

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**ANÁLISE COMPARATIVA ECONÔMICA ENTRE A ARMADURA DE AÇO
CORTADA E DOBRADA *IN LOCO* E INDUSTRIALIZADA DE UMA EDIFICAÇÃO
EM TEÓFILO OTONI-MG**

**TEÓFILO OTONI
2018**

**ADRIANO CHAVES DE SOUZA
CARLOS EDUARDO FERNANDES MARTINS SALOMÃO
GERISLENE LOPES PEREIRA**

FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI-MG

**ANÁLISE COMPARATIVA ECONÔMICA ENTRE A ARMADURA DE AÇO
CORTADA E DOBRADA *IN LOCO* E INDUSTRIALIZADA DE UMA EDIFICAÇÃO
EM TEÓFILO OTONI-MG**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil das Faculdades Unificadas de
Teófilo Otoni, como requisito parcial
para a obtenção do grau de bacharel
em Engenharia Civil.**

**Área de concentração: Estrutura de
materiais**

**Orientadora Prof.(a) Glaucimar Lima
Dutra**

TEÓFILO OTONI

2018



FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Análise comparativa econômica entre a armadura de aço cortada e dobrada "in loco" e industrializada de uma edificação em Teófilo Otoni-MG, elaborado pelos alunos Adriano Chaves de Souza, Carlos Eduardo Fernandes Martins Salomão e Gerislene Lopes Pereira, foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de Engenharia Civil das Faculdades Unificadas Teófilo Otoni, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL

Teófilo Otoni, 11 de dezembro de 2018

Glaucimar Lima Dutra

Glaucimar Lima Dutra

Keytiane Iolanda Moura

Keytiane Iolanda Moura

Raphael Neves de Matos

Raphael Neves de Matos

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus pela força, sabedoria, nessa jornada que nos possibilitou a chegar ao nosso objetivo.

Ao engenheiro civil Gilmar Baldow Burmann pelo auxílio com as informações prestadas neste trabalho.

Gratidão também a nossa Orientadora Glaucomar Lima Dutra, pela dedicação na orientação deste trabalho, pelo incentivo e ensinamentos transmitidos.

Por fim, a todos os nossos amigos, colegas e professores que contribuíram para a realização deste trabalho, nosso muito obrigado!

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CD - Corte e Dobra

CSN - Companhia Siderúrgica Nacional

IAB - Instituto Aço Brasil

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diâmetro dos pinos de dobramento	31
Figura 2 - Ilustração genérica demonstrativa dos espaçamentos dos estribos em uma viga.....	32
Figura 3 - Ferramentas de corte de barras de aço	33
Figura 4 - Ferramentas para dobra de barras de aço.....	34
Figura 5 - Disposição dos pinos para confecção das dobras em barras de aço	35
Figura 6 - Montagem das armaduras	36
Figura 7 - Armadura montada e posicionada no local destinado.....	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Porcentagem de gasto com materiais e ferramentas para o corte e dobra do aço <i>in loco</i>	48
Gráfico 2 - Porcentagem de consumo e custo por quilogramas de aço para cada tipo de barra.....	50
Gráfico 3 - Valores em Porcentagem dos custos dos insumos no método <i>in loco</i>	51
Gráfico 4 - Análise comparativa do custo total entre os métodos.....	53
Gráfico 5 - Análise comparativa de corte e dobra entre os métodos industrializado e <i>in loco</i> em relação ao desperdício.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características de produção das barras de aço.....	28
Tabela 2 - Características de produção dos fios de aço	29
Tabela 3 - Custo de mão de obra.....	45
Tabela 4 - Valor da confecção das armações por tipo de operários	46
Tabela 5 - Materiais para confecção das armaduras de aço coletado na obra	47
Tabela 6 - Peso e custo total da quantidade de barras de aço coletado por meio do projeto estrutural	49
Tabela 7 - Custo do total do método in loco.....	51
Tabela 8 - Custo total do método industrializado	52

RESUMO

Com a disseminação do concreto armado a avaliação dos métodos para a confecção de armaduras de aço se torna um fator importante na construção civil em termos econômicos. O método industrializado, que é o corte e dobra do aço por uma empresa terceirizada, fabrica as armaduras fora da construção, está ganhando espaço dentro do setor, buscando eficiência para as tarefas antes executadas pelo método *in loco*, o qual desenvolve todas as atividades do processo da montagem da armadura de aço no canteiro de obra. Por meio dos ganhos de produtividade que o método industrializado proporciona além de promover redução de custos nos empreendimentos. Através de estudo de caso, buscou-se entender como os métodos descritos e quais melhorias eles propõem para o sistema de armação de elementos estruturais. Além disso, o trabalho buscou informações sobre como esses métodos impactam financeiramente nas construções civis. Foi identificado que a opção pelo corte e dobra industrializada de fato implica num ganho de produtividade para a obra, contudo não elimina por completo a necessidade do trabalho manual dessa atividade. Portanto, este estudo tem como objetivo fazer uma análise econômica do aço cortado e dobrado *in loco* e comparar com os valores do industrializado na cidade de Teófilo Otoni – Minas Gerais.

Palavras-chave: Métodos. Corte e dobra. Economia financeira.

ABSTRACT

With the dissemination of reinforced concrete the evaluation of the methods for the manufacture of steel reinforcement becomes an important factor in the civil construction in economic terms. The industrialized method, which is the cutting and bending of steel by an outsourced company, manufactures the armatures outside the construction, is gaining space within the sector, seeking efficiency for the tasks previously performed by the in loco method, which develops all the activities of the process of assembling the steel reinforcement at the construction site. Through the productivity gains that the industrialized method provides in addition to promoting cost reduction in the projects. Through a case study, we sought to understand how the methods described and what improvements they propose for the framework system of structural elements. In addition, the work sought information on how these methods impact financially on civilian construction. It was identified that the option of industrialized cutting and folding actually implies a productivity gain for the work, however it does not completely eliminate the need for manual labor of this activity. Therefore, this study aims to make an economic analysis of the steel cut and folded in loco and compare with the values of the industrialized in the city of Teófilo Otoni - Minas Gerais.

Keywords: Methods. Cut and fold. Financial economy.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 Origem histórica do concreto armado	25
2.2 O desenvolvimento de armaduras de aço no Brasil	26
2.3 Tipos de aço para armaduras	27
2.4 Armaduras de aço	29
2.4.1 Armaduras Longitudinais	29
2.4.2 Armaduras Transversais	31
2.4.3 Procedimento de montagem das armaduras.....	33
2.4.3.1 <i>Processo de corte</i>	33
2.4.3.2 <i>Processo de dobra</i>	34
2.4.3.3 <i>Processo de montagem dos elementos</i>	35
2.5 Desvantagens e vantagens dos métodos de corte e dobra de vergalhões de aço	37
2.5.1 Método <i>in loco</i>	37
2.5.2 Método Industrializado	38
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS DA PESQUISA	39
3.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins	39
3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios	39
3.2.1 Quanto ao delineamento	39
3.2.2 Obra em estudo.....	40
3.2.3 Procedimento de coleta de dados	40
3.2.3.1 <i>Dados do Método in loco</i>	41
3.2.3.2 <i>Dados do Método Industrializado</i>	41
3.3 Tratamento dos dados	41

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1 Análise Método <i>in loco</i>	45
4.1.1 Encargos de Mão de Obras	45
4.1.2 Materiais e equipamentos para Corte e Dobra	46
4.1.3 Consumo de Aço	48
4.1.4 Análise econômica do método <i>in loco</i>	50
4.2 Análise do método industrializado	52
4.3 Análise Comparativa dos Métodos	52
5 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	61
Anexo A – Orçamento dos equipamentos de proteção individual	64
Anexo B – Orçamento da quantidade de custo dos materiais e ferramentas total	65
Anexo C – Orçamento da quantidade de custo do aço total	66
Anexo D – Projetos	68
D.1 – Projeto estrutural planta de fundação	67
D.2 – Projeto estrutural marcação da obra	69
D.3 – Projeto estrutural vigamento 1ª laje	71
D.4 – Projeto estrutural vigamento 2ª laje	73

1 INTRODUÇÃO

Atualmente projetar uma obra tornou-se algo simples para os engenheiros civis, com custos menores e com maior precisão dos detalhes no projeto. Este desenvolvimento coopera em diversas áreas do ramo, inclusive para a industrialização do aço cortado e dobrado utilizado na composição da armadura do concreto armado. Na Europa, o uso deste meio já atinge 85% das obras, enquanto no Brasil apenas 15 a 20% (FERREIRA, 2013).

Ainda segundo o autor, neste contexto, destacam-se o método *in loco*, que é o corte e a dobra do aço, ou seja, a produção da armadura é realizada dentro do canteiro de obra. Já o método industrializado caracteriza-se no fornecimento de aço cortado e dobrado para concreto armado produzida fora do canteiro de obras por empresa especializada para essa finalidade. A mão de obra é reduzida no método industrializado, pois os armadores não precisam manusear cortar e moldar vergalhões longos de aço, requisitando, assim, uma maior especialização dos profissionais que realizam basicamente uma única tarefa. Dependendo da obra a produção da armadura *in loco* pode ser 5% mais caro que o industrializado, devido aos desperdícios.

No Brasil, o processo de industrialização da armadura de aço está em desenvolvimento e vem apresentando vantagens principalmente no ganho de produtividade na obra pelo fato de reduzir a etapa da montagem e corte da armadura. Outra vantagem deste processo é a qualidade da estrutura armada, pois a desqualificação do profissional no canteiro de obras reflete na perda de precisão e no desperdício, refletindo no desempenho estrutural das peças e nos custos finais das obras.

