um aproveitamento de três vezes do material. Ainda foi observado que o cobrimento  
187 utilizado nos elementos estruturais foi de 1 cm.

188 Todas as lajes da obra são pré-moldadas, com vigotas treliçadas do tipo TR 8644. Neste tipo  
189 os fios superiores são de 6,0 mm e tanto os fios inferiores quanto os fios das diagonais da treliça são  
190 de 4,2 mm. Para o enchimento foram utilizados blocos cerâmicos na cobertura e nas lajes do pavimento  
191 tipo foi empregado o poliestireno expandido (EPS) visando proporcionar um bom isolamento acústico  
192 entre os pavimentos. Para a realização do capeamento da laje foi feita uma camada de 4 cm de

193 concreto C15 que foi colocada sobre uma armadura de distribuição que possui uma malha nas duas  
194 direções com diâmetro de 5 mm espaçadas a cada 20 cm.

195 Tabela 1: Seções e armaduras dos elementos da estrutura executada

	Vigas	Vigas do	Vigas da	Pilares do	Pilares da
	Baldrame	Pavimento tipo	Cobertura	Pavimento tipo	Cobertura
Seção	11 x 20	16 x 30	11 x 20	11 x 30	11 x 20
Armadura Longitudinal	4 $\Phi$ 10	6 $\Phi$ 10	4 $\Phi$ 10	6 $\Phi$ 10	4 $\Phi$ 10

196 Fonte: Elaborada pelos autores

197 A tabela 1 mostra as seções e as armaduras longitudinais dos elementos da estrutura executada.  
198 Em todos os pilares e vigas a armadura transversal foi composta por barras de 5mm a cada 15 cm.  
199 Quanto aos blocos de fundação não foram coletados dados, visto que não se obteve informações a  
200 respeito do solo.

### 201 3.3 Dimensionamento estrutural da obra executada (OD)

202 A estrutura executada foi lançada no *software* Eberick para o dimensionamento da mesma e  
203 análise dos elementos subdimensionados ou superdimensionados. Todos os parâmetros dos materiais  
204 e dimensões da seção transversal foram mantidos em relação à obra executada, mesmo que estivessem  
205 em desacordo com a ABNT NBR 6118:2014. Em relação aos dados que não estão de acordo com a  
206 norma podemos citar a dimensão do pilar menor que 12 cm, o cobrimento utilizado menor que 3 cm  
207 e o concreto utilizado com resistência característica menor do que 20 MPa.

208 As cargas utilizadas para o dimensionamento seguem as prescrições da norma ABNT NBR  
209 6120:2019 e estão ilustradas na Tabela 2:

210 Tabela 2: Cargas de utilização

Local	Carga permanente (kg/m <sup>2</sup> )	Carga acidental (kg/m <sup>2</sup> )	Carga de parede (kg/m <sup>3</sup> )
Sala, dormitório	50	150	1300
Lavanderia	50	200	1300
Cobertura	50	50	1300

211 Fonte: Elaborada pelos autores de acordo com a NBR 6120:2019

### 212 3.4 Dimensionamento estrutural da obra corrigida (OC)

213 Visto que a obra executada tinha dados em desacordo com as prescrições normativas, a  
214 estrutura foi lançada novamente corrigindo todos os parâmetros citados na OD. Após análise da seção  
215 transversal e resistência do concreto dos elementos estruturais foi necessário realizar alterações para  
216 visar, o correto dimensionamento. Utilizou-se a resistência do concreto de C25 e aumentou-se as  
217 dimensões de alguns elementos estruturais.

218 Essas correções foram feitas seguindo as prescrições da ABNT NBR 6118:2014 e tentando  
219 utilizar o mínimo de material para o dimensionamento da estrutura, já que o objetivo é realizar o  
220 projeto estrutural com o menor custo possível.

### 221 3.5 Dimensionamento estrutural da obra projetada (OP)

222 Observou-se que na obra executada havia uma quantidade elevada de elementos estruturais.  
223 Desta forma, foi sugerido uma nova locação com o objetivo de se reduzir os custos. Esse  
224 dimensionamento estrutural foi realizado obedecendo as prescrições da norma e sempre tentando  
225 obter o menor custo possível em relação aos materiais utilizados. Optou-se por trabalhar com um  
226 concreto C25 e com uma menor seção transversal dos elementos estruturais. O cobrimento utilizado  
227 foi de 3 cm, conforme prescrito pela ABNT NBR 6118:2014 e as cargas utilizadas também estão de  
228 acordo com a Tabela 2.

### 229 3.6 Coleta dos resultados dos dimensionamentos

230 No dimensionamento, o *software* Eberick calcula a quantidade de aço necessário, o volume  
231 de concreto, e a área de fôrma para cada elemento estrutural. Logo, esses dados foram coletados e  
232 colocados em planilha para se obter uma comparação de custos e quantidades de material necessários.

233 Após o dimensionamento foi realizado uma comparação técnica entre a obra executada (OE)  
234 e a obra dimensionada (OD) para analisar os erros de dimensionamento. Nessa comparação não foi  
235 levado em conta os custos da mão de obra.

236 Os custos dos materiais foram obtidos através da planilha de preços elaborada pela Secretaria  
237 de Estado de Transportes e Obras Públicas (SETOP-MG) da região Triângulo e Alto Paranaíba de  
238 agosto de 2019 e estão descritos na Tabela 3. Vale ressaltar que esses custos são referentes somente  
239 aos materiais utilizados, portanto, não está previsto a mão de obra.

240 Tabela 3: Custos dos materiais

Descrição	Unidade	Custo unitário (R\$/Unidade)
Concreto C15 (Cimento, areia e brita)	m <sup>3</sup>	215,72
Concreto C20 (Cimento, areia e brita)	m <sup>3</sup>	196,90
Concreto C25 (Cimento, areia e brita)	m <sup>3</sup>	211,65
Aço CA-60 5,0 mm	kg	4,22
Aço CA-50 6,3 mm	kg	4,84
Aço CA-50 8,0 mm	kg	5,15
Aço CA-50 10,0 mm	kg	3,97
Aço CA-50 12,5 mm	kg	3,85
Aço CA-50 16,0 mm	kg	3,85
Fôrmas com reaproveitamento de até 3x	m <sup>2</sup>	16,60

241 Fonte: Elaborada pelos autores de acordo com base na SETOP

242 O custo do aço é dado em relação à massa, para o cálculo do mesmo foi obtido o volume de  
243 aço utilizado e sabendo que o peso específico é  $0,7855 \text{ kg/m}^3$  foi possível obter a massa de aço em  
244 cada elemento.

### 245 3.7 Custo do projeto estrutural

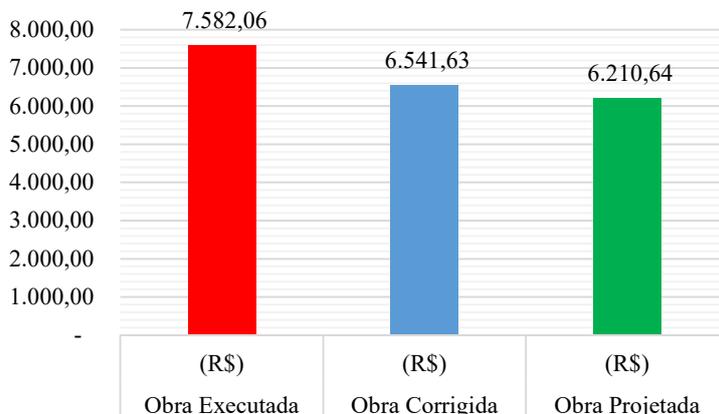
246 Para obter o custo do projeto estrutural foi feita uma pesquisa de custo em São Gotardo-MG,  
247 cidade onde está localizada a obra. Logo foi obtido um custo médio de R\$4,50/m<sup>2</sup> para uma obra  
248 pequena.

## 249 4 RESULTADOS

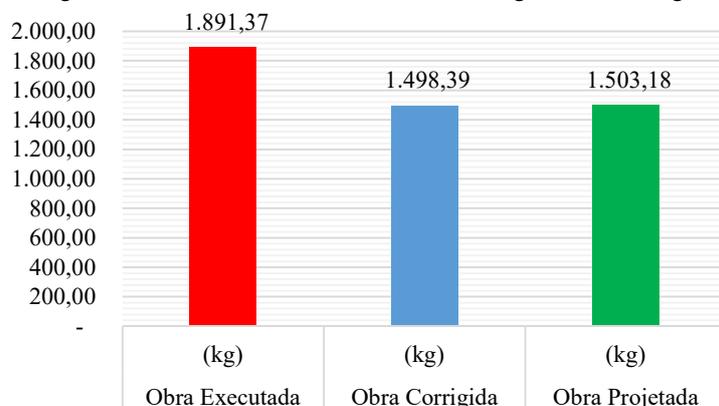
### 250 4.1 Vigas

251 A Figura 7 mostra os custos totais das vigas com armadura para cada obra. A OE teve gastos  
252 superiores quando comparada as demais, com uma diferença de R\$1371,42 para a OP. A OE utilizou  
253 mais aço que o necessário tanto nas armaduras transversais quanto nas armaduras longitudinais, como  
254 mostrado pela Tabela 2 no Apêndice C. Seguindo as prescrições da ABNT NBR 6118:2014, a OC  
255 exigiu 15,11 % menos aço de armadura longitudinal e 35,71 % menos aço de armadura transversal  
256 do que foi utilizado pela OE. Por fim, a OE consumiu 520,74 kg de aço com estribos, um valor 85,6%  
257 maior que a OP, na qual o dimensionamento resultou em 280,57 kg.

258 Figura 7: Custo das armaduras transversais e longitudinais nas vigas



259 260 Figura 8: Massa das armaduras transversais e longitudinais nas vigas

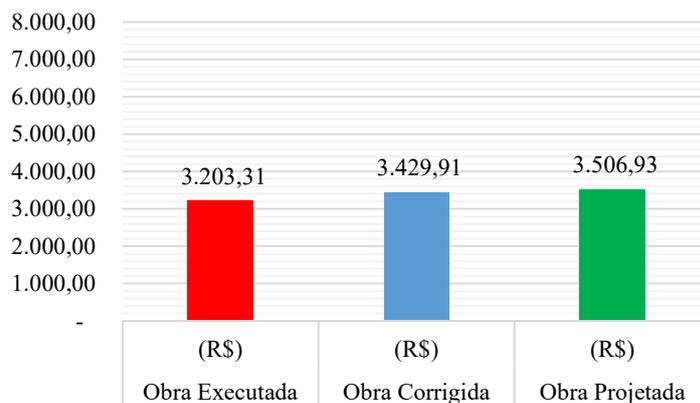


261 Em relação ao concreto, a Figura 9 mostra o preço do concreto gasto com as vigas para os três  
262 dimensionamentos. Neste caso, a OE é mais barata, de R\$226,6 para a OC e R\$303,63 para a OP.  
263

264 A figura 10 mostra que a OE apresenta menor volume, com 14,85 m<sup>3</sup> de concreto, contra 16,57  
 265 m<sup>3</sup> da OP e 16,21 m<sup>3</sup> para a OC. Porém, esta diferença de 10,38 % no volume de concreto entre a OE  
 266 e a OP, resultou somente em uma diferença de apenas 8,66 % no valor gasto com o concreto nas  
 267 vigas. Isto se deve ao fato de que o concreto C15 utilizado na OE apresenta um custo maior que o  
 268 concreto C25 utilizado na OP, de acordo com a SETOP.

