

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Leonardo Ucha Bianchi

**ESTUDO DO USO DE ARMADURAS INDUSTRIALIZADAS NA
PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NO
CANTEIRO DE OBRAS**

Porto Alegre
Junho de 2017

LEONARDO UCHA BIANCHI

**ESTUDO DO USO DE ARMADURAS INDUSTRIALIZADAS
NA PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO NO CANTEIRO DE OBRAS**

Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Luis Carlos Bonin

Porto Alegre

Junho 2017

LEONARDO UCHA BIANCHI

**ESTUDO DO USO DE ARMADURAS INDUSTRIALIZADAS
NA PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO NO CANTEIRO DE OBRAS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Professora Relatora da Atividade de Ensino Trabalho de Conclusão de Curso II - Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, agosto de 2017

Prof. Luis Carlos Bonin
M. Eng PPGEC/UFRGS
Orientador

Profa. Luciani Somensi Lorenzi
Dra. pelo PPGEC/UFRGS
Relatora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Luis Carlos Bonin (UFRGS)
M. Eng. PPGEC/UFRGS

Profa Luciani Somensi Lorenzi (UFRGS)
Dra. pelo PPGEC/UFRGS

Prof. Nei Ricardo Vaske (UFRGS)
Dr. pelo PPGEC/UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu professor orientador Luis Carlos Bonin pela dedicação e auxílio durante a realização desse estudo e por ter atendido ao meu convite apesar dos problemas enfrentados no início da realização deste trabalho. Obrigado pelos esclarecimentos e pelo guiamento sem os quais não seria possível realizar esse estudo.

Agradeço aos meus colegas de graduação com os quais dividi inúmeros momentos importantes dentro e fora da universidade durante o período de graduação e especialmente aos agora engenheiros, Luiz Eduardo Di Braga da Fonseca e Keiny Soares Rilho que tiveram fundamental importância no meu processo de crescimento acadêmico assim como no meu desenvolvimento como pessoa durante todos esses anos.

Agradeço aos engenheiros Alexandre Petry De Oliveira e Gabriel Galvan Perera pelo auxílio no início desse trabalho, ajuda essa que tornou possível a realização do mesmo e direcionou a temática adotada.

Agradeço à minha família, em especial minha mãe Denise Neves Ucha. Sei o quanto tu lutaste para criar teus filhos e formar o caráter deles frente a tantas dificuldades impostas pela vida. Agradeço por ser a pessoa com quem sempre posso contar em momentos difíceis e que jamais irá desistir de mim independentemente das adversidades que possam surgir.

Agradeço aos amigos pelo apoio durante todos os anos de faculdade e por fazerem meus dias mais felizes graças a suas atitudes e conselhos.

Por fim, agradeço a UFRGS e a todos os professores que dedicam diariamente parte do seu tempo para transmitir seus conhecimentos a nós alunos e que fazem dessa universidade um centro de excelência na formação de profissionais capacitados e com comprometimento social.

RESUMO

Processos industrializados vêm ganhando espaço dentro da construção civil e trazendo tecnologia e inovações para tarefas antes executadas de forma manual. Empresas que buscam aplicar esses processos se destacam pelo ganho de produtividade e controle de qualidade que os métodos industrializados proporcionam além de promoverem, conseqüentemente, redução nos custos totais dos empreendimentos. Inserida nessa tendência de industrialização, está a opção de corte e dobra de aço estrutural industrializado bem como o uso de telas eletrosoldadas como solução para armaduras. Através de revisão bibliográfica, buscou-se entender como os métodos industrializados são descritos e quais melhorias eles propõem para o sistema de armação de elementos estruturais em detrimento da utilização do sistema convencional, onde as tarefas são realizadas de forma manual pelos trabalhadores. A partir das informações o trabalho buscou, através de visitas e acompanhamentos de obras em execução, assim como entrevistas com profissionais da área, buscar dados e informações sobre como esses métodos impactam de fato no dia-a-dia dentro do canteiro de obras. Foi realizado o acompanhamento de todo o processo do aço dentro do canteiro desde sua chegada até a aplicação final, e a partir das informações adquiridas pode-se demonstrar as reais vantagens da adoção do método industrializado bem como divergências entre a literatura e a prática. Foi identificado que a opção pelo corte e dobra industrializado e telas soldadas de fato implicam num ganho de produtividade para a obra, contudo não elimina por completo a necessidade de trabalho manual no corte e dobra de peças de armadura. Nas obras foram encontradas adaptações do sistema de acordo com a necessidade de cada empreendimento e constatou-se a falta de planejamento em alguns casos o que trouxe a exigência de adaptações e mudanças de projeto que interferiram no andamento ideal do ciclo de armaduras dentro dos sistemas industrializados.