Devido ao sucesso do concreto armado, houve uma grande necessidade no mercado de desenvolver técnicas e meios para baixar os custos e o tempo de uma construção, favorecendo o seu uso em diversas áreas da engenharia civil. Com isto o mercado do aço cresceu e assim, também, a necessidade de corte e dobra para a confecção das armaduras do concreto armado de forma mais precisa e rápida. Pensando nisto será avaliado qual método é viável em termos financeiros.

Na cidade de Teófilo Otoni em Minas Gerais, o processo de industrialização das armaduras de aço está em grande destaque no mercado da construção civil.

Entretanto, atualmente não há indícios de comparação entre os métodos industrializados e *in loco* na região, o que se faz necessário para avaliar qual método permite ganhos tanto econômicos e sociais para a mesma. Além disso, é fundamental atentar aos consumidores quais são as vantagens e as desvantagens de cada método para que os mesmos não sofram perdas ou prejuízos. Portanto, este trabalho também tem um enfoque social e informativo, provendo ainda subsídios para futuras pesquisas e ações na cidade.

Dessa forma, a pesquisa se classifica como descritiva, pois relata a análise de viabilidade econômica da confecção de armadura de aço, observando os fatores que contribuem ou determinam a ocorrência dos meios utilizados na Construção Civil através de um estudo de caso.

Buscou-se por meio de artigos, livros e outros elucidar o tema abordado, de forma a definir, contextualizar e relatar argumentos sobre as técnicas analisadas (industrial e *in loco*). No estudo de caso, a temática é estudada de forma prática e crítica através de uma edificação que irá utilizar um dos métodos em análise. A pesquisa abrange também os principais aspectos econômicos representados por gráficos e tabelas, além de fazer comparações com o valor global do quilo de aço fornecido pela empresa mais os preços de mão de obra *in loco*, retirados da tabela SINAPI (Custos de Composição Sintético - Minas Gerais – Outubro/2018) com os encargos complementares, e ainda, pelas armaduras industrializadas por meio de consulta às empresas prestadoras dos serviços na cidade.

Assim, este trabalho tem como finalidade realizar uma análise econômica entre a armadura de aço cortada e dobra *in loco* e industrializada na cidade de Teófilo Otoni, comparando custos por meio de estudo de caso.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem histórica do concreto armado

A necessidade de construir surgiu a partir da fixação do homem por um determinado local, no qual precisava se resguardar dos perigos da natureza. Por isso, desenvolveu-se a atividade da construção através do surgimento de novos materiais e novas técnicas.

De acordo com Verçoza (1975), até o período das grandes descobertas, a técnica resumia-se em modelar os materiais encontrados na natureza, na sua forma bruta (pedra, barro, madeira, metais e fibras). Com o passar do tempo fizeram-se necessários materiais com maior resistência, durabilidade e qualidade, devido aos grandes padrões de exigências requeridos. De 1850 até 1859, Joseph Louis Lambot realizava as primeiras experiências práticas introduzindo barras de ferro na massa de concreto, dando início ao concreto armado.

O termo concreto de ferro foi empregado até 1920, com o advento da produção do aço, o ferro foi substituído, e logo surge a expressão “concreto armado”, pois o material passa ser o aço no lugar do ferro. E em seguida, Joseph Monier aprimora as experiências e fica conhecido como o inventor do concreto armado (VASCONCELOS, 1992).

O vergalhão é definido como uma barra ou um fio de aço que compõe a armadura, tornando-se um elemento indispensável para a Construção Civil, pois a grande maioria das obras civis empregam parcialmente ou totalmente em sua estrutura elementos de concreto armado, seja vigas, lajes e/ou pilares (FREIRE, 2001). Conforme diz Felício (2012) o processo de fabricação dos vergalhões consiste na transformação do aço siderúrgico através da técnica de laminação a quente ou a frio. A laminação é uma técnica na qual transforma o aço, em temperatura elevada (laminação a quente) ou ambiente (laminação a frio), por meio de uma série de rolos que o conforma na geometria desejada.

Até o final dos anos 70, os serviços de corte e dobra no Brasil eram executados de forma artesanal, usando muita mão de obra. Na Europa, já se percebia um desenvolvimento importante para a época. Os níveis de industrialização

e automatização dos serviços de corte e dobra de aço para construção civil eram, para o momento, bastante avançados. Conhecendo a realidade brasileira e a tecnologia europeia, um imigrante polonês, Sr. Leon Herzog, trouxe para o Brasil, em 1989, a primeira filial de sua distribuidora como prestadora desses serviços em São Paulo (VITORINO FILHO, 2010).

Desta forma, até a década de 1990 o vergalhão era vendido, geralmente em barras com 12 metros de comprimento havendo grande desperdício de material em situações que não era necessário o uso de toda barra para a confecção das armaduras. Em meados da década de 1990, com esse novo processo, o vergalhão é retirado de bobinas de duas toneladas, passando por uma máquina de CD (Corte e Dobra), eliminando as perdas de material nas obras (ARAÚJO, 2013).

2.2 O desenvolvimento de armaduras de aço no Brasil

É impossível imaginar o desenvolvimento das sociedades modernas sem a utilização do aço. Quanto maior a produção de aço, maior o desenvolvimento econômico de um país, podendo este ser um indicador de crescimento. O aumento do consumo do aço cresce proporcionalmente às construções diversas que o empregam, tem-se, como exemplo, o aço destinado para as armaduras de concreto (HAAS, 2016).

O mercado de aço no Brasil é controlado por várias empresas, tais como: ArcelorMittal, Gerdau, Votorantim, Usiminas e CSN (Companhia Siderúrgica Nacional).

Segundo o Instituto Aço Brasil (2014), no ano 2000, o Brasil importava da China 12 mil toneladas, enquanto que, no ano de 2014, este valor subiu para 2,1 milhões de toneladas, com destaque na Construção Civil que foi responsável por 36,7% do consumo de aço brasileiro.

Na construção civil, dois métodos podem ser empregados na produção da armadura de aço: *in loco* e industrializado. O método *in loco* é ainda o mais empregado no Brasil, onde a produção da armadura é toda realizada no canteiro de obras. Já o método industrializado consiste em otimizar o processo de produção produzindo armaduras fora do canteiro de obras, as pioneiras neste mercado no

Brasil foram as empresas Gerdau e Belga no final da década de 1980 (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2007)

Segundo Chaim (2001), 88% das construtoras do país preparam suas armaduras *in loco* indicando que há um elevado percentual de consumidores que ainda não aderiram ao processo industrializado. Entretanto, dados da empresa Belga, 43% das construtoras já estão utilizando o método industrializado.

2.3 Tipos de aço para armaduras

O aço destinado para armaduras de concreto armado deve estar em conformidade com a Norma Brasileira (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a ABNT NBR 7480:2007 que diz: assim como as variáveis físicas do aço, tal como os requisitos exigidos para encomenda, fabricação e fornecimento de barras e fios, com ou sem revestimento superficial.

De acordo com a ABNT NBR 7480:2007, as barras de aço são produzidas por laminação a quente e possuem diâmetro igual ou superior a 6,3 mm, enquanto os fios são produzidos por trefilação ou laminação a frio com diâmetro igual ou inferior a 10mm. As barras e fios utilizados no concreto armado devem possuir teor de carbono entre 0,08% e 0,5%, o que define a classificação desses elementos como aço, uma vez que o nível de carbono para o material ser classificado como aço deve ser inferior a 2,04% (CARVALHO, FIGUEIREDO FILHO, 2012).

A resistência ao escoamento do aço à tração é uma característica fundamental do aço que indica a máxima tensão que as barras e os fios devem suportar (CARVALHO, FIGUEIREDO FILHO, 2012).

Ainda segundo os autores, são fabricadas barras com resistências de 25 kN/cm² e de 50 kN/cm², identificadas pelas siglas CA-25 e CA-50, respectivamente, onde CA significa concreto armado. Já os fios de aço são produzidos com resistência de 60 kN/cm² e são identificados como CA-60.

Devido a sua superfície ser provida de nervuras transversais oblíquas, que facilitam a aderência do concreto, as barras de aço CA-50 são as mais utilizadas em obras, segundo a ABNT NBR 7480:2007. As barras CA-25 não possuem nervuras em sua superfície, e, portanto, são pouco utilizadas nos projetos de armação. Os

fios CA-60 podem ser fabricados com superfície lisa, entalhada ou nervurada com exceção dos fios com diâmetro igual a 10 mm que deve conter obrigatoriamente entalhes ou nervuras. Como os fios são mais maleáveis, ou seja, de fácil dobra, eles são empregados para amarração e estruturação das armaduras juntamente com as barras de aço.

Nas Tabelas 1 e 2, obtidas pela ABNT NBR 7480:2007, são apresentadas as características geométricas de produção das barras e dos fios, respectivamente, destacando os valores nominais de diâmetro, massa, área e perímetro.

Tabela 1 – Características de produção das barras de aço

Diâmetro nominal ^a (mm)	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
	Massa nominal ^b (Kg/m)	Máxima variação permitida para massa nominal (%)	Área de seção (mm ²)	Perímetro (mm)
Barras				
6,3	0,245	±7	31,2	19,8
8,0	0,395	±6	50,3	25,1
10,0	0,617	±6	78,5	31,4
12,5	0,963	±5	122,7	39,3
16,0	1,578	±5	201,1	50,3
20,0	2,466	±5	314,2	62,8
22,0	2,984	±4	380,1	69,1
25,0	3,853	±4	490,9	78,5
32,0	6,313	±4	804,2	100,5
40,0	9,865	±4	1256,6	125,7

a: Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

b: A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7850Kg/m³

Fonte: (ABNT NBR 7480, 2007, p. 11).