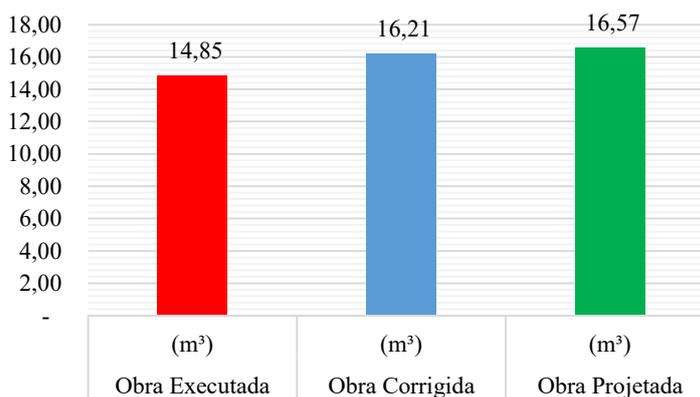
269

Figura 9: Custo do concreto nas vigas



270  
271

Figura 10: Volume do concreto nas vigas

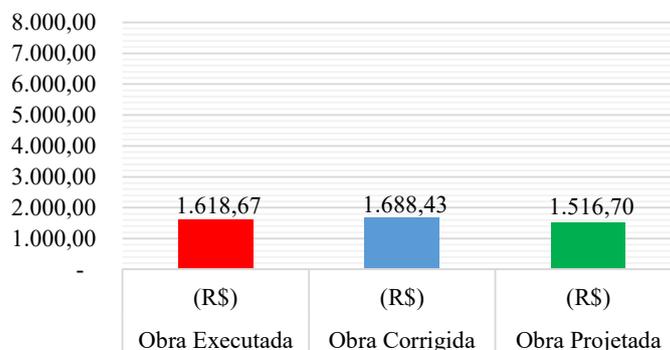


272  
273

274 A Figura 11 mostra o preço gasto com fôrmas para as vigas de cada um dos  
 275 dimensionamentos. A OP se destaca por ser a mais barata, sendo que gastou 6,3% a menos que a OE  
 e 10,17% a menos que a OC.

276

Figura 11: Custo das fôrmas nas vigas



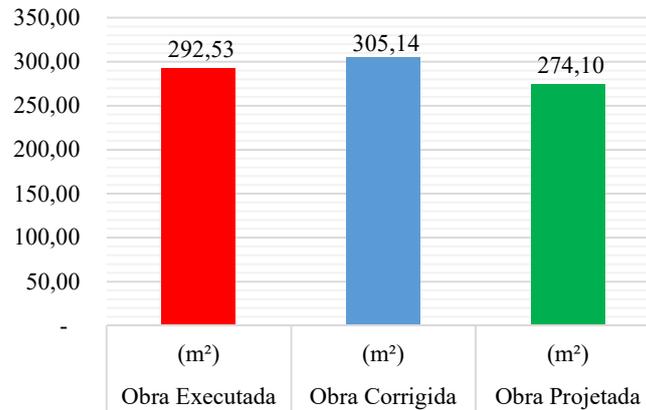
277

278 A diferença na locação pode ser percebida na quantidade de fôrmas necessárias, onde a OP  
 279 gasta menos fôrmas que a OE e a OC, mesmo gastando mais em concreto. Este fenômeno acontece  
 280 principalmente devido ao fato de que a locação da OE e da OC utiliza muitas vigas com volume

281 menor, enquanto que a locação da OP possui menos vigas, porém maiores em volume, resultando em  
282 uma área de fôrmas menor, como mostrado pela figura 12.

283

Figura 12: Área das fôrmas nas vigas



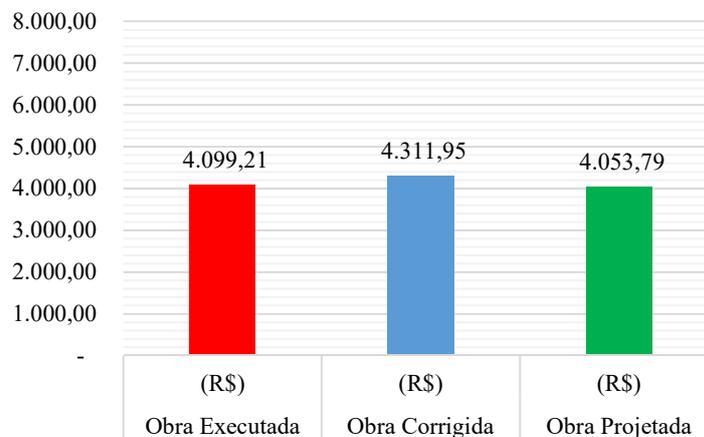
284

## 285 4.2 Pilares

286 Seguindo o mesmo caminho do item anterior, porém agora em relação aos pilares, a Tabela 3  
287 do Apêndice C recebe destaque por apresentar o elevado gasto com pilares da OC. Os pilares desta  
288 locação foram muito exigidos, resultando em uma alta demanda de aço para suportar os esforços da  
289 estrutura e seguir a norma. A Figura 13 mostra estes valores, onde a OP foi a mais barata e a OC a  
290 que obteve maior custo.

291

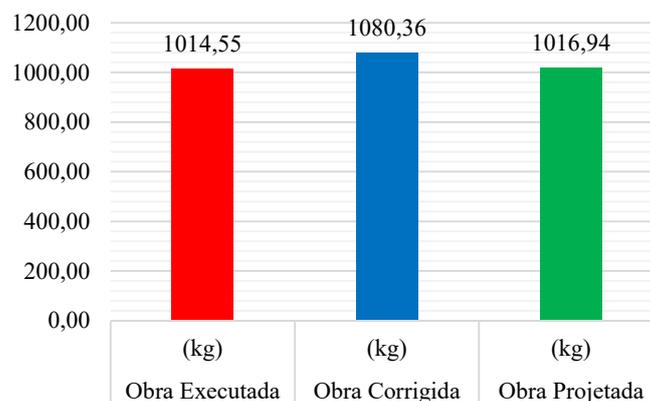
Figura 13: Custo das armaduras longitudinais e transversais nos pilares



292

293

Figura 14: Massa das armaduras longitudinais e transversais nos pilares



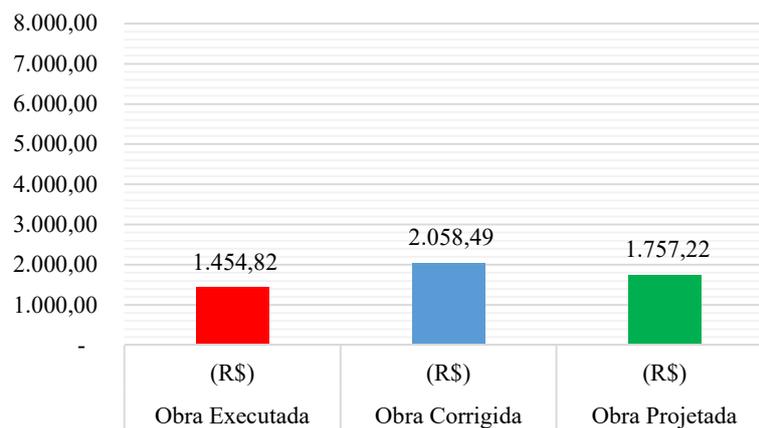
294

295 A OC apresentou o dimensionamento com mais aço tanto em armaduras longitudinais quanto  
296 em armaduras transversais, porém entre a OE e OP apenas R\$45,42 fazem da OP a mais barata. Nas  
297 armaduras longitudinais, 728,75 kg foram gastos em aço nos pilares da OE, e 823,81 kg na OP, porém,  
298 novamente nos estribos a OE utilizou mais que o necessário, gastando 285,8 kg de aço, enquanto que  
299 a OP foi mais barata, necessitando de apenas 193,63 kg de aço para os estribos. Assim, a OE consumiu  
300 47,6 % mais aço que a OP, e até mesmo quando comparada a OC, ainda utilizou 16,09 % a mais de  
301 aço que o necessário.

302 A Figura 15 apresenta o custo de concreto nos pilares. A OE apresentou um custo menor em  
303 comparação com a OP e OC. Percebe-se que mesmo com um número maior de pilares e alterando a  
304 seção dos pilares da OE de 11 x 20 e 11 x 40 para 12 x 20 e 12 x 40 para atender as exigências da  
305 ABNT NBR 6118 (2014), o volume de concreto da OE ainda é consideravelmente inferior ao da OP.  
306 A figura 16 mostra que a OE utiliza um total de 6,74 m<sup>3</sup> de concreto, contra 8,3 m<sup>3</sup> da OP, um valor  
307 18,8% menor.

308

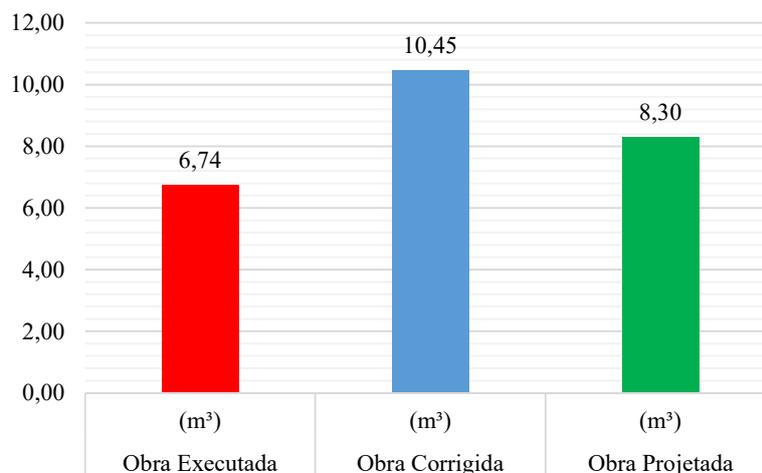
Figura 15: Custo do concreto nos pilares



309

310

Figura 16: Volume do concreto nos pilares



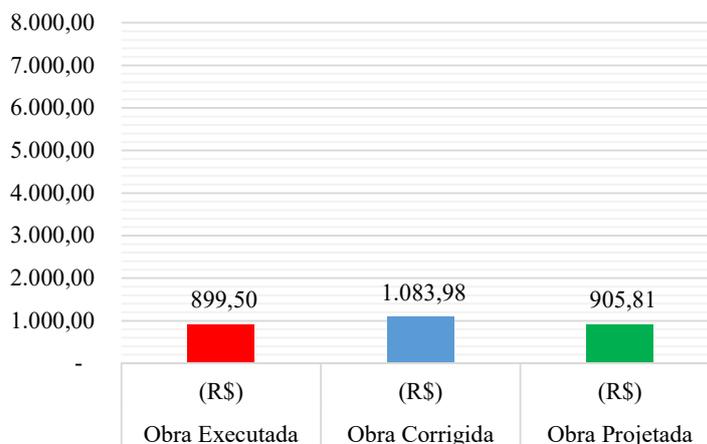
311

312 O custo das fôrmas para os pilares é apresentado na Figura 17. Observou-se o mesmo  
313 fenômeno apresentado nas vigas, sendo que mesmo com volume de concreto menor que a OP, a OE  
314 gasta tanto quanto a OP com fôrmas, devido ao seu alto número de pilares. Por fim, a OE gastou com

315 pilares 162,52 m<sup>2</sup> de fôrmas, a OC gastou 195,9 m<sup>2</sup> e a OP gastou 163,7 m<sup>2</sup>, como mostrado na figura  
316 18.