Palavras-Chave: Industrialização, Corte e Dobra, Produtividade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vãos de uma Laje	16
Figura 2 – Vão Menor e Maior	17
Figura 3 – Esquema do Posicionamento de Armaduras em Laje	18
Figura 4 – Foto de uma Laje com Armadura Negativa e Positiva Posicionadas	19
Figura 5 – Foto da armadura de um pilar dentro da forma.....	20
Figura 6 – Ilustração genérica da armação de uma viga.....	21
Figura 7 – Fluxograma do aço em canteiro no sistema convencional.....	23
Figura 8 – Barras de 12 metros dobradas em feixes.....	24
Figura 9 – Estoque de barras retas	24
Figura 10 – Esquema de elementos em uma bancada de ferreiro.....	28
Figura 11 – Montagem de elemento estrutural.....	29
Figura 12 – Construção genérica em elementos pré-moldados.....	33
Figura 13 – Máquina de corte e dobra: Syntax line.....	37
Figura 14 – Máquinas de corte e dobra utilizadas pela Gerdau.....	38
Figura 15 – Central corte e dobra da empresa Gerdau.....	39
Figura 16 – Página inicial do portal corte edobra da Gerdau (2016)	39
Figura 17 – Página para efetuação de pedidos do corte e dobra Gerdau.....	40
Figura 18 – Caminhão carregado pronto para entrega.....	41
Figura 19 – Aço recebido e agrupado.....	42
Figura 20 – Etiqueta com identificações das peças.....	42
Figura 21 –Esquema das operações do processo de armação pelo método corte e dobra.....	44
Figura 22 – Ilustração da tela soldada.....	45
Figura 23- Exemplo de armazenamento de telas soldadas.....	48
Figura 24 –Telas soldadas sendo posicionadas.....	49
Figura 25 – Área de armazenagem do aço Obra 1.....	55
Figura 26 –Área de montagem do aço Obra 1.....	56
Figura 27 – Elementos previamente montados após transporte vertical na Obra 1.....	56
Figura 28 –Armadura pronta para concretagem na Obra 1.....	57
Figura 29 – Local de armazenagem do aço Obra 2.....	62
Figura 30 – Local de montagem da armadura Obra 2.....	63
Figura 31 – Local para içamento Obra 2.....	63

Figura 32 – Elemento montado chegando ao destino final Obra 2.....	64
Figura 33 – Armazenamento de telas soldadas Obra 2.....	64
Figura 34 – Operário ajustando dimensões da tela Obra 2.....	65
Figura 35 – Armaduras Posicionadas para concretagem Obra 2.....	66
Figura 36 – Desorganização no canteiro da Obra 2.....	69
Figura 37 – Mesas de dobra nas obras 1 e 2.....	72
Figura 39 - Sobra de aço Obra 1.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Produtividade no sistema convencional	31
Quadro 2 – Produtividade no sistema convencional 2.....	31
Quadro 3 - Telas soldadas mais comuns empregadas em lajes.....	47
Quadro 4 - Características dos canteiros.....	53
Quadro 5 – Produtividade na Obra 1.....	58
Quadro 6 – Produtividade na Obra 2.....	67
Quadro 7 – Comparativo de produtividade.....	71

LISTA DE SIGLAS

PIB – Produto Interno Bruto

NBR – Norma Brasileira.

IBTS – Instituto Brasileiro de Telas Soldadas.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CA-60 – Classificação do aço quanto a sua resistência ao escoamento.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	13
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	13
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA	13
2.3 DELIMITAÇÕES.....	13
2.4 DELINEAMENTO.....	13
3 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	15
3.1 USO DO CONCRETO ARMADO	15
3.2 LAJES.....	15
3.2.1 Lajes Maciças	17
3.2.2 Outros tipos de laje	19
3.3 PILARES	19
3.4 VIGAS	20
4 SISTEMA CONVENCIONAL	22
4.1 RECEBIMENTO E ESTOQUE	23
4.2 CENTRAL DE CORTE E DOBRA.....	25
4.2.1 Ferramentas	25
4.2.2 Dobramento em obra	27
4.2.3 Montagem dos elementos	29
4.3 RESÍDUOS.....	30
4.4 PRODUTIVIDADE	30
5 ADOÇÃO DO SISTEMA INDUSTRIALIZADO	32
5.1 ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS	32
5.1.1 Vantagens e desvantagens	34
5.2 ELEMENTOS MISTOS.....	34
5.3 CORTE E DOBRA INDUSTRIALIZADO	36
5.3.1 Localização	36
5.3.2 Equipamentos	37
5.3.3 Qualidade	38
5.3.4 Pedidos	39
5.3.5 Recebimento	40
5.3.6 Estocagem	42
5.3.7 Aplicação	43