Tabela 2 – Características de produção dos fios de aço

Diâmetro nominal ^a (mm)	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais		
	Barras	Massa nominal ^b (Kg/m)	Máxima variação permitida para massa nominal (%)	Área de seção (mm ²)	Perímetro (mm)
2,4		0,036	±6	4,5	7,5
3,4		0,071	±6	9,1	10,7
3,8		0,089	±6	11,3	11,9
4,2		0,109	±6	13,9	13,2
4,6		0,130	±6	16,6	14,5
5,0		0,154	±6	19,6	15,7
5,5		0,187	±6	23,8	17,3
6,0		0,222	±6	28,3	18,8
6,4		0,253	±6	32,2	20,1
7,0		0,302	±6	38,5	22,0
8,0		0,395	±6	50,3	25,1
9,5		0,558	±6	70,9	29,8
10,0		0,617	±6	78,5	31,4

a: Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

b: A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7850Kg/m³

Fonte: (ABNT NBR 7480, 2007, p. 11).

2.4 Armaduras de aço

A armadura é o componente estrutural de uma estrutura de concreto armado, seja viga, pilar ou laje, formado pela associação de diversas peças de aço, e que tem como função ajudar o concreto a resistir diferentes solicitações, principalmente a tração. É o produto resultante do serviço de armação segundo Freire (2001, p. 117).

2.4.1 Armaduras Longitudinais

As armaduras longitudinais são barras de aço dispostas nos elementos estruturais de forma a garantir ao material uma boa resistência à tração e maior deformabilidade, sendo colocadas longitudinalmente no sentido da maior dimensão do elemento. As quantidades e disposições dessas armaduras são definidas pela

norma ABNT NBR 6118:2014 que corresponderá ao elemento na qual irão integrar (CARVALHO, FIGUEREIDO FILHO, 2012).

As barras longitudinais nas vigas estão dispostas nas regiões de tração ou compressão da viga. No caso das armaduras simples elas estão alocadas somente na região onde está atuando o momento de tração aplicado na viga e nas armaduras duplas elas são utilizadas em ambas regiões, no suporte aos esforços de tração e compressão. Caso não haja a necessidade de armaduras para resistência de tais esforços serão utilizadas barras de sustentação, chamadas de armaduras construtivas (BARBATO, 2007).

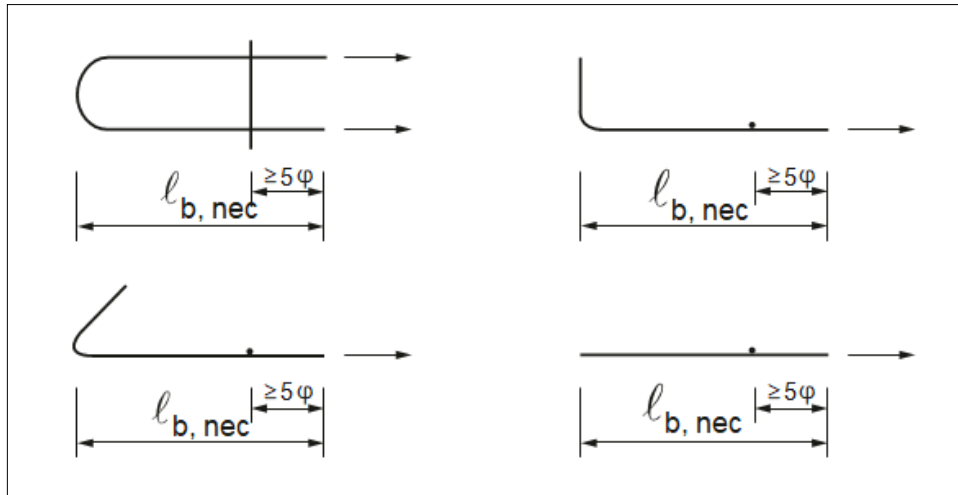
Segundo Scadelai e Pinheiro(2003) nos pilares as armaduras longitudinais contribuem para suportar a compressão, diminuindo a seção do pilar, e também para resistir às tensões de tração. Além disso, têm a função de reduzir as deformações do pilar, em especial as que ocorrem da retração e da fluência. O diâmetro das barras longitudinais não deve ser inferior a 10 mm e nem superior a 1/8 da menor dimensão da seção transversal, conforme item 18.4.2.1 da ABNT NBR 6118:2003.

Em todo elemento estrutural é realizado a ancoragem nas extremidades das barras da armadura longitudinal que tem a finalidade de transmitir a força de tração atuante no mesmo, para isso, aumenta-se o comprimento da barra com um comprimento de ancoragem l_b suficiente para esta função. Essa ancoragem pode ser (ABNT, 2014).:

- a) semicirculares, com ponta reta de comprimento não inferior a 2ϕ ;
- b) em ângulo de 45° (interno), com ponta reta de comprimento não inferior a 4ϕ ;
- c) em ângulo reto, com ponta reta de comprimento não inferior a 8ϕ .

No caso de barras CA-25, lisas, os ganchos devem ser semicirculares. O diâmetro interno da curvatura dos ganchos das armaduras longitudinais de tração deve ser pelo menos igual ao estabelecido pela ABNT NBR 6118:2014, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Diâmetro dos pinos de dobramento



Fonte: (ABNT NBR 6118:2014).

2.4.2 Armaduras Transversais

Para garantir a correta disposição das barras longitudinais e proporcionar rigidez e resistência as solicitações transversais, emprega-se a armadura transversal nos elementos estruturais posicionadas no sentido da menor dimensão dos mesmos.

Basicamente, as armaduras transversais são composta por estribos que segundo Freire (2001), auxiliam de forma geral, na montagem e no transporte das armaduras, no caso específico de vigas, tem a função de resistir as forças cisalhantes decorrentes dos esforços transversais, já para os pilares, tem a função de resistir aos esforços de compressão combatendo, principalmente, a flambagem da peça.

A ABNT NBR 6118:2014 prescreve algumas recomendações para as armaduras transversais para que as mesmas exerçam de forma eficiente e suficiente suas funções, conforme o que se segue:

9.4.2.6.1 Barras com $\phi < 32$ mm

Ao longo do comprimento de ancoragem deve ser prevista armadura transversal capaz de resistir a 25 % da força longitudinal de uma das barras

ancoradas. Se a ancoragem envolver barras diferentes, prevalece, para esse efeito, a de maior diâmetro.

9.4.2.6.2 Barras com $\phi \geq 32$ mm

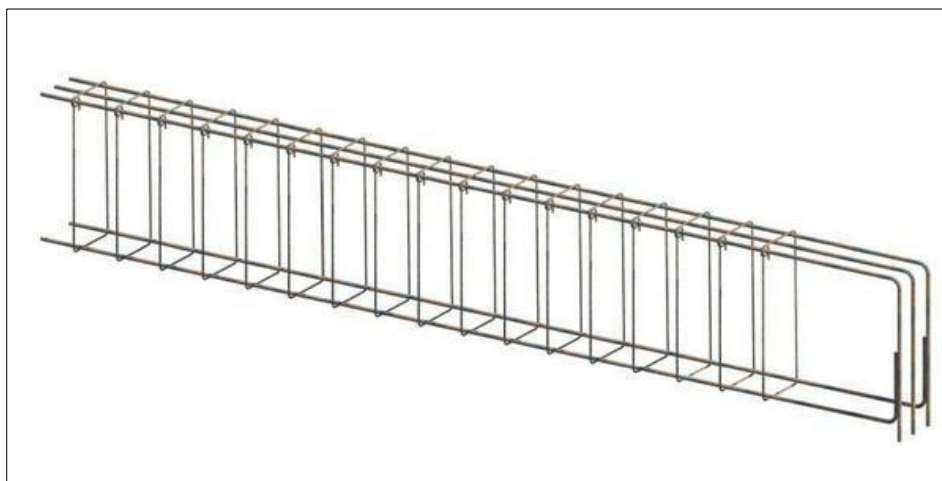
Deve ser verificada a armadura em duas direções transversais ao conjunto de barras ancoradas. Essas armaduras transversais devem suportar as tensões de fendilhamento segundo os planos críticos, respeitando o espaçamento máximo de 5ϕ (onde ϕ é o diâmetro da barra ancorada).

Quando se tratar de barras comprimidas, pelo menos uma das barras constituintes da armadura transversal deve estar situada a uma distância igual a quatro diâmetros (da barra ancorada) além da extremidade da barra.

Nos pilares, em todo comprimento da sua armadura longitudinal deve ser ligada com estribos espaçadas conforme o mínimo estabelecido pela ABNT NBR 6118:2014, sendo obrigatório o seu uso em cruzamento de vigas e lajes. Em relação à dimensão, ela não deve ser inferior a 5 mm nem a um quarto do diâmetro da barra da armadura longitudinal.

Segundo Pinheiro e Santos (2007) os estribos, nas vigas, para cisalhamento devem ser fechados através de um ramo horizontal, envolvendo as barras da armadura longitudinal de tração, e ancorados na face contrária. Logo, nas vigas biapoiadas, os estribos podem ser abertos na parte superior, com ganchos nas bordas. Quando esta face puder também estar tracionada, o estribo deve ter o ramo horizontal nesta região, ou complementado por meio de barra adicional. Portanto, nas vigas com balanços e nas vigas contínuas, devem ser adotados estribos fechados tanto na parte inferior quanto na superior, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Ilustração genérica demonstrativa dos espaçamentos dos estribos em uma viga



Fonte: (BIANCHI, 2017).