317

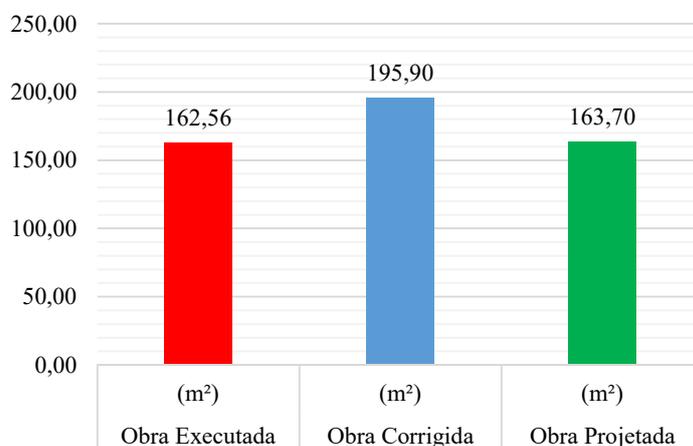
Figura 17: Custo das fôrmas nos pilares



318

319

Figura 18: Área de fôrmas nos pilares



320

#### 321 4.3 Os erros da Obra Executada (OE) e da Obra Dimensionada (OD)

322 Como podemos observar na Tabela 1 do apêndice C, diversos elementos não puderam ser  
323 dimensionados. Todas as vigas não dimensionadas apresentam o erro “Erro D15 – Erro na armadura  
324 positiva. Nenhuma bitola configurada pode ser usada”. Em relação aos pilares, aparecem os erros  
325 “Erro D09 – Nenhuma bitola configurada para armadura longitudinal pode ser usada” e “Erro D05 –  
326 Esbeltez maior que 140. Redimensione o pilar”.

327 Como a OD se trata do lançamento da OE no Eberick, na tentativa de dimensionar os  
328 elementos, alguns fatores podem ser apontados como causa do não dimensionamento destes  
329 elementos, como elementos com dimensões inferiores ao recomendado, qualidade do concreto  
330 utilizado abaixo do mínimo exigido pela ABNT NBR 6118 (2014) e locação inadequada. Por  
331 exemplo, o pilar P1, com seção 12 x 20 cm apresenta o erro D09, pois 12 cm de largura não permite  
332 que as bitolas disponíveis se adequem a área de aço exigida pelo pilar ao mesmo tempo que respeitem  
333 o espaçamento mínimo exigido, mesmo considerando um cobrimento de 10 mm, já inferior ao exigido  
334 pela ABNT NBR 6118 (2014).

335 Inconsistências foram encontradas na comparação entre a OE e a OD. Conforme a concepção  
336 estrutural adotada na OE, algumas vigas foram impostas por maiores ações, necessitando desta forma  
337 de uma quantidade maior de armadura. De fato, a maioria das vigas necessitaram de maior resistência  
338 e foram ignoradas, uma vez que esta informação só poderia ser adquirida durante o cálculo de um  
339 projeto estrutural.

340 A viga V121 é um exemplo de uma viga que foi subdimensionada e que representa um risco  
341 a integridade da estrutura, mesmo sendo uma estrutura com a maioria das vigas superdimensionadas.  
342 Na OD, a viga V121 foi calculada e a necessidade foi de 2,2 vezes mais armadura que a quantidade  
343 utilizada na OE. Nesta viga, foram utilizadas 4 barras de 10 mm de diâmetro e 10,65 metros de  
344 comprimento, totalizando 26,77 kg de aço. Já a obra dimensionada recomendou para a mesma viga  
345 os valores presentes na tabela 4:

346 Tabela 4: Armadura da viga V121 na Obra Dimensionada

Viga	Comprimento das barras (cm)	Quantidade de barras	Bitola (mm)	Área de aço (cm <sup>2</sup> )	Massa (kg)
V121	1277,5	4	12,5	4,91	49,24
	270	2	12,5	2,45	5,2
	550	1	12,5	1,23	5,3
	108	3	6,3	0,94	0,79

347 Fonte: Elaborada pelos autores

348 Quando comparadas as vigas da OE com a OC, podemos encontrar mais alguns exemplos de  
349 vigas subdimensionadas, como as vigas V112 e V113, porém não foi capaz de dimensioná-las na OD.

#### 350 4.4 Obra Corrigida (OC)

351 Como explicado no capítulo 3, a OC se trata da mesma locação de elementos da OE, porém  
352 adequando os materiais e as dimensões dos elementos. Foram então necessárias alterações em  
353 diversos elementos para que fosse possível seu dimensionamento sem alterar a locação.

354 No fim, foi possível dimensionar todos os elementos aumentando a resistência do concreto e  
355 as dimensões de alguns elementos. Porém, alguns elementos que sofriam mais com a concepção  
356 estrutural imposta da OE exigiram grandes dimensões quando comparados aos outros elementos,  
357 como apresentado pela Tabela 4:

358 Tabela 5: Elementos com grandes dimensões na Obra Corrigida

Elemento	Largura (cm)	Comprimento (cm)
V112	16	60
V117	16	60
V122	15	70
P2	18	50

359 Fonte: Elaborada pelos autores

## 360 4.5 Comparação final

361 A figura 3 do Apêndice F apresenta a comparação final de cada dimensionamento. A estrutura  
 362 da OP resultou em um valor de R\$1163,30 mais barata que a estrutura da OC e R\$906,48 mais barata  
 363 que a estrutura da OE, sendo este um resultado esperado, apontando uma otimização na locação e no  
 364 dimensionamento, além de ser mais barata e seguindo as prescrições normativas. A Tabela 6  
 365 apresenta o preço total das armaduras, concreto e fôrmas de todos os elementos estruturais.

366

Tabela 6: Comparação final

	Obra Executada	Obra Corrigida	Obra Projetada	Comparação OE/OP
	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(%)
Armadura Longitudinal	8.277,67	8.401,79	8.263,33	100,17
Armadura Transversal	3.403,61	2.451,80	2.001,11	170,09
Armaduras totais	11.681,27	10.853,58	10.264,43	113,80
Concreto	4.658,13	5.488,41	5.264,15	88,49
Fôrmas	2.518,17	2.772,41	2.422,51	103,95
Total Estrutura	18.857,57	19.114,39	17.951,09	105,05
Projeto estrutural	-	1.999,99	1.999,99	0,00
Total	18.857,57	21.114,38	19.951,08	94,52

367

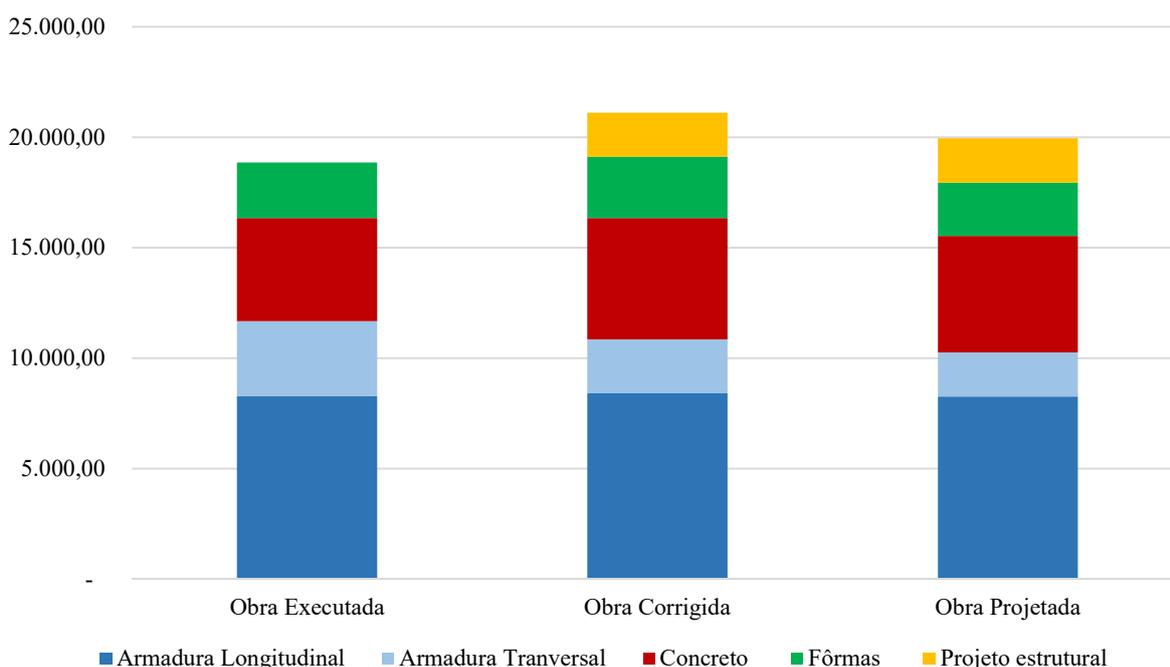
Fonte: Elaborada pelos autores

368

369 Com o acréscimo do preço médio local do projeto estrutural, R\$4,50/m<sup>2</sup>, obtemos o custo final  
 370 da OP e da OC. A Figura 19 traz este custo final de cada obra, separadas também por armadura,  
 371 concreto, fôrmas e projeto estrutural. Por fim, por meio da Figura 12 a OE possuiu um custo total de  
 372 R\$18857,57, a OC de R\$21114,38 e a OP de R\$19951,08.

373

Figura 19: Custos finais de cada dimensionamento



373

#### 374 4.6 Diferença entre as duas locações

375 O apêndice D apresenta a locação proposta e o apêndice E apresenta a locação executada.  
376 Quando analisadas as duas concepções estruturais, ficam claras algumas diferenças que podem ser  
377 importantes para compreender os resultados. A OP possui um total de 51 vigas, sendo que 9 delas  
378 estão no pavimento inferior, 18 estão no pavimento superior e 24 estão na cobertura. Já a locação  
379 executada, sendo aplicada na OE, OD e OC, possui 57 vigas, sendo 7 do pavimento inferior, 22 do  
380 pavimento superior e 28 da cobertura. Em relação aos pilares, a locação da OP possui 37 pilares,  
381 enquanto que a locação executada possui 47 pilares. As fundações não foram analisadas, porém, como  
382 a locação proposta possui 10 pilares a menor que a locação executada, a OP teria gastos menores com  
383 fundações do que a OE.

384 Pode ser observado nos itens 4.1 e 4.2 que a OP possui um volume maior em concreto, porém  
385 menos área em fôrmas. O gasto menor em fôrmas está relacionado com concepções estruturais  
386 diferentes, uma vez que a OP possui uma quantidade menor de vigas e de pilares, porém são  
387 elementos maiores, explicando o volume maior de concreto quando comparada a OE.

#### 388 4.7 Estado limite de serviço das vigas

389 Na Tabela 7 está apresentado algumas das flechas encontradas nas vigas da OE, e também as  
390 flechas das vigas da OC.

391

Tabela 7: Flechas nas vigas

Vigas (dimensões)	Obra Executada ( $\delta_{OE}$ )(cm)	Vigas (dimensões)	Obra Corrigida ( $\delta_{OC}$ )(cm)	ABNT NBR 6118:2014 ( $\delta_{6118}$ )(cm)	$\delta_{OE}/\delta_{6118}$ (%)	$\delta_{OC}/\delta_{6118}$ (%)
V118 (16x30)	3,74	V118 (16x30)	2,22	2,15	174	103
V122 (11x30)	3,37	V122 (15x70)	0,43	2,17	155	20
V226 (11x30)	3,05	V226 (11x30)	2,51	1,59	192	157

392

Fonte: Elaborada pelos autores

393 A estrutura executada possui vigas com valores maiores de flechas, superiores ao  
394 deslocamento proposto pela ABNT NBR 6118:2014 ( $l_x/250$ ). Já a estrutura corrigida OC apresenta  
395 flechas inferiores para as vigas em questão, isto deve-se ao fato que é uma estrutura com mais rigidez  
396 em comparação com a OE. No caso da viga V118, a OC atingiu flecha inferior ao limite, e no caso  
397 da viga V122 uma flecha muito próxima ao limite. Já na viga V226, as flechas superam o limite,  
398 porém já representam uma redução em relação a estrutura executada. A utilização de contraflechas é  
399 limitada, sendo o limite conforme a ABNT NBR 6118:2014 de  $l_x/350$ , portanto pode-se aplicar uma  
400 contraflecha na viga V226.