5.3.8 Operações do processo	43
5.4 TELA SOLDADA	44
5.4.1 Definição	44
5.4.2 Aplicações da tela soldada	46
5.4.3 Pedidos	47
5.4.4 Recebimento e estocagem	48
5.4.5 Utilização em laje	48
5.4.6 Recomendações de projeto	49
5.4.7 Vantagens esperadas	50
6 ESTUDO DE CASOS	51
6.1 METODOLOGIA DE ESTUDO	51
6.1.1 Síntese da literatura técnica	52
6.1.2 Observação em obra	52
6.1.3 Entrevistas	53
6.2 OBRA 1	54
6.2.1 Ciclo do aço na Obra 1	54
6.2.2 Produtividade	57
6.2.3 Entrevistas	58
6.2.3.1 Entrevista com o engenheiro da obra 1	58
6.2.3.2 Entrevista com o responsável pela armação e operários	60
6.3 OBRA 2	61
6.3.1 Ciclo do aço na Obra 2	61
6.3.2 Produtividade	66
6.3.3 Entrevistas	67
6.3.3.1 Entrevista com o responsável da obra 1	67
6.3.3.2 Entrevista com o responsável pela armação e operários	69
6.4 ANÁLISE DE DADOS E INFORMAÇÕES	70
6.4.1 Impacto na produtividade	71
6.4.2 Incoerências encontrados	72
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil responde por aproximadamente 15% do P.I.B (Produto interno Bruto) do Brasil, sendo também responsável pela geração de milhões de empregos no país. No entanto, mesmo representando uma grande fatia da economia brasileira, esse setor sofre com um atraso no que se refere a implantação de sistemas industrializados dentre seus processos construtivos. Pode-se dizer que em relação a outros setores, a construção civil continua sendo realizada de forma bastante manual na maioria de seus processos. Existe, porém, uma tendência de industrialização dentro do setor que vem crescendo e se apresenta de forma irreversível, já que a implantação de processos industrializados acarreta em menores prazos de entrega, maior constância na qualidade do produto e custos mais baixos, dentre outras vantagens. Para que se possa consolidar essa tendência, primeiro é preciso que haja uma mudança de paradigmas uma vez que existe, por parte de muitos construtores, uma certa resistência à implantação de modelos novos, seja por falta de conhecimento ou apenas por relutância de modificação dos processos já existentes.

Seguindo a tendência da industrialização, algumas construtoras brasileiras vêm tentando buscar formas de reduzir serviços de execução na obra e agora trabalham de forma mais gerencial, recebendo parte dos produtos prontos, ficando responsáveis apenas pela montagem dos mesmos no local e eliminando, assim, serviços que antes eram executados por elas dentro do canteiro de obras.

Dentre os processos de industrialização no canteiro de obras é importante destacar o uso de armadura em elementos estruturais seja através do uso do corte e dobra de barras de aço ou do uso de telas soldadas. Atualmente, no Brasil, é mais comum o uso do sistema de corte e dobra para a execução das estruturas, no entanto o uso de telas soldadas ainda é bastante pequeno, principalmente se comparado com países mais desenvolvidos como os Estados Unidos e alguns países europeus. Os dois sistemas reduzem a mão-de-obra no canteiro assim como os espaços necessários para o manuseio do aço além de garantir qualidade superior no corte e na dobra e agilidade na montagem das peças.

Ainda que haja, principalmente por parte de fornecedores e do Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS), um incentivo à adoção de telas soldadas como solução para armação de lajes, colocando essa opção como bastante vantajosa e relação a outros métodos, existe por parte das empresas um receio quanto a modificação de métodos consolidados. Em virtude desse receio,

que parece oriundo também da falta de informações sobre o processo, foi feita a escolha do tema desse trabalho.