2.4.3 Procedimento de montagem das armaduras

O procedimento de montagem das armaduras consiste, de acordo com Freire (2001), na modificação das barras e dos fios para atender aos esforços de solicitação que o elemento estrutural em concreto armado será destinado, seguindo os requisitos do projeto estrutural. Portanto, é nesta etapa que as barras e os fios serão cortados e dobrados.

Inicialmente executam-se os cortes e as dobras das barras e dos fios, em seguida elas são amarradas entre si utilizando arames recozidos, para realização dos nós, formando, assim, uma peça única.

2.4.3.1 Processo de corte

As barras e os fios de aço são cortados de acordo com as prescrições do projeto estrutural, respeitando o comprimento do elemento estrutural. Na Figura 3 são apresentadas as ferramentas mais empregadas para o corte, as serras elétricas ou policorte e tesourões manuais (FREIRE, 2001).

Figura 3 – Ferramentas de corte de barras de aço



(a) serra elétrica



(b) tesourão manual

Fonte: (FUCK, 2015)

A serra elétrica é empregada para corte em barras e necessitam de uma bancada para a sua estabilização. A seção de corte pode ser marcada com pregos na própria bancada ou com risco de giz na barra. Esse tipo de ferramenta requer apenas um operador e normalmente são executados corte em varias barras ao mesmo tempo (FREIRE, 2001).

Segundo Bianchi (2017), a tesoura manual (tesourão) é utilizada para o corte de fios ou barras de aço com diâmetro igual ou inferior a 10 mm. Neste caso, o operador gasta um tempo maior para cortar as barras e mais mão de obra.

2.4.3.2 Processo de dobra

A técnica de dobra tem como objetivo curvar o aço, de maneira a atender a forma geométrica especificada no projeto estrutural. As ferramentas utilizadas neste processo são: bancadas com pinos e chave de dobra, como pode ser visto na Figura 4 (FREIRE, 2001).

Figura 4 – Ferramentas para dobra de barras de aço.



(a) Bancadas com pinos

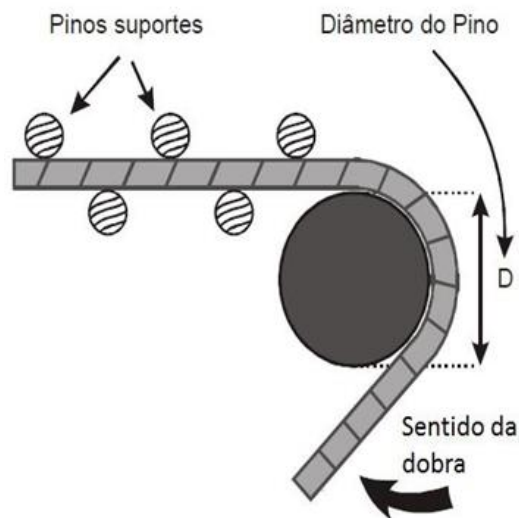


(b) Chave de dobra

Fonte: (FUCK, 2015)

As bancadas são formadas por tábuas de madeira largas com espessura de aproximadamente 5 cm, onde os pinos são fixados. Estes pinos são pequenas pontas de barras de aço que devem ter dimensões e espaçamentos adequados para não fissurar o aço na dobragem (FREIRE, 2001). Na Figura 5 é possível ver a disposição dos pinos para execução da dobra nas barras.

Figura 5 – Disposição dos pinos para confecção das dobras em barras de aço



Fonte: (Adaptado de ANDRADE, 2009).

É preciso ainda deixar um espaço entre os pinos de dobramento e os de suporte para que a barra não seja comprimida durante a dobra, vale ressaltar que o diâmetro dos pinos de suporte não deve ser muito fino em relação à bitola (diâmetro) da barra a ser dobrada. De acordo com Andrade (2009), quebra e aparecimento de fissuras em barras podem ser ocasionadas pelo processo de dobramento, principalmente se os pinos de suporte apresentarem diâmetros muito menores em relação a barra dobrada, caso recorrente em dobras de barras de aço CA-50.

2.4.3.3 Processo de montagem dos elementos

Após o processo de corte e dobra das peças, segue-se para montagem das armaduras, sempre respeitando o projeto estrutural (espaçamento, bitola de aço,

entre outros). As peças são amarradas com arame recozido pelo trabalhador com auxílio de torquês (FREIRE, 2001), como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Montagem das armaduras



Fonte: (BIANCHI, 2017).

Segundo Freire (2001), a montagem das armaduras deve ser realizada sobre algum apoio, normalmente utilizam-se cavaletes e, em seguida da montagem elas devem ser transportadas e posicionadas nos locais destinados. Entretanto, nos casos de armaduras para lajes, a montagem pode ser executada já no local específico. Na Figura 7 é apresentado o processo final do serviço de montagem de um pilar-parede.

Figura 7 – Armadura montada e posicionada no local destinado



Fonte: (FUCK, 2015).

Este é o último passo antes do carpinteiro montar as formas e posicionar os espaçadores da armadura que garante o cobrimento do concreto, evitando a patologia de corrosão do aço (FREIRE, 2001).

2.5 Desvantagens e vantagens dos métodos de corte e dobra de vergalhões de aço

O aço fornecido em barras é destinado para a obra que escolhe cortar, dobrar e montar as peças estruturais no canteiro de obras, segundo Salim Neto (2009), conhecido como método *in loco*. O mesmo também pode ocorrer no método industrializado onde as barras são confeccionadas nas fábricas.

2.5.1 Método *in loco*

Porventura dos resíduos ocasionados pelo corte e dobra do aço no canteiro de obras estima-se que a perda em barras retas pode chegar a 15%, valor bastante elevado considerando o custo que o aço representa numa construção, segundo Pannoni (2009). Além disso, o manuseio com barras de aço pode favorecer a ocorrência de acidentes para os trabalhadores, não somente com os envolvidos no processo, mas a todos os operários. Por fim, os resíduos ainda precisam ser destinados a locais apropriados de descarte o que demanda tempo e mais espaço físico na obra, de acordo Bianchi (2017).

Por outro lado, em obras pequenas, onde há um volume menor de armaduras, o método *in loco* é o mais empregado, não requerendo um detalhamento tão rigoroso no projeto estrutural.

2.5.2 Método Industrializado

Um dos pontos característicos do método industrializado é a confecção das armaduras perfeitamente adequados ao projeto estrutural, tendo em vista que a moldagem e a quantidade de barras necessariamente precisam corresponder a demanda do mesmo.

Com o planejamento da entrega do aço no canteiro, segundo Batlouni (2017), ele pode ser recebido quase no momento da execução. Por exemplo, se há necessidade das armaduras na sexta-feira, o mesmo pode ser recebido na terça-feira, isto é, dois ou três dias antes.

O sistema trata, também, um dos maiores problemas do método *in loco*, o desperdício dos materiais, os possíveis acidentes decorrentes do mesmo e o elevado custo da mão de obra.

De acordo Carlott (2012), a adoção do corte e dobra industrializado ocasiona uma redução de 8,72% nas perdas de materiais e 32,19% no consumo de mão de obra relacionada ao aço, resultando em 12% da redução no custo total com aço. Esses resultados podem ser ainda mais relevantes se forem contabilizados à redução no tempo gasto com o serviço, na segurança do processo e na qualidade na execução da obra. Outra vantagem é que com esta etapa sendo executada fora da obra os trabalhadores não correriam riscos inerentes deste serviço, pois não ficariam expostos às intempéries ou incidentes com ferramentas de corte, segundo Batlouni(2017).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS DA PESQUISA

3.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins

A metodologia de pesquisa escolhida visa à aplicação dos métodos de corte e dobra do aço, industrializado e *in loco*, em relação a viabilidade econômica dos mesmos para com uma obra em Teófilo Otoni. Conforme Thiollent (1997, p.49): “A pesquisa aplicada concentra-se em torno dos problemas presentes nas atividades de instituições, organizações, grupos ou atores sociais. Ela está empenhada na elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e busca de soluções”.

O modelo empregado na pesquisa é o quantitativo, que de acordo Almeida (2011), usa de meios estatísticas para a abordagem dos dados, em específico, na verificação das relações encontradas entre as variáveis previamente definidas. Foi quantificado economicamente os dois métodos de corte e dobra, *in loco* e industrializado, com o objetivo de compará-los definindo qual o método é o favorável para as construções da cidade de Teófilo Otoni.

A pesquisa também tem como objetivo a descrição de características, que segundo Gil (2007), envolvem as populações ou os fenômenos, a fim de estabelecer ligações entre elas. Desta forma, foi detalhado os métodos, a fim de poder retirar informações pertinentes em relação ao custo de cada um.

3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios

3.2.1 Quanto ao delineamento

A pesquisa trata-se de um estudo de caso que de acordo Yin (2005, p. 32), é “uma apuração empírica que investiga um evento contemporâneo dentro de seu contexto da vida real”. Portanto, foi escolhido um local de análise dentro dos limites da cidade de Teófilo Otoni que se aplica um dos métodos estudado.

3.2.2 Obra em estudo

A obra analisada é uma construção unifamiliar, em um lote de 210,23 metros quadrados, com área de construção total de 74,65 metros quadrados, tendo dois pavimentos, localizada na região urbana, zona sul, da cidade de Teófilo Otoni - MG. De acordo com as tabelas disponibilizadas pela construtora foram cortados e dobrados, por meio do método *in loco*, cerca de 2.384,64 quilos de aço da categoria CA-50 e CA-60. A obra dispõe de 18 sapatas, 26 pilares, 58 vigas, tendo duas lajes maciças no total de 149,3 metros quadrados.