#### 401 5 CONCLUSÃO

402 Com os resultados obtidos, pode-se observar que o projeto estrutural é essencial para a  
403 segurança de uma estrutura, uma vez que garante a estabilidade global e individual da estrutura,  
404 seguindo as prescrições normativas que garantem a segurança dos usuários. Outro importante

405 benefício consiste na redução dos gastos, ou em gastos justos, já que será estabelecido exatamente o  
406 material necessário, sendo assim a quantidade e tamanho das vigas, por exemplo, serão respeitadas  
407 conforme a imposição das cargas. Desta forma, conclui-se que a obra executada:

- 408 • Utilizou um fck inferior ao mínimo para projetos estruturais e não segue as prescrições  
409 normativas referentes ao cobrimento dos seus elementos;
- 410 • Foram executados elementos com uma quantidade maior de aço que o necessário, resultando  
411 em gastos elevados e alguns elementos foram executados com menos aço que o exigido, sendo  
412 que alguns destes elementos foram muito subdimensionados, representando um risco para a  
413 integridade da estrutura;
- 414 • O profissional responsável pela obra utiliza uma quantidade desnecessária de armadura  
415 transversal;
- 416 • A concepção estrutural proposta possui menos pilares, o que significa uma economia no gasto  
417 com fundações, além de facilitar futuras reformas;
- 418 • A concepção estrutural mostrou-se ineficiente e insegura, sendo que a locação proposta na OP  
419 apresentou melhores resultados, com baixo custo mesmo seguindo as prescrições normativas;
- 420 • Após o acréscimo do valor que seria gasto com o projeto estrutural, a realização da obra sem  
421 um projeto estrutural não resultou em uma economia financeiramente relevante, em 5,48 %.

## 422 **6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

423 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de**  
424 **estrutura de edificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

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

427 BELO HORIZONTE. Secretaria do Estado de Transportes e Obras Públicas. **Planilha referencial**  
428 **de preços unitários para obras de edificação e infraestrutura – Região Triângulo e Alto**  
429 **Paranaíba s/ desoneração**. Belo Horizonte, agosto 2019.

430 Eberick 2019. **Sotware para projetos estruturais em BIM – AltoQi**. Disponível em: <  
431 <https://www.altoqi.com.br/eberick/>>.

432 MACHADO, Paulo Junior Carvalho. **Comparativo entre dimensionamento segundo NBR**  
433 **6118/2014 e definições empíricas sem cálculo estrutural: Análise técnica e orçamentária**. São  
434 Paulo, Brasil: Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, 2016.

435 MORAES, Lucas Gomes. **A Importância de um Planejamento Estrutural para a Construção de**  
436 **uma Edificação**. Araraquara, 2018.

- 437 PAGNUSSATTI, Dagoberto. **Análise da estrutura de uma residência executada sem projeto**  
438 **estrutural em comparação com os resultados do dimensionamento da mesma de acordo com a**  
439 **NBR 6118:2003 – Estudo de caso.** Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, Brasil,  
440 2011.
- 441 SILVA, Vinycius Rufino dos Santos. **Análise comparativa de dois softwares de dimensionamento**  
442 **estrutural em concreto armado: estudo de caso de uma obra de pequeno porte.** Universidade  
443 Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, 2018.
- 444 SOUZA, Vicente Custódio Moreira.; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de**  
445 **estruturas de concreto.** Editora PINI Ltda. São Paulo, Brasil, 2009, 13p.
- 446 VALENTIM, Daniel Bride. PINHEIRO, Frederico Junior Queiroz. **Estudo de caso sobre uma**  
447 **estrutura em concreto armado de uma edificação e dois modelos estruturais que seguem a NBR**  
448 **6118:2014.** Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, Brasil, 2015.

## **APÊNDICE A – OBRA EXECUTADA**

TABELA A.1: ARMADURA LONGITUDINAL - OBRA EXECUTADA

Viga	Comprimento da viga (cm)	Comprimento da barra (cm)	Ancoragem (cm)	Número de barras (unid.)	Bitola (mm)	Área de aço (cm²)	Volume (cm³)	Massa (kg)	Preço	
									Unitário (R\$/kg)	Total (R\$)
V1	2200,0	2258,0	20,0	4	10,0	3,14	7156,55	56,19	3,97	223,09
V2	2200,0	2258,0	20,0	4	10,0	3,14	7156,55	56,19	3,97	223,09
V3	596,0	594,0	20,0	4	10,0	3,14	1928,94	15,15	3,97	60,13
V4	596,0	594,0	20,0	4	10,0	3,14	1928,94	15,15	3,97	60,13
V5	596,0	594,0	20,0	4	10,0	3,14	1928,94	15,15	3,97	60,13
V6	596,0	594,0	20,0	4	10,0	3,14	1928,94	15,15	3,97	60,13
V7	918,5	916,5	20,0	4	10,0	3,14	2942,10	23,10	3,97	91,71
V101	2200,0	2258,0	20,0	4	16,0	8,04	18320,77	143,86	3,85	553,85
V102	511,5	509,5	20,0	4	10,0	3,14	1663,47	13,06	3,97	51,86
V103	513,0	511,0	20,0	4	10,0	3,14	1668,19	13,10	3,97	52,00
V104	1210,0	1268,0	20,0	4	10,0	3,14	4046,37	31,77	3,97	126,14
V105	2200,0	2258,0	20,0	4	16,0	8,04	18320,77	143,86	3,85	553,85
V106	1517,0	1575,0	20,0	4	10,0	3,14	5010,84	39,35	3,97	156,20
V107	351,5	349,5	20,0	4	10,0	3,14	1160,82	9,11	3,97	36,19
V108	333,0	331,0	20,0	4	10,0	3,14	1102,70	8,66	3,97	34,37
V109	333,0	331,0	20,0	4	10,0	3,14	1102,70	8,66	3,97	34,37
V110	353,5	351,5	20,0	4	10,0	3,14	1167,10	9,16	3,97	36,38
V111	353,5	351,5	20,0	4	10,0	3,14	1167,10	9,16	3,97	36,38
V112	1067,0	1065,0	20,0	4	10,0	3,14	3408,63	26,77	3,97	106,26
V113	1067,0	1065,0	20,0	4	10,0	3,14	3408,63	26,77	3,97	106,26
V114	572,0	570,0	20,0	4	16,0	8,04	4745,06	37,26	3,85	143,45
V115	451,5	449,5	20,0	4	10,0	3,14	1474,98	11,58	3,97	45,98
V116	572,0	570,0	20,0	4	16,0	8,04	4745,06	37,26	3,85	143,45
V117	572,0	570,0	20,0	4	16,0	8,04	4745,06	37,26	3,85	143,45
V118	572,0	570,0	20,0	4	16,0	8,04	4745,06	37,26	3,85	143,45
V119	451,5	449,5	20,0	4	10,0	3,14	1474,98	11,58	3,97	45,98
V120	572,0	570,0	20,0	4	16,0	8,04	4745,06	37,26	3,85	143,45
V121	1067,0	1065,0	20,0	4	10,0	3,14	3408,63	26,77	3,97	106,26
V122	1067,0	1065,0	20,0	4	10,0	3,14	3408,63	26,77	3,97	106,26
V201	2200,0	2258,0	20,0	4	10,0	3,14	7156,55	56,19	3,97	223,09
V202	506,5	504,5	20,0	4	10,0	3,14	1647,77	12,94	3,97	51,37
V203	506,5	504,5	20,0	4	10,0	3,14	1647,77	12,94	3,97	51,37
V204	1210,0	1268,0	20,0	4	10,0	3,14	4046,37	31,77	3,97	126,14
V205	351,5	349,5	20,0	4	10,0	3,14	1160,82	9,11	3,97	36,19
V206	325,0	323,0	20,0	4	10,0	3,14	1077,57	8,46	3,97	33,59
V207	325,0	323,0	20,0	4	10,0	3,14	1077,57	8,46	3,97	33,59
V208	351,5	349,5	20,0	4	10,0	3,14	1160,82	9,11	3,97	36,19
V209	1517,0	1575,0	20,0	4	10,0	3,14	5010,84	39,35	3,97	156,20
V210	351,5	349,5	20,0	4	10,0	3,14	1160,82	9,11	3,97	36,19
V211	351,5	349,5	20,0	4	10,0	3,14	1160,82	9,11	3,97	36,19
V212	333,0	331,0	20,0	4	10,0	3,14	1102,70	8,66	3,97	34,37
V213	333,0	331,0	20,0	4	10,0	3,14	1102,70	8,66	3,97	34,37
V214	353,5	351,5	20,0	4	10,0	3,14	1167,10	9,16	3,97	36,38
V215	353,5	351,5	20,0	4	10,0	3,14	1167,10	9,16	3,97	36,38
V216	1067,0	1065,0	20,0	4	10,0	3,14	3408,63	26,77	3,97	106,26
V217	1068,5	1066,5	20,0	4	10,0	3,14	3413,34	26,80	3,97	106,40
V218	421,5	419,5	20,0	4	10,0	3,14	1380,73	10,84	3,97	43,04
V219	337,0	335,0	20,0	4	10,0	3,14	1115,27	8,76	3,97	34,77
V220	328,5	326,5	20,0	4	10,0	3,14	1088,56	8,55	3,97	33,93
V221	443,5	441,5	20,0	4	10,0	3,14	1449,85	11,38	3,97	45,20
V222	256,5	254,5	20,0	4	10,0	3,14	862,37	6,77	3,97	26,88
V223	256,5	254,5	20,0	4	10,0	3,14	862,37	6,77	3,97	26,88
V224	328,5	326,5	20,0	4	10,0	3,14	1088,56	8,55	3,97	33,93
V225	337,0	335,0	20,0	4	10,0	3,14	1115,27	8,76	3,97	34,77
V226	328,5	326,5	20,0	4	10,0	3,14	1088,56	8,55	3,97	33,93
V227	1068,5	1066,5	20,0	4	10,0	3,14	3413,34	26,80	3,97	106,40
V228	1067,0	1065,0	20,0	4	10,0	3,14	3408,63	26,77	3,97	106,26
<b>TOTAL:</b>								1370,64		5384,54