Inicialmente este trabalho coleta dados sobre o uso e a aplicabilidade dos dois métodos supracitados assim como do método tradicional através de uma revisão bibliográfica com intuito de esclarecer do que se tratam esses sistemas e como eles se encaixam no cenário atual da construção civil. O passo seguinte é recolher dados em diferentes obras que adotem esses sistemas a fim de traçar um paralelo com o apresentado na literatura.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Quais são as vantagens na adoção de tela soldada e do corte e dobra industrializado como solução na armação de elementos estruturais de concreto armado, levando em consideração o ciclo do aço dentro do processo de armação?

2.2 OBJETIVO DA PESQUISA

Coletar dados referentes aos impactos, quanto a produtividade da obra, causados pela adoção do sistema industrializado de corte e dobra e de telas soldadas para elementos estruturais de concreto armado, por meio de visitas a canteiros de obra para o acompanhamento dos serviços.

2.3 DELIMITAÇÕES

Este trabalho restringe-se ao estudo dos métodos convencional e industrializado de soluções para armação de elementos estruturais (lajes, vigas e pilares) em concreto armado no ambiente de construção civil de edificações residencial e/ou comercial na cidade de Porto Alegre e região com foco na produtividade do serviço.

2.4 DELINEAMENTO

A realização do trabalho dar-se-á através das etapas apresentadas a seguir:

- a) Pesquisa bibliográfica;
- b) Seleção de obras que adotem as diferentes soluções de armação;
- c) Visitar e acompanhar o ciclo das armaduras de estrutura nas obras selecionadas;
- d) Analisar dados relevantes sobre o emprego de cada método;
- e) Considerações finais.

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica afim de contextualizar e apresentar tanto a utilização de barras provenientes do sistema de corte e dobra convencional e industrializado como telas soldadas no que se refere a armação dos elementos estruturais dentro da construção civil, dando uma breve introdução histórica bem como a aplicabilidade e informações sobre as duas soluções.

A etapa seguinte consistiu na busca e seleção de obras na região da grande Porto Alegre que tenham adotado os sistemas de corte e dobra industrializado e o uso de telas soldadas. Foi feita a seleção de dois empreendimentos, sendo um, utilizador do sistema de telas soldadas para armadura de lajes maciças e ambos utilizadores do sistema industrializado de corte e dobra. Foram selecionadas obras com características estruturais similares para que o estudo seja mais acurado. Quanto ao uso do sistema convencional, existe hoje grande disponibilidade de material literário a respeito do método, o que dispensou a necessidade de visita a obras que adotem esse sistema.

O terceiro passo constituiu-se de visitas aos canteiros pré-selecionados para acompanhamento do ciclo da armadura dentro do processo de concretagem de elementos estruturais. Fez parte também dessa etapa entrevistas com engenheiros, trabalhadores e fornecedores envolvidos no processo com o intuito de coletar relatos e dados utilizados na análise das duas soluções.

Após a realização das visitas e recolhimento dos depoimentos e dados foi realizada uma análise do material obtido afim de filtrar as informações mais relevantes para esse trabalho. Foram reunidos dados principalmente sobre os tempos necessários para execução, mão de obra empregada, materiais utilizados e ciclo do aço dentro do processo construtivo.

Por fim foram feitas as considerações finais do trabalho para servir como banco de dados para futuras consultas em caso de dúvida quanto às vantagens e desvantagens do processo de produção de cada serviço.

3 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

3.1 USO DO CONCRETO ARMADO

O uso do concreto, ainda que diferente do usado atualmente, mas com algumas características semelhantes, não tem uma data certa de início do seu emprego, visto que seu uso se perde na antiguidade. Todavia foi em 1902 que o alemão Morsch publicou, a pedido da firma Wayss e Freitag, a primeira teoria sobre o concreto armado com bases científicas. Dá-se o nome de concreto armado ao resultado da união entre o concreto simples e barras de aço, as quais são envolvidas pelo concreto. (SOUZA JÚNIOR 2003). O uso de aço para armação do concreto deve-se à baixa resistência do mesmo a esforços de tração, por isso busca-se introduzir o aço devido a sua alta resistência nesse quesito.