3.2.3 Procedimento de coleta de dados

Inicialmente, buscou-se por obras finalizadas ou em execução na cidade de Teófilo Otoni, que continham projetos arquitetônico, estrutural e planilhas quantitativas de aço cortado e dobrado.

Logo em seguida, foi feita uma visita a obra e coletados os dados referentes à construção e o uso do método *in loco*. Esses dados foram obtidos através do responsável técnico e de observações no canteiro de obras.

Adiante, foi feito um orçamento com uma empresa prestadora do serviço de corte e dobra de vergalhões industrializados. Assim, organizou-se todas as informações para definir o que seria útil destacar em relação à viabilidade econômica entre os dois métodos. Com os objetivos claros, foi descrito o que serviria como base para chegar aos resultados e a conclusão deste trabalho.

Finalmente, com a estimativa de custo coletado da empresa e com o valor da barra de aço da distribuidora do município, além das ferramentas utilizadas para confecção *in loco*, equipamentos de segurança individuais e a mão de obra, pode se observar qual dos métodos se identifica melhor economicamente com a obra estudada.

3.2.3.1. Dados do Método in loco

Para a confecção das armaduras foram necessários dois tipos de operários, o armador e o ajudante de armador. De acordo com a construtora, foi necessário um mês para realização dos trabalhos de confecção das armaduras. Durante a visita a obra, foi observado, questionado e anotado os elementos necessários para execução das armaduras. Foram empregados no canteiro de obras baias e bancada para corte e dobra de aço executadas em madeira, ferramentas específicas e equipamentos de proteção individuais para os trabalhos. Como os valores unitários de cada material não foram informados pela construtora, exceto o custo da dobradeira de estribos cantoneira, foi solicitado um orçamento a uma empresa da cidade, para os equipamentos de proteção individual de acordo o Anexo A e as ferramentas e materiais para a confecção das baias e bancada segundo o Anexo B.

A quantidade de barras de aço foi obtida pelo projeto estrutural fornecido pela construtora conforme os Anexo D. O custo do consumo de aço foi obtido por orçamento em empresa da região como apresentado no Anexo C.

3.2.3.2. Dados do Método Industrializado

Quanto ao método industrializado os dados coletados do projeto estrutural ,que está no anexo D, foram orçados por uma empresa prestadora do serviço na cidade, onde foi fornecido o valor, em reais, por quilo do aço, no qual é incluso a mão de obra para o corte e dobra, além de um técnico responsável para a alocação correta das armaduras de aço na obra.

3.3 Tratamento dos dados

Para obter o valor do custo por tipo de operário na obra foi formulado uma equação por meio da quantidade de meses trabalhados onde se encontrou o total de

semanas e de dias. Sabendo-se que cada trabalhador executa as suas atividades nove horas por dia nos cinco dias da semana todos os dados foram multiplicados entre si, de acordo fórmula abaixo:

$$V_{ctp} = V_{ho} \cdot Q_{ms} \cdot Q_{st} \cdot Q_{dts} \cdot T_{hd} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

V_{ctp} = Valor do custo por tipo de operário

V_{ho} = Valor por hora do operário

Q_{ms} = Quantidade de meses trabalhados

Q_{st} = Quantidade de semanas trabalhadas no mês

Q_{dts} = Quantidade de dias trabalhados na semana

T_{hd} = Total de horas trabalhadas por dia

O valor total da mão de obra utilizada foi dado por meio da soma dos valores do custo por operário. Conforme fórmula abaixo:

$$V_{tmo} = V_{ctpa} + V_{ctpaj} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

V_{tmo} = Valor total da mão de obra

V_{ctpa} = Valor do custo por tipo de operário armador

V_{ctpaj} = Valor do custo por tipo de operário ajudante de armador

Para determinar o custo final do método *in loco*, considerou os custos para a confecção da baia, bancada, junto com o das ferramentas e os equipamentos de proteção individual o total da mão de obra utilizada e o valor integral do custo de aço, de forma que:

$$V_{t, \text{in loco}} = V_{tmo} + V_{aço} + V_{mat.eferr.} + V_{EPI} \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que:

$V_{t, \text{in loco}}$: Valor total do custo do método *in loco*;

V_{tmo} : Valor total da mão de obra;

$V_{aço}$: Valor total do custo do aço;

$V_{mat.eferr.}$: Valor total de custo de materiais (para a confecção da baia e bancada) e ferramentas;

V_{EPI} : Valor Total do custo dos equipamentos de proteção individual.

No método industrializado, como mostrado no subitem 3.2.3.2, o valor de corte e dobra é global, ou seja, já inclui todos os encargos de mão de obra, ferramentas, materiais, equipamentos de proteção individual e aço para corte e dobra.

Com os valores totais gastos em cada método realizou-se a comparação em tabelas e em porcentagem de custo em forma de gráfico de escala e pizza. Assim, obteve-se a comparação dos custos de ambos os métodos.

Buscou-se na pesquisa visualizar os dois sistemas construtivos e ainda estimar financeiramente o valor de custo de cada um comparando-os.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Analise Método *in loco*

Neste item será apresentado a análise do método *in loco* considerando os insumos necessários para a confecção da armadura no canteiro de obras, tanto de forma geral (total) quanto isolada dos mesmos.

4.1.1 Encargos de Mão de Obras

Não é apresentado o valor de cada funcionário por hora, tendo em vista que houve restrições quanto ao valor da mão de obra empregada, portanto, usou-se a tabela SINAPI como base para os cálculos.

Tabela 3 - Custo de mão de obra

Operário	Valor por hora em reais
Armador	19,29
Ajudante de Armador	14,35

Fonte: (Adaptado do SINAPI, 2018).

Como requerido pela construtora, os operários realizam o trabalho de corte e dobra das armaduras de aço em um mês, sendo trabalhados em 4 semanas, exceto os finais de semana (sábados e domingos), em um período de 9 horas. Com esses dados e empregando a equação 1, apresentada no subitem 3.3, obteve-se o valor total em reais de cada mão de obra, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Valor da confecção das armações por tipo de operários

Operário	Valor por hora (R\$)	Meses trabalhados	Semanas Trabalhados por mês	Dias trabalhados por semana	Hora trabalhada por dia	Valor total (R\$)
Armador	19,29					3.472,20
Ajudante de Armador	14,35	1	4	5	9	2.583,00

Fonte: (AUTORES, 2018)

Observa-se que o total gasto com mão de obra foi de 6.055,20 reais em 4 semanas de trabalho, se houvesse um número maior operários o tempo e custo com mão de obra poderia se reduzir, por exemplo, se houvesse dois armadores e dois ajudantes trabalhando em 2 semanas, o custo total de mão de obra seria de 6.049,80 reais. Isso também pode ser imaginado se utilizassem um armador e dois ajudantes resultando em 4.316,40 reais.

Entretanto, não se pode afirmar que seria vantajoso no ponto de vista geral do custo com corte e dobra, já que este aumento de mão de obra pode acarretar aumento em equipamentos de segurança e em ferramentas.

4.1.2 Materiais e equipamentos para Corte e Dobra

Na Tabela 5 é apresentado o custo com os materiais e equipamentos necessários para a fabricação das armaduras no canteiro de obra. Como foi mencionado anteriormente, na obra em questão foram utilizadas baias e bancada para corte e dobra de aço em madeira, ferramentas específicas e equipamentos de proteção individuais para os operários. O valor unitário de cada peça foi obtido através de orçamentos em uma loja da cidade.

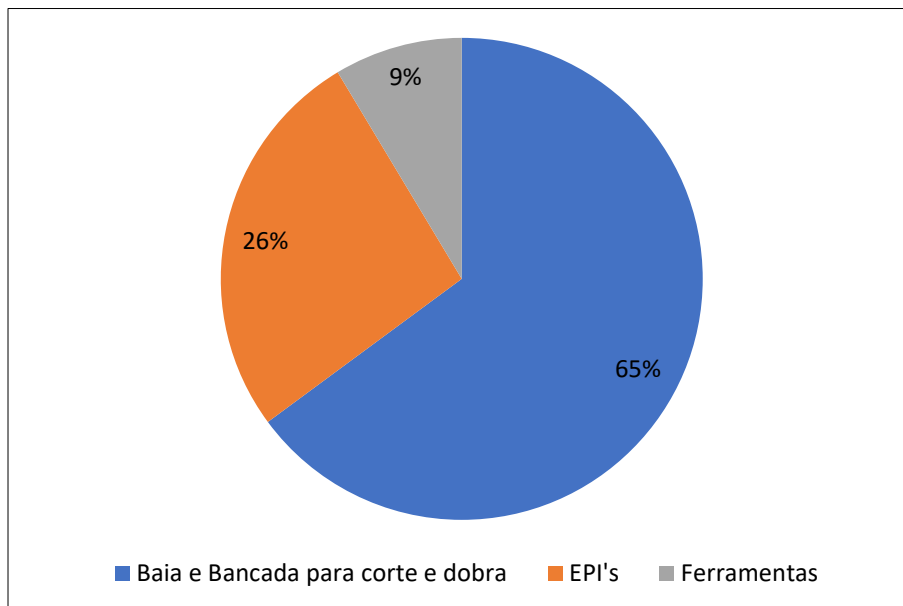
Tabela 5 - Materiais para confecção das armaduras de aço coletado na obra

	Materiais e ferramentas	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Baia e Bancada para corte e dobra	Escoras de eucalipto 4 m	16 unidades	8,87	141,90
	Ripão de pinus 7,5 cm x 2 cm x 3 m	8 unidades	6,82	54,56
	Telha amianto (2,44 x 0,50 metros Eternit)	30 unidades	16,39	491,70
	Pregos 17 x 21 mm	1 kg	10,56	10,56
	Prego telheiro 18 x 30 de (500 g)	3 pacotes	10,98	32,67
	Prego 18 x 30	1 Kg	10,56	10,56
	Tábua de pinus 30 cm x 3 m x 20 mm	1 unidade	28,38	28,38
			Total	770,33
EPI's (Equipamentos de proteção individual)	Capacete cinza c/ carneira pro	2 unidades	11,60	23,20
	Luva raspa media 15 cm	2 pares	9,90	19,80
	Óculos de segurança cinza X-EYES	2 unidades	5,50	11,00
	Botina elástica mono 40 s/b CRIVAL	2 pares	39,40	78,80
	Cinto de segurança	2 conjuntos	91,00	182,00
			Total	314,80
Ferramentas	Chave para virar ferro 3/8	1 unidade	20,13	20,13
	Chave de virar ferro 1/2	1 unidade	21,67	21,67
	Dobreira de estribos (Cantoneira)	1 unidade	8,00	8,00
	Torques armador 12"	2 unidades	26,18	52,38
			Total	102,18

Fonte: (AUTORES, 2018)

O gráfico 1 representa os custos totais em porcentagem para os materiais e ferramentas utilizados na confecção das armaduras.