TABELA A.2: ARMADURA TRANSVERSAL - OBRA EXECUTADA

Viga	Comprimento (cm)	Base (cm)	Altura (cm)	Ancoragem (cm)	Número de estribos (unid.)	Área de aço (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa (kg)	Preço		
									Unitário (R\$/kg)	Total (R\$)	
V1	2200,0	11	30	10	147	28,86	2539,98	19,94	4,22	84,17	
V2	2200,0	11	30	11	147	28,86	2568,84	20,17	4,22	85,12	
V3	596,0	11	30	12	40	7,85	706,86	5,55	4,22	23,42	
V4	596,0	16	30	13	40	7,85	793,25	6,23	4,22	26,29	
V5	596,0	16	30	14	40	7,85	801,11	6,29	4,22	26,55	
V6	596,0	16	30	15	40	7,85	808,96	6,35	4,22	26,81	
V7	918,5	11	30	16	62	12,17	1144,33	8,99	4,22	37,92	
V101	2200,0	11	30	17	147	28,86	2742,02	21,53	4,22	90,86	
V102	511,5	11	30	18	35	6,87	659,73	5,18	4,22	21,86	
V103	513,0	11	30	19	35	6,87	666,61	5,23	4,22	22,09	
V104	1210,0	11	30	20	81	15,90	1558,62	12,24	4,22	51,65	
V105	2200,0	11	30	21	147	28,86	2857,48	22,44	4,22	94,69	
V106	1517,0	11	30	22	102	20,03	2002,77	15,73	4,22	66,36	
V107	351,5	11	30	23	24	4,71	475,95	3,74	4,22	15,77	
V108	333,0	11	30	24	23	4,52	460,64	3,62	4,22	15,26	
V109	333,0	11	30	25	23	4,52	465,15	3,65	4,22	15,41	
V110	353,5	11	30	26	24	4,71	490,09	3,85	4,22	16,24	
V111	353,5	11	30	27	24	4,71	494,80	3,89	4,22	16,40	
V112	566,0	16	50	28	38	7,46	1163,96	9,14	4,22	38,57	
	501,0	11	30	29	34	6,68	714,32	5,61	4,22	23,67	
V113	566,0	16	50	30	38	7,46	1178,88	9,26	4,22	39,06	
	501,0	11	30	31	34	6,68	727,67	5,71	4,22	24,11	
V114	572,0	16	50	32	39	7,66	1225,22	9,62	4,22	40,60	
V115	451,5	11	30	33	31	6,09	675,64	5,31	4,22	22,39	
V116	572,0	16	50	34	39	7,66	1240,54	9,74	4,22	41,11	
V117	572,0	16	50	35	39	7,66	1248,19	9,80	4,22	41,36	
V118	572,0	16	50	36	39	7,66	1255,85	9,86	4,22	41,61	
V119	451,5	11	30	37	31	6,09	699,99	5,50	4,22	23,19	
V120	572,0	16	50	38	39	7,66	1271,17	9,98	4,22	42,12	
V121	501,0	11	30	39	34	6,68	781,08	6,13	4,22	25,88	
	572,0	16	30	40	39	7,66	980,18	7,70	4,22	32,48	
V122	1067,0	11	30	41	72	14,14	1682,32	13,21	4,22	55,75	
V201	2200,0	11	30	42	147	28,86	3463,61	27,20	4,22	114,77	
V202	506,5	11	30	43	34	6,68	807,78	6,34	4,22	26,77	
V203	506,5	11	30	44	34	6,68	814,46	6,40	4,22	26,99	
V204	1210,0	11	30	45	81	15,90	1956,23	15,36	4,22	64,82	
V205	351,5	11	30	46	24	4,71	584,34	4,59	4,22	19,36	
V206	325,0	11	30	47	22	4,32	539,96	4,24	4,22	17,89	
V207	325,0	11	30	48	22	4,32	544,28	4,27	4,22	18,04	
V208	351,5	11	30	49	24	4,71	598,47	4,70	4,22	19,83	
V209	1517,0	11	30	50	102	20,03	2563,54	20,13	4,22	84,95	
V210	351,5	11	30	51	24	4,71	607,90	4,77	4,22	20,14	
V211	351,5	11	30	52	24	4,71	612,61	4,81	4,22	20,30	
V212	333,0	11	30	53	23	4,52	591,60	4,65	4,22	19,60	
V213	333,0	11	30	54	23	4,52	596,12	4,68	4,22	19,75	
V214	353,5	11	30	55	24	4,71	626,75	4,92	4,22	20,77	
V215	353,5	11	30	56	24	4,71	631,46	4,96	4,22	20,92	
V216	1067,0	11	30	57	72	14,14	1908,52	14,99	4,22	63,24	
V217	1068,5	11	30	58	72	14,14	1922,65	15,10	4,22	63,71	
V218	421,5	11	30	59	29	5,69	780,10	6,13	4,22	25,85	
V219	337,0	11	30	60	23	4,52	623,21	4,89	4,22	20,65	
V220	328,5	11	30	61	22	4,32	600,44	4,71	4,22	19,90	
V221	443,5	11	30	62	30	5,89	824,67	6,48	4,22	27,33	
V222	256,5	11	30	63	18	3,53	498,34	3,91	4,22	16,51	
V223	256,5	11	30	64	18	3,53	501,87	3,94	4,22	16,63	
V224	328,5	11	30	65	22	4,32	617,72	4,85	4,22	20,47	
V225	337,0	11	30	66	23	4,52	650,31	5,11	4,22	21,55	
V226	328,5	11	30	67	22	4,32	626,36	4,92	4,22	20,76	
V227	1068,5	11	30	68	72	14,14	2064,03	16,21	4,22	68,39	
V228	1067,0	11	30	69	72	14,14	2078,16	16,32	4,22	68,86	
<b>TOTAL:</b>											
								520,74		2197,52	

TABELA A.3: VOLUME DE CONCRETO E FÔRMAS - OBRA EXECUTADA

Viga	Comprimento (cm)	Base (cm)	Altura (cm)	Volume de Concreto (m³)	Preço		Fôrmas (m²)	Preço	
					Unitário (R\$/m³)	Total (R\$)		Unitário (R\$/m²)	Total (R\$)
V1	1840,0	11	30	0,61	215,72	130,99	13,06	5,53	72,29
V2	1840,0	11	30	0,61	215,72	130,99	13,06	5,53	72,29
V3	548,0	11	30	0,18	215,72	39,01	3,89	5,53	21,53
V4	548,0	16	30	0,26	215,72	56,74	4,16	5,53	23,05
V5	548,0	16	30	0,26	215,72	56,74	4,16	5,53	23,05
V6	548,0	16	30	0,26	215,72	56,74	4,16	5,53	23,05
V7	854,5	11	30	0,28	215,72	60,83	6,07	5,53	33,57
V101	1840,0	11	30	0,61	215,72	130,99	13,06	5,53	72,29
V102	498,5	11	30	0,16	215,72	35,49	3,54	5,53	19,58
V103	513,0	11	30	0,17	215,72	36,52	3,64	5,53	20,15
V104	1208,0	11	30	0,40	215,72	85,99	8,58	5,53	47,46
V105	1840,0	11	30	0,61	215,72	130,99	13,06	5,53	72,29
V106	1433,0	11	30	0,47	215,72	102,01	10,17	5,53	56,30
V107	339,5	11	30	0,11	215,72	24,17	2,41	5,53	13,34
V108	313,0	11	30	0,10	215,72	22,28	2,22	5,53	12,30
V109	313,0	11	30	0,10	215,72	22,28	2,22	5,53	12,30
V110	321,5	11	30	0,11	215,72	22,89	2,28	5,53	12,63
V111	321,5	11	30	0,11	215,72	22,89	2,28	5,53	12,63
V112	548,0	16	50	0,44	215,72	94,57	6,36	5,53	35,17
	463,0	11	30	0,15	215,72	32,96	3,29	5,53	18,19
V113	434,5	16	50	0,35	215,72	74,98	5,04	5,53	27,89
	537,0	11	30	0,18	215,72	38,23	3,81	5,53	21,10
V114	526,0	16	50	0,42	215,72	90,77	6,10	5,53	33,76
V115	416,5	11	30	0,14	215,72	29,65	2,96	5,53	16,36
V116	537,0	16	50	0,43	215,72	92,67	6,23	5,53	34,47
V117	640,0	16	50	0,51	215,72	110,45	7,42	5,53	41,08
V118	537,0	16	50	0,43	215,72	92,67	6,23	5,53	34,47
V119	416,5	11	30	0,14	215,72	29,65	2,96	5,53	16,36
V120	526,0	16	50	0,42	215,72	90,77	6,10	5,53	33,76
V121	445,5	11	30	0,15	215,72	31,71	3,16	5,53	17,50
	526,0	16	30	0,25	215,72	54,46	4,00	5,53	22,12
V122	980,0	11	30	0,32	215,72	69,76	6,96	5,53	38,50
V201	2040,0	11	30	0,67	215,72	145,22	14,48	5,53	80,14
V202	482,5	11	30	0,16	215,72	34,35	3,43	5,53	18,96
V203	482,5	11	30	0,16	215,72	34,35	3,43	5,53	18,96
V204	1134,0	11	30	0,37	215,72	80,73	8,05	5,53	44,55
V205	339,5	11	30	0,11	215,72	24,17	2,41	5,53	13,34
V218	386,5	11	30	0,13	215,72	27,51	2,74	5,53	15,18
V219	313,0	11	30	0,10	215,72	22,28	2,22	5,53	12,30
V220	296,5	11	30	0,10	215,72	21,11	2,11	5,53	11,65
V221	411,5	11	30	0,14	215,72	29,29	2,92	5,53	16,17
V222	233,5	11	30	0,08	215,72	16,62	1,66	5,53	9,17
V223	233,5	11	30	0,08	215,72	16,62	1,66	5,53	9,17
V224	296,5	11	30	0,10	215,72	21,11	2,11	5,53	11,65
V225	313,0	11	30	0,10	215,72	22,28	2,22	5,53	12,30
V226	386,5	11	30	0,13	215,72	27,51	2,74	5,53	15,18
V227	954,5	11	30	0,31	215,72	67,95	6,78	5,53	37,50
V228	952,0	11	30	0,31	215,72	67,77	6,76	5,53	37,40
<b>TOTAL:</b>				14,85		3203,31	292,53		1618,67