Somente é possível usar aço no concreto devido às compatibilidades física e química que ocorre entre os materiais. Dentre suas compatibilidades estão:

- a) Coeficientes de dilatação térmica com valores aproximados;
- b) Proteção à corrosão do aço no ambiente alcalino do concreto;
- c) Aderência do aço ao concreto devido a rugosidade das barras

Devido ao item b) deve-se tomar cuidado para que durante a concretagem o concreto cubra na totalidade as barras de aço, afim de evitar que ocorra a corrosão das mesmas

3.2 LAJES

Segundo Pinheiro (2010), lajes são elementos planos, em geral horizontais, com duas dimensões muito maiores que a terceira, sendo esta denominada espessura. Esses elementos têm por finalidade receber carregamentos que atum no andar, sejam eles provenientes de móveis, pessoas, equipamentos entre outros, e transferi-los para os apoios.

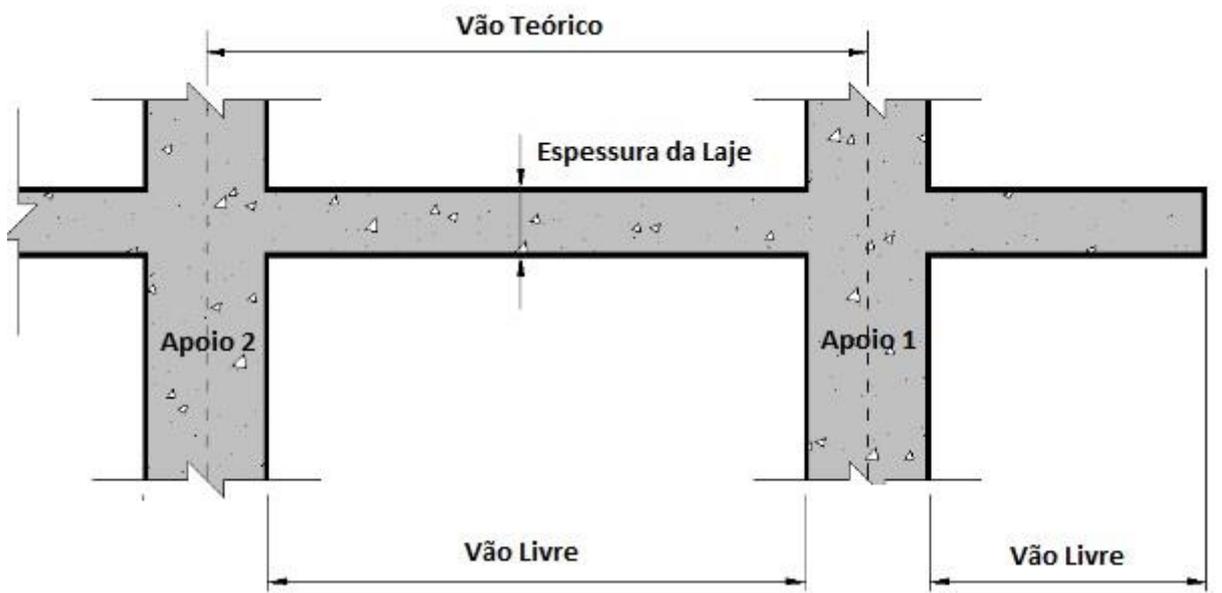
Ainda de acordo com Pinheiro (2010) é primordial para o projeto de uma laje a determinação dos vãos livres, vãos técnicos e a relação entre os vãos teóricos sendo que, vão livre é a distância livre entre as faces dos apoios, ou no caso de balanços, a distância da face até o apoio e vão

teórico é denominado vão equivalente pela NBR6118:2003 que o define como a distância entre os centros dos apoios, sem que seja necessário adotar valores maiores do que:

- Em laje isolada, o vão livre acrescido da espessura da laje no meio do vão;
- E vão extremo de laje contínua, o vão livre acrescido de metade da dimensão do apoio interno e da metade da espessura da laje no meio do vão.