Gráfico 1 - Porcentagem de gasto com materiais e ferramentas para o corte e dobra do aço in loco



Fonte: (AUTORES, 2018)

Observa-se na Tabela 5 e no Gráfico 1 um gasto considerável de 65% no uso de baia e bancada, que após o término da obra será pouco aproveitada em futuras obras por empregar a madeira. O custo com EPI's de 26% também é notável, porém necessário e sem tantos prejuízos para a construtora que poderá reutilizar tais equipamentos. As ferramentas saldaram menor custo, com 9%, que pode ser utilizada em outras obras, entretanto, tem-se a despesa com energia e manutenção dos mesmos.

4.1.3 Consumo de Aço

Tendo em vista que o método *in loco* utiliza mais quilos de barras, devido elas serem comercializadas com 12 metros o que dificulta o aproveitamento de alguns resíduos do corte, causando desperdício, isso explica a quantidade de quilos a mais na nota fiscal em anexo C. Com isso, obteve-se o custo de armadura, conforme o seu quilo unitário de acordo com o diâmetro da barra, como mostra a Tabela 6. Os

valores do quilo unitário de aço foram obtidos por meio de orçamentos em uma empresa da cidade (ANEXO C).

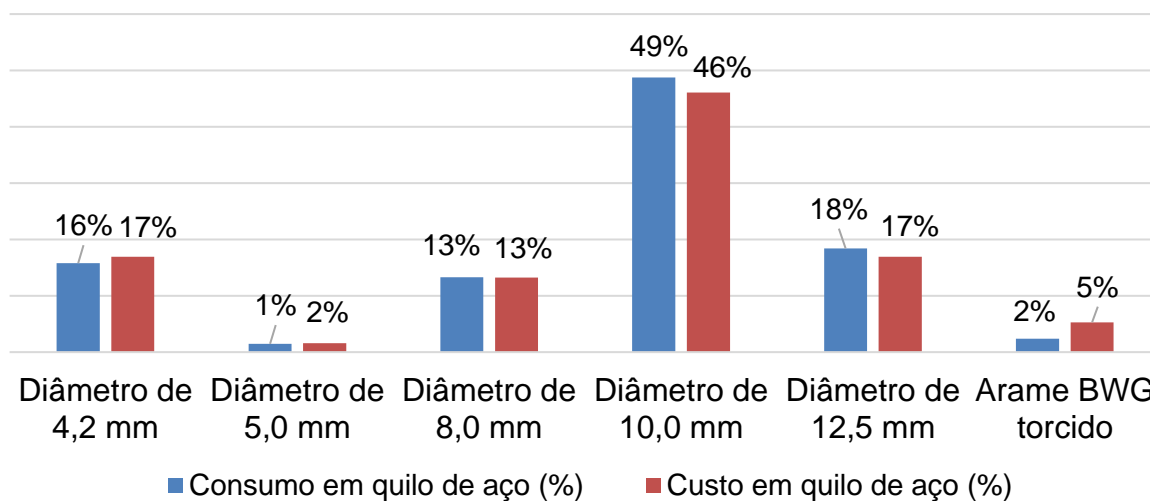
Tabela 6 - Peso e custo total da quantidade de barras de aço coletado por meio do projeto estrutural

Categoria CA 60 e CA 50 (mm)	Quantidade de barras (12 metros)	Peso de cada barra (Kg)	Peso total de aço (Kg)	Valor da barra (R\$)	Valor total (R\$)
4,2	288	1,30	376,70	6,47	1.863,36
5,0	19	1,84	35,10	9,14	173,66
8,0	67	4,74	317,60	21,75	1.457,25
10,0	157	7,40	1.161,80	32,32	5.074,24
12,5	38	11,55	438,90	49,02	1.862,76
Arame BWG torcido	57	1,00	57,00	10,25	584,25
Total (Kg)			2.384,64	Total (R\$)	11.015,52

Fonte: (AUTORES, 2018)

Para melhor visualizar o consumo e o gasto com barras de aço foi construído o Gráfico 2 de barras, contendo as porcentagens de peso total e valor total de aço de acordo com o diâmetro da barra.

Gráfico 2 - Porcentagem de consumo e custo por quilogramas de aço para cada tipo de barra



Fonte: (AUTORES, 2018)

Pode ser notado, tanto da Tabela 6 quanto do Gráfico 2, que há um elevado gasto com barras do diâmetro de 10 mm, cerca de 49% de consumo e 46% no custo total em aço, provavelmente devido grande emprego em elementos estruturais como vigas e pilares, principalmente. Percebe-se ainda que quanto maior o diâmetro da barra mais elevado o seu custo por quilo. Porém, as barras com diâmetros de 4,2 mm e 12,5 mm possuem a mesma porcentagem de 17% de custo em relação ao gasto total com aço, sendo que houve maior consumo, comparado as duas barras, de 12,5 mm, ou seja, a barra de 4,2 mm ficou relativamente mais cara.

4.1.4 Análise econômica do método *in loco*

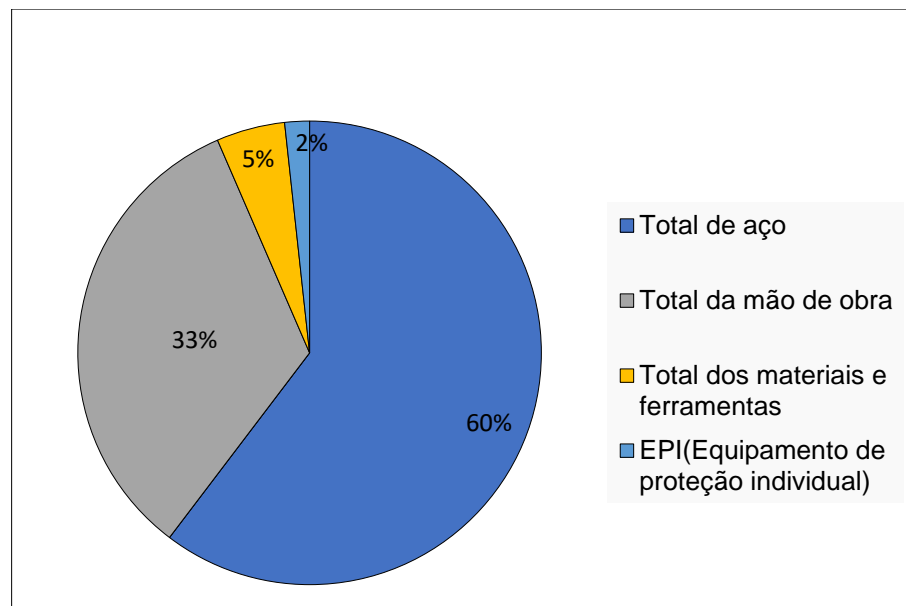
Na tabela 7 é apresentado o quadro de custo total do método *in loco* aplicado na obra em análise, foram considerados todos os materiais, ferramentas, mão de obra e equipamentos de proteção individuais gastos para o corte e dobra das barras.

Tabela 7 - Custo do total do método *in loco*

Insumos	Preço total (R\$)
Aços CA 60 e CA 50	11.015,52
Baia e Bancada para corte e dobra	770,33
Equipamento de Proteção Individual	314,80
Ferramentas	102,18
Mão de obra	6.055,20
Total	18.258,03

Fonte: (AUTORES, 2018)

No Gráfico 3 é mostrada a porcentagem de custo de cada insumo na confecção das armaduras pelo método *in loco* na obra.

Gráfico 3 - Valores em Porcentagem dos custos dos insumos no método *in loco*

Fonte: (AUTORES, 2018)

Pode-se perceber pelo gráfico 3 que o método *in loco* teve 60% dos gastos com a compra de 2.384,64 kg de aço. A mão de obra de um mês de serviço de corte e dobra de um armador e de um ajudante de armador, equivale a 33%. No entanto, o custo total dos materiais e ferramentas atingiu 5% e com os equipamentos de segurança individual 2% do valor total da construção.

Portanto, há um considerável gasto com a compra de aço e com a mão de obra. Isso pode apontar um consumo desnecessário de aço ou uma mão de obra insuficientemente qualificada para a confecção das armaduras.

4.2 Análise do método industrializado

Foi informado pela empresa prestadora do serviço de corte e dobra que a entrega de todo o aço ocorre no período de aproximadamente 12 dias, pois depende da etapa de concretagem da obra, contando de segunda a sexta-feira.

Na tabela 8 é exposto o valor total do custo para o corte e dobra das armaduras de aço, por quilo (inclusive mão de obra), do método industrializado, dado em reais.