**APÊNDICE B – TABELA DA OBRA  
DIMENSIONADA**

TABELA B.1: ARMADURA LONGITUDINAL - OBRA DIMENSIONADA

Viga	Comprimento da viga (cm)	Comprimento da barra (cm)	Número de barra (unid.)	Bitola (mm)	Área de aço (cm²)	Volume (cm³)	Massa (kg)	Preço		Erro
								Unitário (R\$/kg)	Total (R\$)	
V1	2200,0	2242,0	4	8,0	2,01	4507,81	35,40	5,15	182,29	-
V2	2200,0	2242,0	4	8,0	2,01	4507,81	35,40	5,15	182,29	-
V3	596,0	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V4	596,0	606,0	4	8,0	2,01	1218,44	9,57	5,15	49,27	-
V5	596,0	607,0	4	8,0	2,01	1220,45	9,58	5,15	49,35	-
V6	596,0	610,0	4	8,0	2,01	1226,48	9,63	5,15	49,60	-
V7	918,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V101	2200,0	2288,0	4	8,0	2,01	4600,30	36,12	5,15	186,03	-
		470,0	1	8,0	0,50	236,25	1,86	5,15	9,55	-
V102	511,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V103	513,0	533,5	4	8,0	2,01	1072,67	8,42	5,15	43,38	-
V104	1210,0	1260,0	4	10,0	3,14	3958,41	31,08	3,97	123,40	-
V105	2200,0	2281,5	4	8,0	2,01	4587,23	36,02	5,15	185,50	-
V106	1517,0	1586,5	4	10,0	3,14	4984,14	39,14	3,97	155,37	-
V107	351,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V108	333,0	365,5	4	8,0	2,01	734,88	5,77	5,15	29,72	-
V109	333,0	364,0	4	8,0	2,01	731,87	5,75	5,15	29,60	-
V110	353,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V111	353,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V112	1067,0	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V113	1067,0	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V114	572,0	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V115	451,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V116	572,0	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V117	572,0	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V118	572,0	631,5	4	12,5	4,91	3099,87	24,34	3,85	93,71	-
		330,0	1	12,5	1,23	404,97	3,18	3,85	12,24	-
V119	451,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V120	572,0	611,0	8	12,5	9,82	5998,48	47,10	3,85	181,34	-
V121	1067,0	1277,5	4	12,5	4,91	6270,91	49,24	3,85	189,58	-
		270,0	2	12,5	2,45	662,68	5,20	3,85	20,03	-
		550,0	1	12,5	1,23	674,95	5,30	3,85	20,40	-
		108,0	3	6,3	0,94	101,00	0,79	4,84	3,84	-
V122	1067,0	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V201	2200,0	2231,0	4	10,0	3,14	7008,89	55,04	3,97	218,49	-
V202	506,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V203	506,5	533,5	4	10,0	3,14	1676,04	13,16	3,97	52,25	-
V204	1210,0	1264,5	4	10,0	3,14	3972,54	31,19	3,97	123,84	-
		230,0	1	10,0	0,79	180,64	1,42	3,97	5,63	-
V205	351,5	379,5	4	10,0	3,14	1192,23	9,36	3,97	37,17	-
V206	325,0	342,0	4	8,0	2,01	687,63	5,40	5,15	27,81	-
V207	325,0	342,0	4	8,0	2,01	687,63	5,40	5,15	27,81	-
V208	351,5	379,5	4	10,0	3,14	1192,23	9,36	3,97	37,17	-
V209	1517,0	1579,0	4	8,0	2,01	3174,77	24,93	5,15	128,38	-
		250,0	1	8,0	0,50	125,66	0,99	5,15	5,08	-
V210	351,5	339,5	4	10,0	3,14	1066,57	8,37	3,97	33,25	-
V211	351,5	379,5	4	10,0	3,14	1192,23	9,36	3,97	37,17	-
V212	333,0	715,0	4	8,0	2,01	1437,59	11,29	5,15	58,13	-
V213	333,0	359,0	4	8,0	2,01	721,81	5,67	5,15	29,19	-
V214	353,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V215	353,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V216	1067,0	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V217	1068,5	1108,5	4	10,0	3,14	3482,46	27,34	3,97	108,56	-
		663,0	1	10,0	0,79	520,72	4,09	3,97	16,23	-
V218	421,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V219	337,0	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V220	328,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V221	443,5	928,0	4	10,0	3,14	2915,40	22,89	3,97	90,88	-
V222	256,5	285,5	4	8,0	2,01	574,03	4,51	5,15	23,21	-
V223	256,5	285,5	4	8,0	2,01	574,03	4,51	5,15	23,21	-
V224	328,5	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
V227	1068,5	1111,5	4	10,0	3,14	3491,88	27,42	3,97	108,85	-
		650,0	1	10,0	0,79	510,51	4,01	3,97	15,91	-
		298,0	2	10,0	1,57	468,10	3,68	3,97	14,59	-
V228	1067,0	ERRO	-	-	-	-	-	-	-	D15
<b>TOTAL:</b>							688,27		3019,31	

## **APÊNDICE C – COMPARAÇÕES**

**TABELA C.1: COMPARAÇÃO - ARMADURA LONGITUDINAL**

Viga	Quantidade			Comparação	Comparação
	Executada	Dimensionada	Corrigida	OE-OD	OE-OC
	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(%)	(%)
V1	56,19	35,40	35,13	58,76	59,98
V2	56,19	35,40	35,13	58,76	59,98
V3	15,15	ERRO	12,38	-	22,35
V4	15,15	9,57	9,17	58,31	65,17
V5	15,15	9,58	9,26	58,05	63,57
V6	15,15	9,63	9,33	57,27	62,34
V7	23,10	ERRO	20,15	-	14,65
V101	143,86	37,98	39,01	278,80	268,77
V102	13,06	ERRO	10,79	-	21,06
V103	13,10	8,42	8,43	55,52	55,38
V104	31,77	31,08	30,74	2,22	3,36
V105	143,86	36,02	34,76	299,39	313,86
V106	39,35	39,14	31,52	0,54	24,83
V107	9,11	ERRO	7,69	-	18,53
V108	8,66	5,77	7,14	50,05	21,27
V109	8,66	5,75	8,57	50,67	1,03
V110	9,16	ERRO	11,43	-	-19,82
V111	9,16	ERRO	5,84	-	56,92
V112	26,77	ERRO	76,07	-	-64,81
V113	26,77	ERRO	54,58	-	-50,96
V114	37,26	ERRO	42,18	-	-11,67
V115	11,58	ERRO	7,48	-	54,84
V116	37,26	ERRO	60,02	-	-37,92
V117	37,26	ERRO	59,77	-	-37,66
V118	37,26	27,52	28,31	35,39	31,61
V119	11,58	ERRO	7,9	-	46,61
V120	37,26	47,10	18,54	-20,90	100,97
V121	26,77	60,54	50,82	-55,79	-47,33
V122	26,77	ERRO	62,94	-	-57,48
V201	56,19	55,04	45,22	2,11	24,27
V202	12,94	ERRO	8,41	-	53,85
V203	12,94	13,16	13,14	-1,69	-1,53
V204	31,77	32,61	25,47	-2,57	24,75
V205	9,11	9,36	7,5	-2,64	21,53
V206	8,46	5,40	5,26	56,71	60,86
V207	8,46	5,40	5,33	56,71	58,75
V208	9,11	9,36	7,5	-2,64	21,53
V209	39,35	25,92	24,34	51,82	61,65
V210	9,11	8,37	7,55	8,84	20,73
V227	26,80	35,10	39,12	-23,65	-31,49
V228	26,77	ERRO	17,76	-	50,71
<b>TOTAL:</b>	1370,64	688,27	1163,57		84,89

**TABELA C.2: COMPARAÇÃO VIGAS**

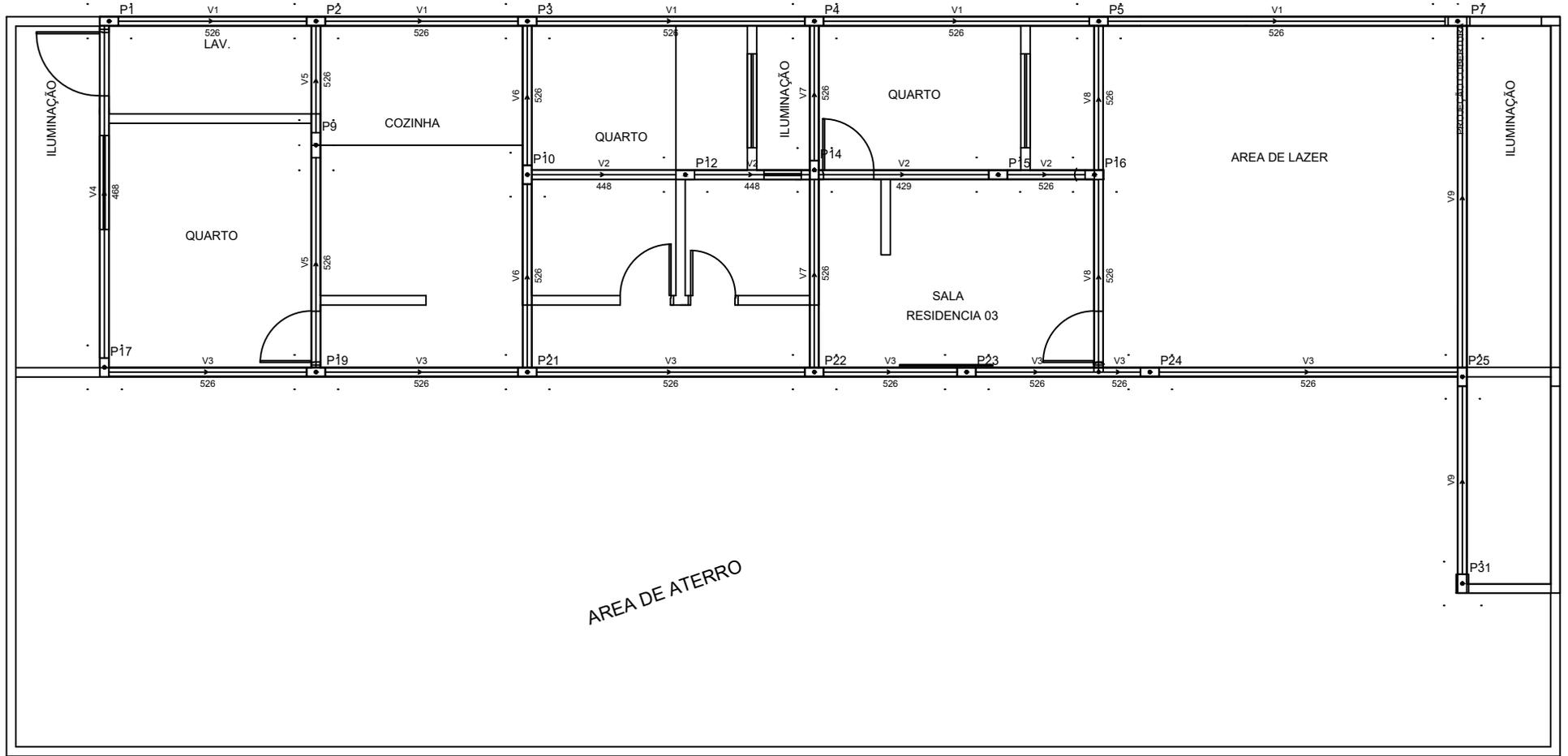
Elementos	Preço Total		
	Obra Executada	Obra Corrigida	Obra Projetada
	(R\$)	(R\$)	(R\$)
Armadura Longitudina	5.384,54	5.128,76	5.026,65
Armadura Transversal	2.197,52	1.412,88	1.183,99
Armaduras totais - Vigas	7.582,06	6.541,63	6.210,64
Concreto - Vigas	3.203,31	3.429,91	3.506,93
Fôrmas - Vigas	1.618,67	1.688,43	1.516,70
Total - Vigas	12.404,05	11.659,97	11.234,26