No caso de lajes em balanço, considera-se vão teórica o comprimento da extremidade até o centro do apoio. Pinheiro (2010) ainda demonstra esses conceitos visualmente através da figura 1:

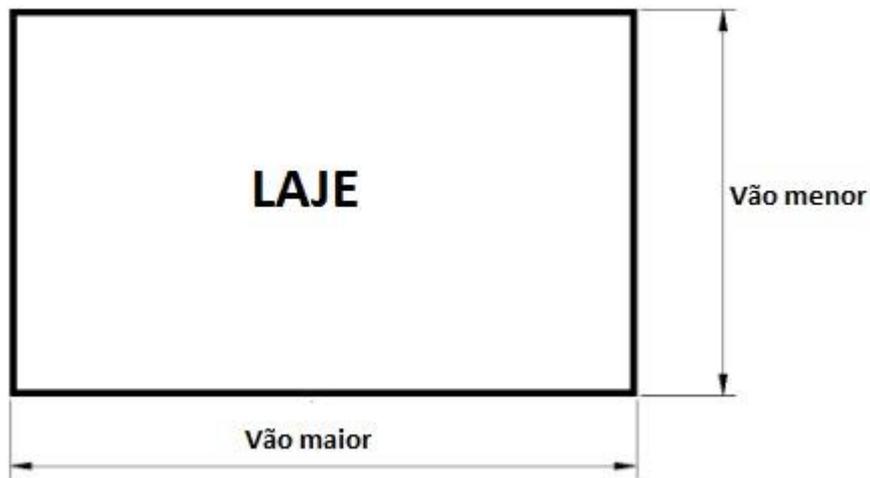
Figura 1 – Vãos em uma laje



(fonte: adaptado de PINHEIRO, 2010)

De acordo com a dimensão dos vãos da laje, vão maior e vão menor, conforme figura 2, é possível classifica-la em laje de armada em duas direções ou laje armada em uma direção sendo que na primeira as armaduras devem ser calculadas para resistir aos momentos fletores nas duas direções e a segunda (que também possui armadura nas duas direções, apesar do nome) tem sua armadura calculada na direção do menos vão.

Figura 2 – Vão menor e vão maior



(fonte: adaptado de PINHEIRO, 2010)

3.2.1 Lajes Maciças

Segundo (Dicionário da construção civil, 2016) laje maciça trata-se de um tipo de laje executada sobre formas que a moldam e escoramentos que a sustentam até que adquira resistência própria. Esse tipo de laje é bastante comum em edifícios de múltiplos pavimentos assim como em indústrias, hospitais, escolar entre outros, não sendo muito comum em residências unifamiliares por não se apresentarem como a solução mais simples e econômica para obras de pequeno porte.

No caso das lajes maciças de concreto armado a NBR 6118:2014 define alguns limites de espessura que devem ser respeitados, são eles:

- 7cm para lajes de cobertura não em balanço;
- 8cm para lajes de piso não em balanço;
- 10cm para lajes em balanço;
- 10cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30kN;
- 12cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30kN.

Ainda na NBR6118:2014, no item 20.1 são apresentadas algumas prescrições gerais em relação as armaduras de laje como segue:

As armaduras devem ser detalhadas no projeto de forma que durante a execução seja garantido o seu posicionamento durante a concretagem

Qualquer barra de armadura de flexão deve ter diâmetro no máximo igual a $h/8$, sendo h = altura da laje.

As barras da armadura de flexão devem apresentar espaçamento no máximo igual a $2h$ ou 20cm

Nas lajes maciças armadas em uma ou mais direções, toda a armadura positiva deve ser levada até os apoios não sendo permitido o escalonamento desta armadura. A armadura deve ser prolongada no mínimo 4cm além do eixo teórico do apoio.

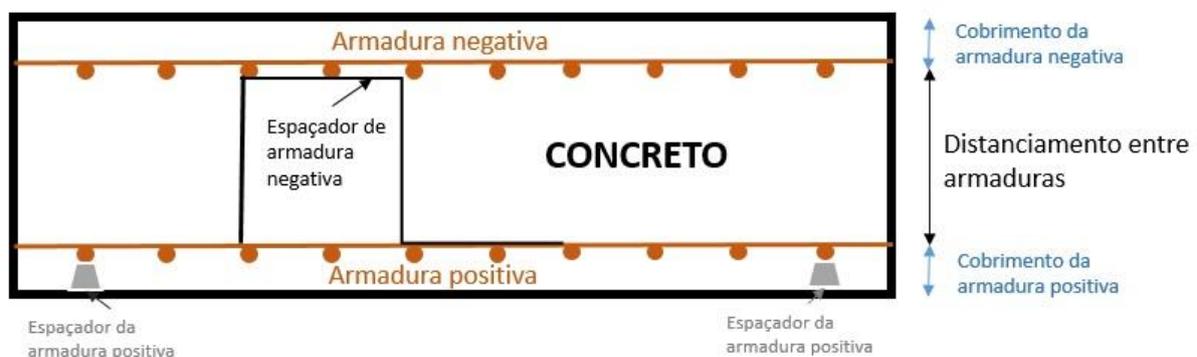
A armadura de distribuição, nas lajes armadas em uma só direção, deve ser igual ou superior a 20% da armadura principal, mantendo-se, ainda, um espaçamento entre barras de máximo 33cm.