Tabela 8 - Custo total do método industrializado

Quantidade de aço (Kg)	Preço por kg (R\$)	Preço total (R\$)
2.345,35	6,00	14.072,06

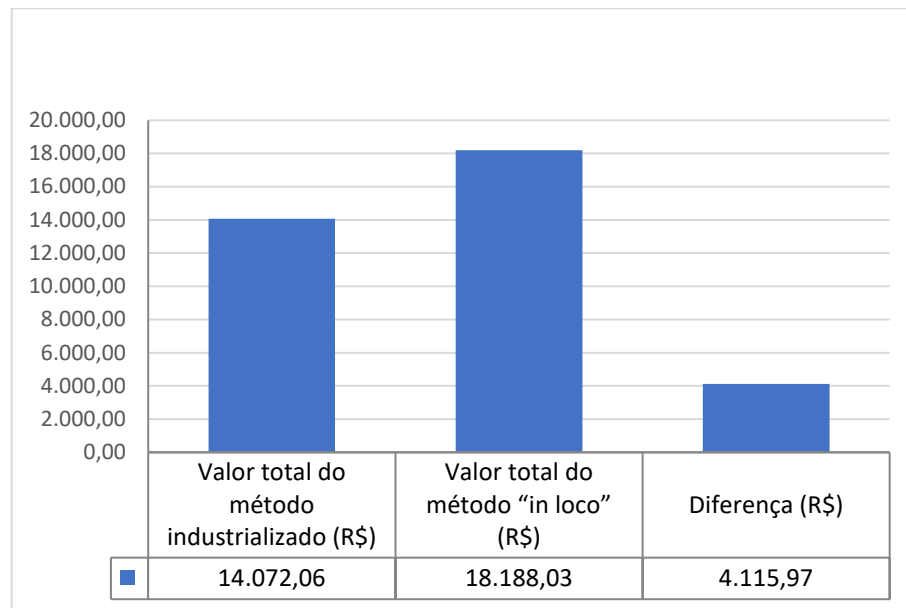
Fonte: (AUTORES, 2018)

Observa-se que o custo total do método industrializado incorpora os gastos referentes aos insumos e encargos no valor unitário por quilo de aço independente do diâmetro da barra. Compatibilizando em um valor único sem variações com despesas inesperadas.

4.3 Análise Comparativa dos Métodos

No Gráfico 4 é apresentado os valores totais de custos dos métodos *in loco* e industrializado de corte e dobra do aço.

Gráfico 4 - Análise comparativa do custo total entre os métodos

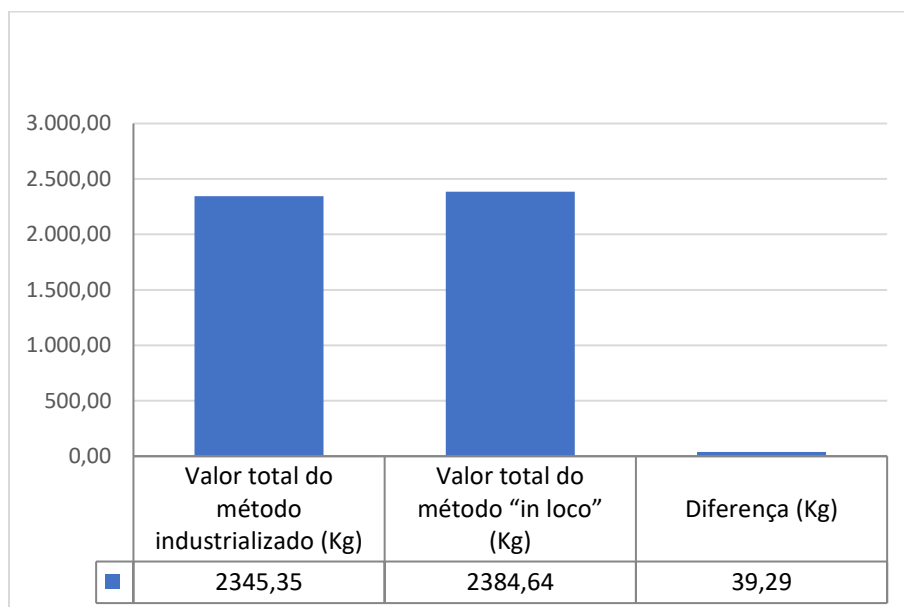


Fonte: (AUTORES, 2018)

Pode-se observar no Gráfico 4, que na obra analisada a diferença econômica entre os métodos foi de R\$ 4.115,97 (22,63%). Porcentagem elevada se comparado com a afirmação de Carlott (2012), o qual declara que a redução pode chegar a 12%, tendo em vista que no *in loco* há o custo com o desperdício, o valor da mão de obra, a confecção da bancada, ferramentas e equipamentos de proteção individual. Essa elevada diferença pode estar relacionada com um maior desperdício de aço durante os trabalhos de corte, ou ainda, pela má qualificação da mão de obra.

No Gráfico 5 é apresentado os valores totais de consumo de aço em quilos dos métodos *in loco* e industrializado, no qual é considerando o desperdício entre eles na confecção do corte e da dobra.

Gráfico 5 - Análise comparativa de corte e dobra entre os métodos industrializado e *in loco* em relação ao desperdício



Fonte: (AUTORES, 2018)

Observou-se que na obra analisada os gastos chegaram a aproximadamente R\$39,29 (1,65%) de acordo com o Gráfico 5. Na maioria dos casos esta situação ocorre devido a barra ser comercializada com 12 metros o que dificulta o aproveitamento de alguns resíduos do corte. Ferreira (2013) afirma que o valor de produção de armaduras no método *in loco* pode chegar a ser 5% mais elevado quando comparado ao industrializado, em relação aos desperdícios.

Com relação ao tempo de execução, no método *in loco* chega a 1 mês (30 dias), enquanto que no método industrializado por volta de 12 dias. A entrega da armadura no método industrializado depende da necessidade do cliente, como mencionado anteriormente, sem afetar no custo final. Já no método *in loco* quanto mais tempo acrescentado na execução da armadura maior será o custo com mão de obra, que é cobrado por hora, aumentando as despesas da obra.

Diante do que foi observado entre os dois métodos, conclui-se que:

- Observou-se que para o método industrializado o projeto estrutural precisa estar detalhado de forma que se encaixe com os demais projetos;

- No método industrializado se percebe que há uma agilidade na construção da obra além de retirar do empregador responsabilidades como, equipamento de proteção individual além de prejuízos com o andamento da obra por meio das faltas oriundas dos colaboradores, doença e demais fatores que possam surgir;
- Diminui as despesas com encargos tributários que aumente de acordo a quantidade de colaboradores da obra;
- Se o método *in loco* for utilizado para somente uma obra a baia, bancada e ferramentas serão desperdiçados após o término do corte e dobra do aço e
- Com o método industrializado há a conferência na alocação das armaduras de aço por meio de um técnico da empresa prestadora do serviço.

Pode-se observar a economia financeira do método industrializado na construção civil, o que promove o desenvolvimento do mercado na cidade de Teófilo Otoni o qual deverá atingir patamares maiores ao decorrer dos anos.

5 CONCLUSÃO

Com o crescimento da utilização do concreto armado foi necessário desenvolver formas que facilitassem a confecção de suas estruturas. Com isso houve o avanço em técnicas para o corte e dobra de armaduras de aço, que antes eram feitos somente no canteiro de obras, no método *in loco*, e que atualmente podem ser confeccionados fora da mesma, denominado método industrializado. Por meio da metodologia adotada, foi possível obter dados os quais possibilitaram atingir os resultados que estipulou-se como objetivo analisar a viabilidade econômica entre os dois métodos.

O estudo comparativo dos custos dos métodos da pesquisa aponta que o sistema industrializado é viável por ter uma economia de R\$ 4.115,97(22,63%) do custo total na confecção da armadura, além de gerar uma redução de aproximadamente 39,29(1,65%) no desperdício das barras de aço comparado com o método *in loco*.

Com a pesquisa gerou-se um conhecimento abrangente sobre o tema na cidade de Teófilo Otoni- MG o qual dispõe de dados que facilitaram a aplicação do sistema industrializado de confecção das armaduras de aço em futuras construções.

Para trabalhos acadêmicos futuros observou-se que o detalhamento de cada elemento do projeto estrutural poderá gerar melhores resultados em relação ao desperdício.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica. **NBR 6118:2004 Projeto de estrutura de concreto - Procedimento**. 2004. Disponível em:

<<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>>. Acesso em: 02/09/2018.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica. **NBR 7480:2007 Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação**. 2007.

Disponível em: <<http://ferramar.com.br/wp-content/uploads/2016/10/NBR7480.pdf>>. Acesso em: 02/09/2018.

ALMEIDA, Mário de Souza. *Elaboração de projeto, TCC, dissertação e tese: uma abordagem simples, prática e objetiva*. São Paulo: Atlas, 2011.

ANDRADE, J. L. M. Núcleo Técnico – Marketing Belgo 2009. Disponível em: <<https://www.belgo.com.br/pro/dobramento.pdf>>. Acesso em: 09/09/2018.

ARAÚJO, Leonardo Cristiano. *O papel do corte e dobra de vergalhão para a construção sustentável*. 2013. (Especialização Engenharia Civil). UFMG- Universidade Federal de Minas Gerais. 2013.

BARBATO, R.L.A. *Vigas de concreto armado*. Apostila – Centro Universitário Central Paulista, São Carlos, 2007. 13p.

BATLOUNI, Jorge. *Como construir: aço cortado e dobrado para estruturas de concreto armado*. **Revista Técnica**, edição 249, set. 2017.