**TABELA C.3: COMPARAÇÃO PILARES**

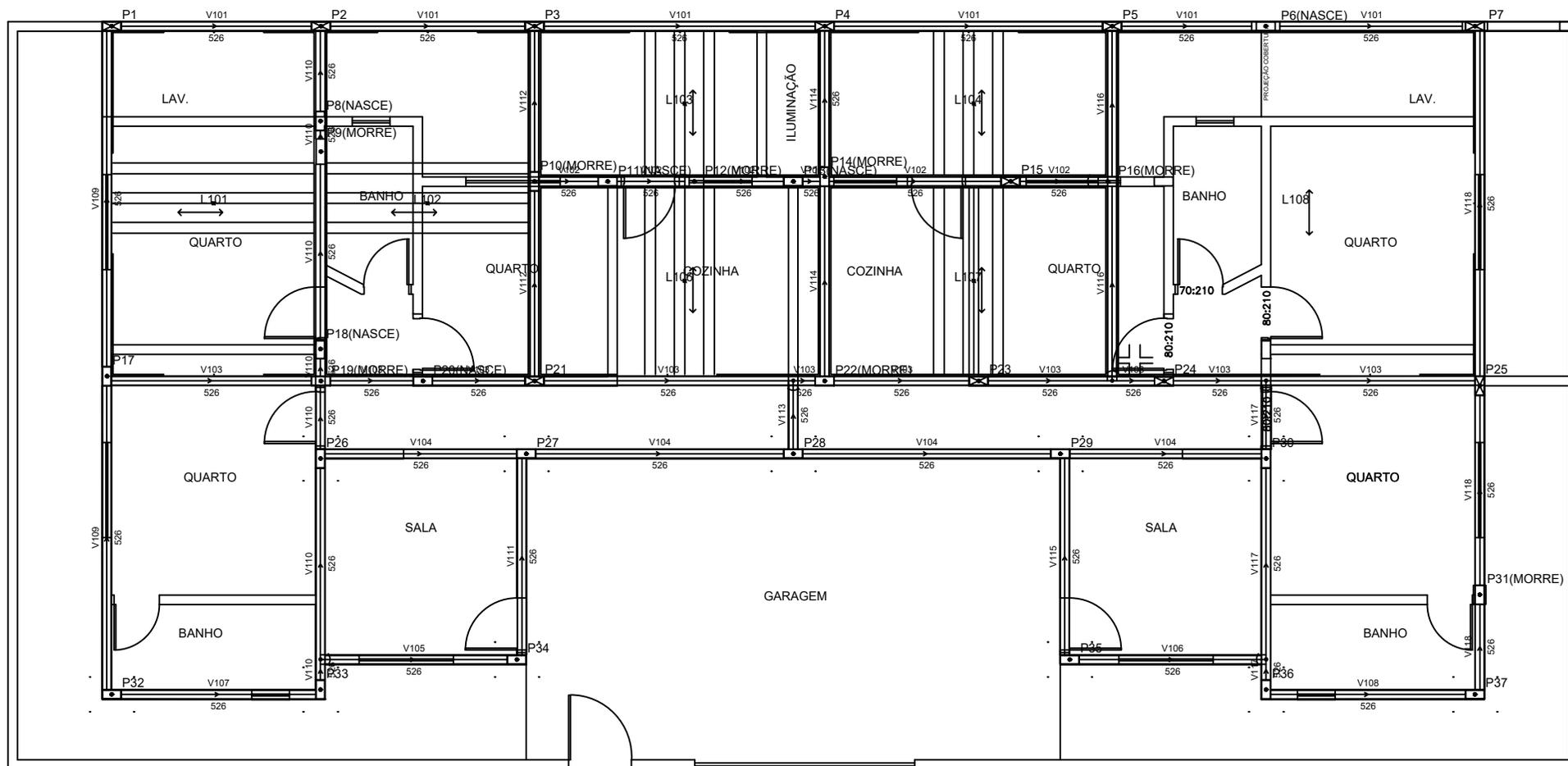
Elementos	Preço Total		
	Obra Executada	Obra Corrigida	Obra Projetada
	(R\$)	(R\$)	(R\$)
Armadura Longitudina	2.893,13	3.273,03	3.236,68
Armadura Transversal	1.206,08	1.038,92	817,12
Fôrmas - Pilares	899,50	1.083,98	905,81
Total - Pilares	6.453,53	7.454,42	6.716,83

## **APÊNDICE D – LOCAÇÃO DA ESTRUTURA PROPOSTA**

# Planta de Fôrmas do Térreo - Obra Projetada



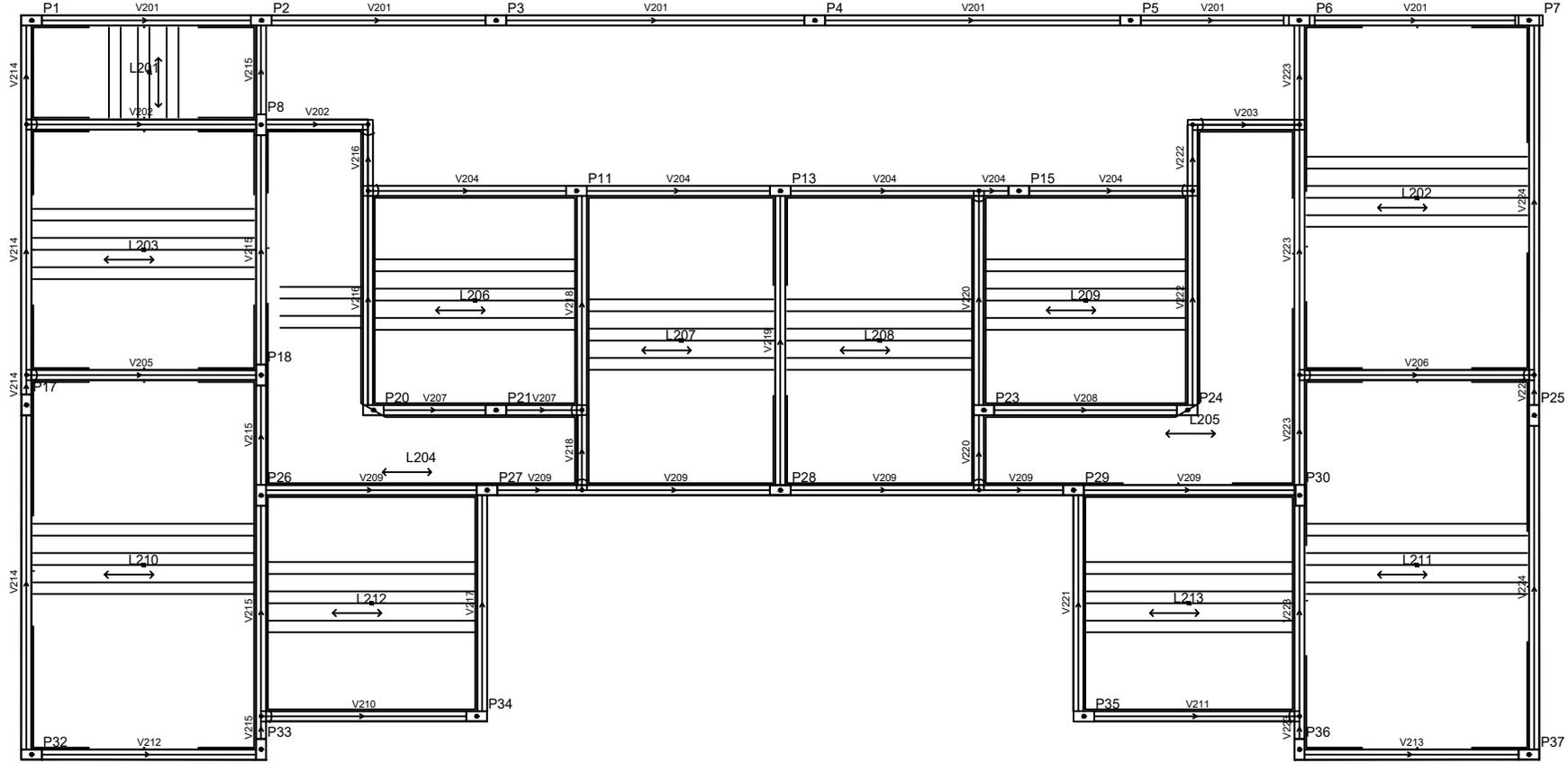
# Planta de Fôrmas do Pavimento Tipo - Obra Projetada



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

# Planta de Fôrmas da Cobertura - Obra Projetada

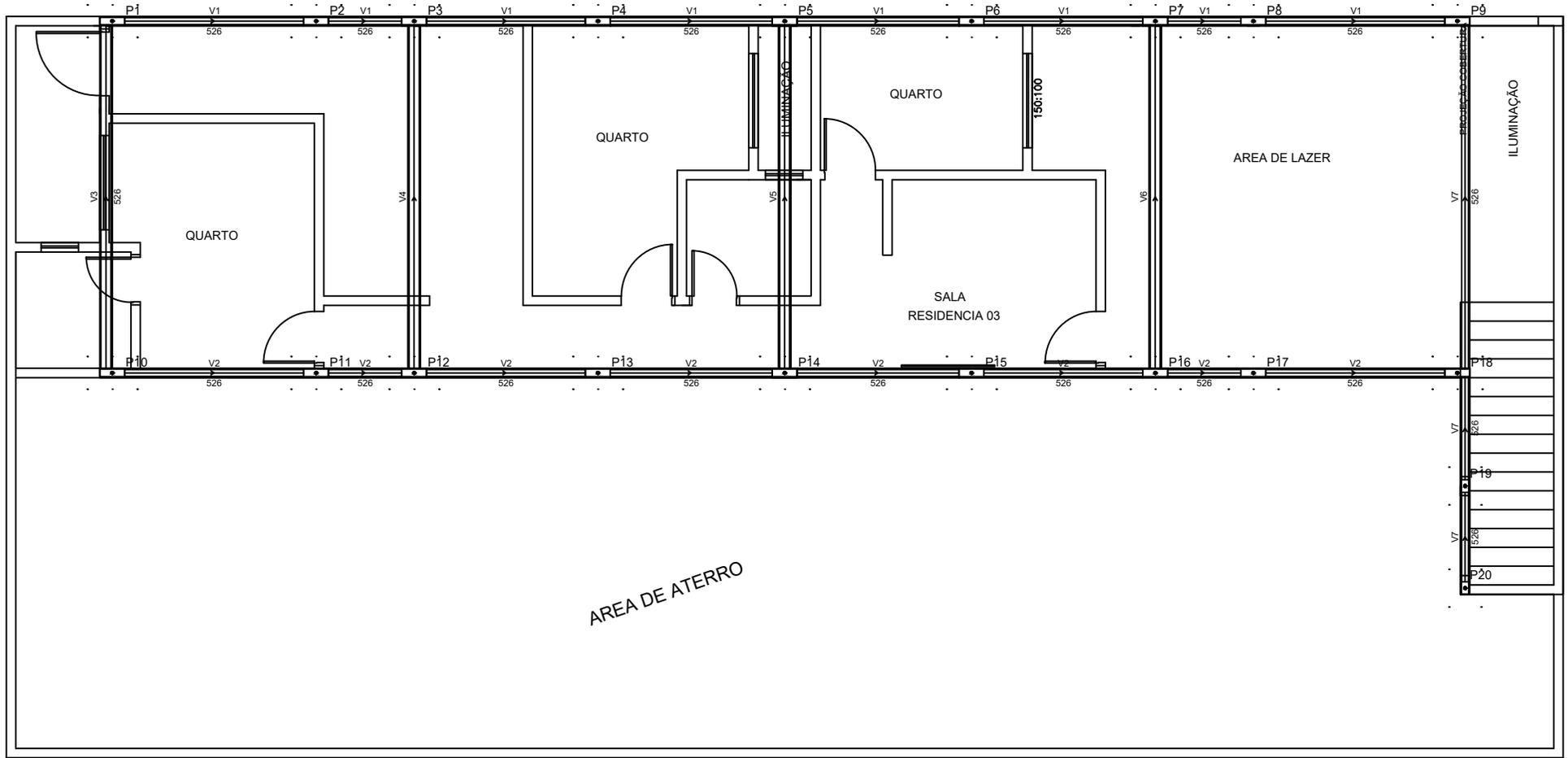


PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

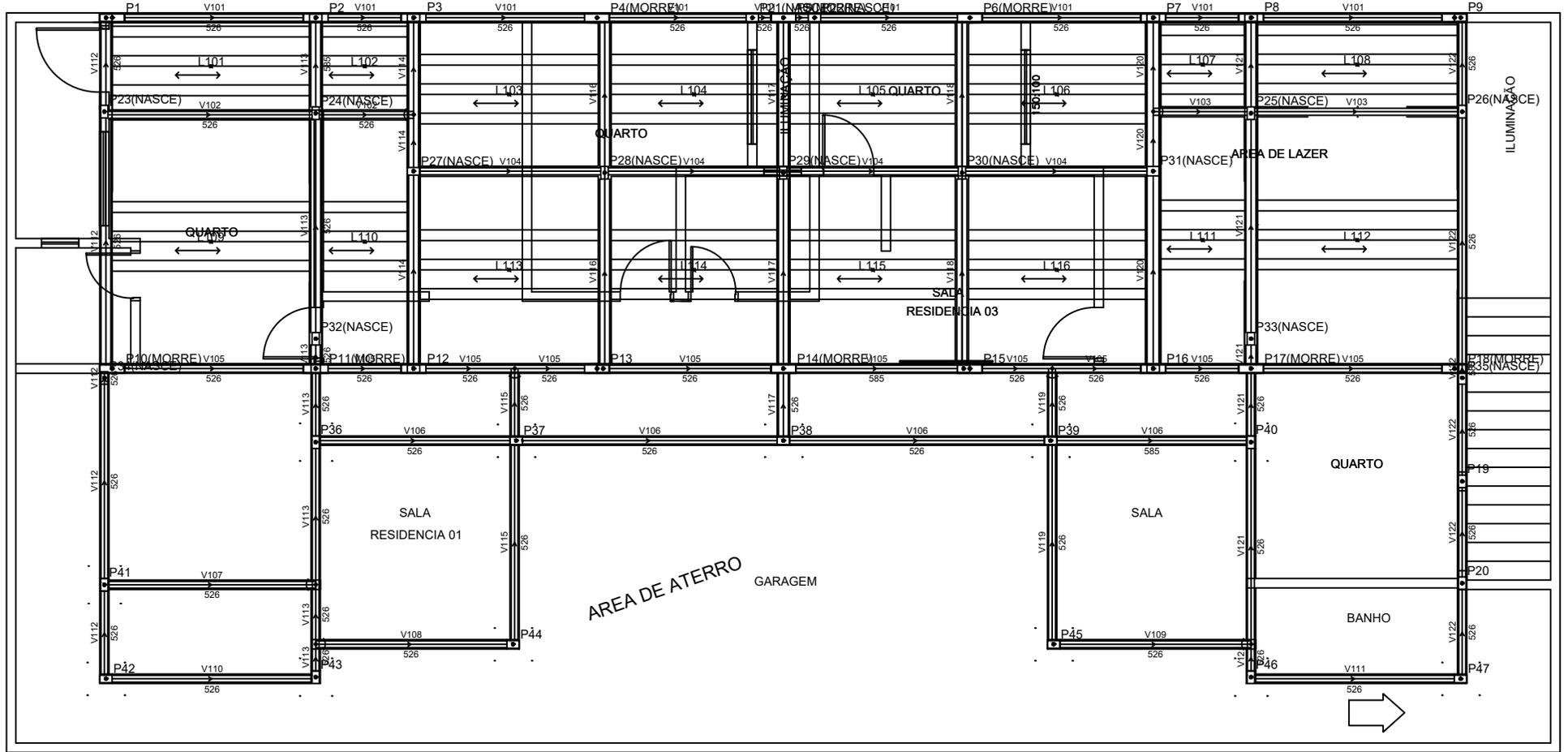
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

## **APÊNDICE E – LOCAÇÃO DA ESTRUTURA EXECUTADA**

# Planta de Fôrmas do Térreo - Obra Executada



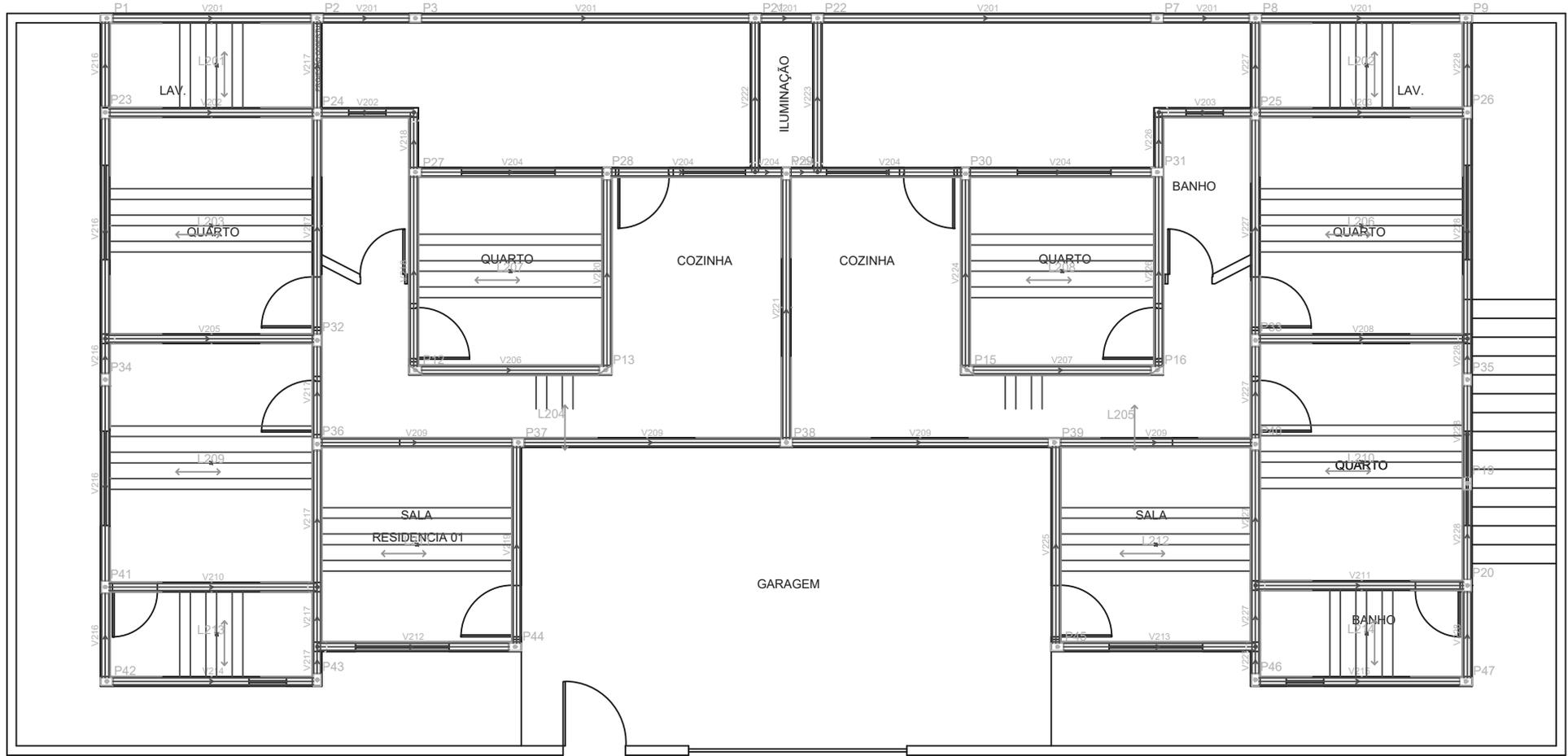
# Planta de Fôrmas do Pavimento Tipo - Obra Executada



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

# Planta de Fôrmas da Cobertura - Obra Executada



## **APÊNDICE F – GRÁFICOS**

Figura F.1: Total - Vigas

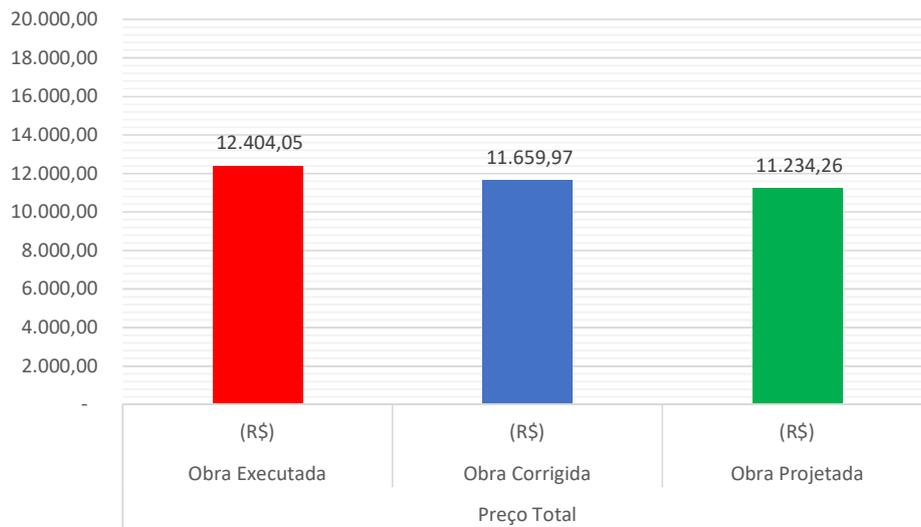


Figura F.2: Total - Pilares

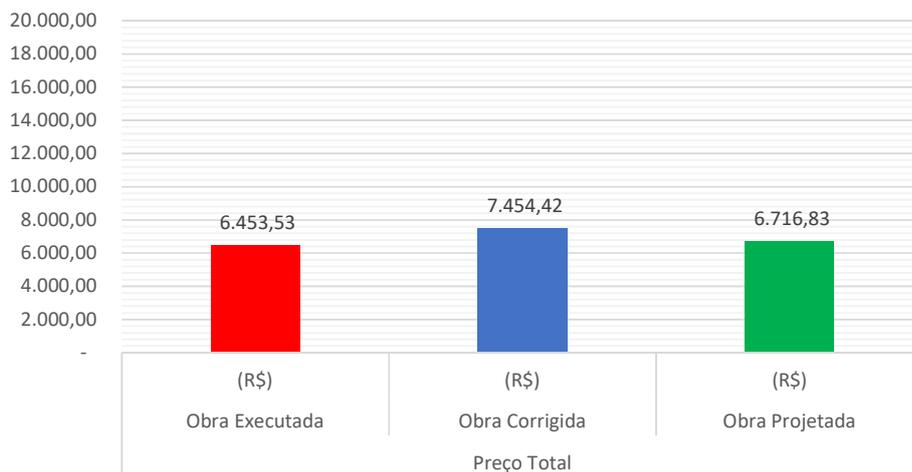
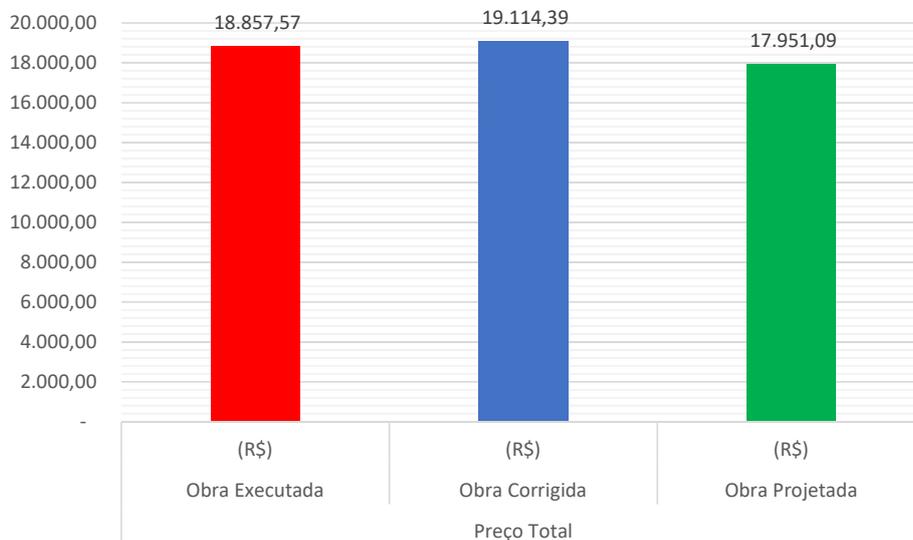


Figura F.3: Total Estrutura



**ANEXO A – PLANTA BAIXA DO  
PAVIMENTO SUPERIOR**



**ANEXO B – PLANTA BAIXA DO  
PAVIMENTO INFERIOR**