BIANCHI, Leonardo Ucha. *Estudo do uso de armaduras industrializadas na produção de estruturas de concreto armado no canteiro de obras*. 2017. Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

CARLOTT, Marcos. *Comparativo entre o método de corte e dobra de aço industrializado em obra de um edifício*. (Monografia Graduação). Universidade Comunitária da Região de Chapecó. 2012.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado. São Paulo: Pini, v. 2, edição 2, 2012.

CHAIM, José Roberto Lordello. Estudo comparativo de custo do processo de preparação e execução de armadura de aço tradicional em relação ao processo de fornecimento industrializado de aço moldado fora do canteiro de obras. (Mestrado Pós-graduação Engenharia Civil) Campinas São Paulo: 2001. 8 p.

FELICIO, Eduardo Alves. *Estudo da implementação de conceito da produção enxuta para redução de resíduos em uma manufatura do ramo siderúrgico*. 2012. (Monografia Graduação). Engenharia de Produção. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora/MG, 2012.

FERREIRA, Romario. Aço cortado e dobrado em fábrica X armadura preparada no canteiro. **Revista Construção Mercado**, edição 143, jul. 2013.

FREIRE, Tomás Mesquita. Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo. Universidade de São Paulo, 2001. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00296.pdf>. Acesso em: 05/10/2018.

FUCK, Marcelo. *Produtividade na fabricação de armaduras fornecidas pré-montadas para os canteiros de obra*. (Monografia Graduação). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Florianópolis/SC, 2015 Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/133793/TCC%20%20-%20Marcelo%20Fuck_A5.pdf?sequence=1>. Acesso: 05/09/2018.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2007.

HAAS, Jonas Gerhard. *Estudo de viabilidade para empresa de pré-armação com base em lajeado: estudo dos perfis de consumo do aço*. 2016. (Monografia Graduação). Centro Universitário Univates. Centro de Ciências Exatas E Tecnológicas De Lajeado. Lajeado/PE. 2016.

IAB - Instituto Aço Brasil. Aço e economia. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/Folder_Economia_2015_site_.pdf>. Acesso em: 06/10/2018.

PANNONI, Fábio Domingos. Projeto e Durabilidade. Instituto Brasileiro de Siderurgia, Centro Brasileiro da Construção em aço. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://mkestruturasmetalicas.com.br/mk-manuais/Manual_Projeto_Durabilidade.pdf>. Acesso em: 22/09/2018.

PINHEIRO, Libânio; MUZARDO, Cassiane; SANTOS, Sandro. Cisalhamento Em Vigas – CAPÍTULO 13. 2007. Disponível em <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/cv714/Cisalhamento.pdf>> . Acesso em 27/11/2018.

SALIM NETO, Jamil José. *Diretrizes de projeto para melhorar a produtividade na montagem de componentes pré-cortados e pré dobrados de aço para estruturas de concreto armado de edifícios*. 2009. (Dissertação Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SCADELAI, Murilo; PINHEIRO, Libânio. Estruturas de Concreto – CAPÍTULO 16. 2003. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Apost_EESC_USP_Libanio.pdf>. Acesso em: 06/11/2018.

SIDERURGIA BRASILEIRA: Princípios E Políticas. Instituto De Aço Brasil Brasília, 2007.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Referência de Preços e Custos. 2018. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 12/10/2018.

THIOLLENT, Michel. Pesquisa ação nas organizações. São Paulo: Atlas, 1997.

VASCONCELOS, Augusto Carlos. O Concreto no Brasil. São Paulo: Editora Pini, 1992.

VERÇOZA, Enio Jose. Materiais de Construção. Rio Grande do Sul: Sagra AS, 1975.

VITORINO FILHO, Valdir Antonio. Desafios da Educação Superior na Agenda do Novo Milênio. 8ª Mostra Acadêmica UNIMEP. Piracicaba: UNIMEP, 2010. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/8mostra/5/16.pdf>>. Acesso em: 10/10/2018.

YAZIGI, Walid. A Técnica de Edificar. Editora PINI. São Paulo, 2007.

YIN. R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

Anexo A – Orçamento dos equipamentos de proteção individual

21/11/2018 009 21/11/2018 11:28:02

TEDEILO OTONI - MG -

Cliente :
Endereço :
Cidade :
CNPJ/CPF :

Fone :
Bairros :
Estado : Dep :
I.E. :

Item	Codigo	Descricao (LOJA)	Quantidade	Unitario	Total
0001	052E4A	CINTO SEGURANCA PARAGUEDISTA CA21401	2 UN	91,00	182,00
0002	05228C	CAPACETE CINZA C/CARNEIRA CA29792 PRO	2 UN	11,60	23,20
0003	0528ED	ROTIMA ELAS MONO 40 S/B CA31701 CRIVAL	2 PR	39,40	78,80
0004	053194	LUVA RASPA MEDIA CA10510 15CM	2 PR	9,90	19,80
0005	0534D4	OCULOS INCOLOR RJ CA28018 BARRA BRASIL	2 UN	5,00	10,00
Subtotal (R\$):					313,80
Desconto:					15,80
Total (R\$) ...:					298,00
Peso bruto:	0,000	Liquido:	0,000	ATENCAO: Exija o documento fiscal correspondente.	

Anexo B – Orçamento da quantidade de custo dos materiais e ferramentas total

R: [REDACTED] N° do documento fiscal: [REDACTED]
 TEOFILO OTONI - MG - [REDACTED] N° do documento [REDACTED]
 [REDACTED] Data 07/11/2018 011

Cliente .. [REDACTED] Fone .. [REDACTED]
 Endereço .. [REDACTED] Bairro: [REDACTED]
 Cidade .. [REDACTED] Estado: [REDACTED] Cep: [REDACTED]
 CNPJ/CPF : [REDACTED] I.E. : [REDACTED]

Item	Codigo	Descricao (LOJA)	Quantidade	Unitario	Total
0001	000215	TABUA PINUS 30 CM X 3 M 20 MM INTERPINUS	1 UN	28,38	28,38
0002	024FEE	RIPAO PINUS 7,5 X 2 CM X 3 M INTERPINUS	8 UN	6,82	54,56
0003	024FAI	ESCORA DE EUCALIPTO 4 M	1 DZ	104,50	104,50
0004	025044	ESCORA DE EUCALIPTO 4 M	4 UN	9,35	37,40
0005	025494	TELHA AMIANTO CRFS 2,44 X 0,50 M ETERNIT	30 UN	16,39	491,70
0006	006927	TORQUES ARMADOR 12" SAO ROMAO	1 UN	26,18	26,18
0007	009317	PREGO 18 X 30 GERDAU	1 KG	10,56	10,56
0008	025431	PREGO TELHEIRO GALV. 18 X 30 500 GR	3 PC	10,89	32,67
0009	005296	PREGO 17 X 21 GERDAU	1 KG	10,56	10,56
0010	001618	CHAVE VIRAR FERRO 3/8 SAO ROMAO	1 UN	20,13	20,13
0011	012522	CHAVE VIRAR FERRO 1/2 - 12,7 MM SAO	1 UN	21,67	21,67

/ / 000 07/11/2018 13:36:15 [REDACTED]

R: [REDACTED] N° do documento fiscal: [REDACTED]
 TEOFILO OTONI - MG - [REDACTED] N° do documento [REDACTED]
 [REDACTED] Data 07/11/2018 011

Cliente .. [REDACTED] Fone .. [REDACTED]
 Endereço .. [REDACTED] Bairro: [REDACTED]
 Cidade .. [REDACTED] Estado: [REDACTED] Cep: [REDACTED]
 CNPJ/CPF : [REDACTED] I.E. : [REDACTED]

Item	Codigo	Descricao (LOJA)	Quantidade	Unitario	Total

Subtotal (R\$): 838,31
 Desconto ..: 76,31
 Total (R\$) : 762,00

Peso bruto: 0,000 Liquido: 0,000 ATENCAO: Exija o documento fiscal correspondente

Anexo C – Orçamento da quantidade de custo do aço total

[REDACTED]		Forma Pgto:	[REDACTED]	[REDACTED]		
Condicao:	[REDACTED]	Vendedor.:	[REDACTED]			
Situacao:	[REDACTED]	Atendente:	[REDACTED]			
Cliente.:	[REDACTED]	Fone:	[REDACTED]			
Endereco:	[REDACTED]	Cep.:	[REDACTED]			
Bairro.:	[REDACTED]	Cidade/UF.:	TEOFILO OTONI/MG			
CPF.....:	000.000.000-00	Identidade:				
CODIGO	NOME DO(S) PRODUTO(S)	UN	QTDE	PRECO	TOTAL	
000266	C6 VERGALHAO CA60 4.2MM	BR	288,00	6,47	1.863,36	
000267	C6 VERGALHAO CA60 5.0MM	BR	19,00	9,14	173,66	
000258	C5 VERGALHAO CA50 5/16 (8.0MM)	BR	67,00	21,75	1.457,25	
000259	C5 VERGALHAO CA50 3/8 (10.0MM)	BR	157,00	32,32	5.074,24	
000260	C5 VERGALHAO CA50 1/2 (12.5MM)	BR	38,00	49,02	1.862,76	
001631	AR ARAME REC BWG 18.TORCIDO 01KG ST	KG	57,00	10,25	584,25	
### ORCAMENTO ### 005					TOTAL DO(S) PRODUTO(S) :	11.015,52
Peso total: 2.384,640					TOTAL DO DESCONTO :	0,00
					TOTAL DO ORCAMENTO :	11.015,52

ANEXO D – Projetos

D.1 – Projeto estrutural planta de fundação