Recomenda-se também, quanto a escolha de bitola e do espaçamento da armadura de laje que:

- Para armadura negativa (posicionada na face superior da laje), o diâmetro mínimo do aço seja = 5mm enquanto o espaçamento mínimo fique entre 15cm e 20cm.
- Para armadura positiva (posicionada na face inferior da laje), o diâmetro mínimo do aço seja = 4,2mm e o espaçamento mínimo fique entre 10cm e 15cm.

Nas figuras 3 e figura 4 consta um esquema demonstrando o posicionamento das armaduras dentro da laje e uma foto de uma laje já com as armaduras posicionadas à espera do concreto, respectivamente.

Figura 3 – Esquema do posicionamento de armaduras em laje



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 4 – Foto de uma laje com armadura negativa e positiva posicionadas



(fonte: IBTS, 2016)

3.2.2 Outros tipos de laje

Em se tratando de lajes existem ainda diversas outras soluções executivas possíveis além das lajes maciças anteriormente citadas. Dentre os outros tipos de lajes estão as lajes nervuradas, lajes protendidas, lajes com vigotas treliçadas, lajes pré-fabricadas entre outras. Com o intuito de manter o foco na proposta do trabalho e uma vez que as obras visitadas adotaram a solução lajes maciças, os outros métodos e sistemas executivos não serão aprofundados, deixando aqui apenas o registro de que existem outras formas de execução para lajes.

3.3 PILARES

A norma NBR6118:2014 descreve pilares como sendo elementos lineares com o eixo sendo reto e geralmente verticais, onde as forças predominantes são as de compressão. Pinheiro (2007) descreve os mesmos como sendo barras verticais as quais são projetadas para receberem ações das vigas ou das lajes e dos andares superiores ao elemento com a finalidade de transmitir as cargas aos andares inferiores ou ainda às fundações.

No caso de pilares de concreto armado, como o próprio nome sugere, temos os dois materiais, concreto e aço, interagindo em conjunto e formatados quase sempre na configuração mostrada na figura 5:

Figura 5 – Foto da armadura de um pilar dentro da forma



(fonte: foto do autor)

Analisando a figura 5 é possível verificar a existência de barras longitudinais de aço, assim como estribos posicionados transversalmente ao pilar, tais elementos constituem a armadura do pilar a qual deve ser dimensionada em projeto de acordo com as solicitações que serão impostas ao pilar.

3.4 VIGAS

Segundo a norma NBR 6118, vigas são os elementos lineares em que a flexão é predominante onde tem-se que elementos lineares são aqueles onde o comprimento longitudinal supera em no mínimo três vezes a maior dimensão transversal do elemento. Vigas podem variar em largura, altura e comprimento de acordo com a necessidade de projeto, seja por motivos apenas estruturais ou como forma de adapta-las à arquitetura da construção, podendo serem incorporadas a paredes, ficando embutidas nelas como cita Bastos (2016).

Quanto as armaduras presentes nas vigas, existem diversos arranjos que podem ser feitos dependendo das solicitações que serão aplicadas, dessa forma pode haver maior concentração de aço na parte superior, quando há mais esforços negativos ou na parte inferior quando há mais esforços positivos podendo haver ainda armadura de pele ou não. Em se tratando de vigas existe ainda nomenclaturas específicas para alguns tipos de vigas, tais como, vigas contínuas, vigas e balanço, vigas invertidas entre outras.

Como o presente trabalho não tem a intenção de explorar as variedades de vigas existentes e tão pouco detalhar suas características, uma vez que o foco está na metodologia aplicada no emprego do aço dentro do ciclo construtivo, não haverá maiores aprofundamentos nesse assunto deixando ao encargo do leitor, caso haja interesse, a busca por mais informações sobre assunto.

Com a intenção de ilustrar e tornar mais visível ao leitor a ideia de viga, segue a figura 6 mostrando uma armação genérica de viga para melhor compreensão do elemento.

Figura 6 – Ilustração genérica da armação de uma viga



(fonte: adaptado da internet)

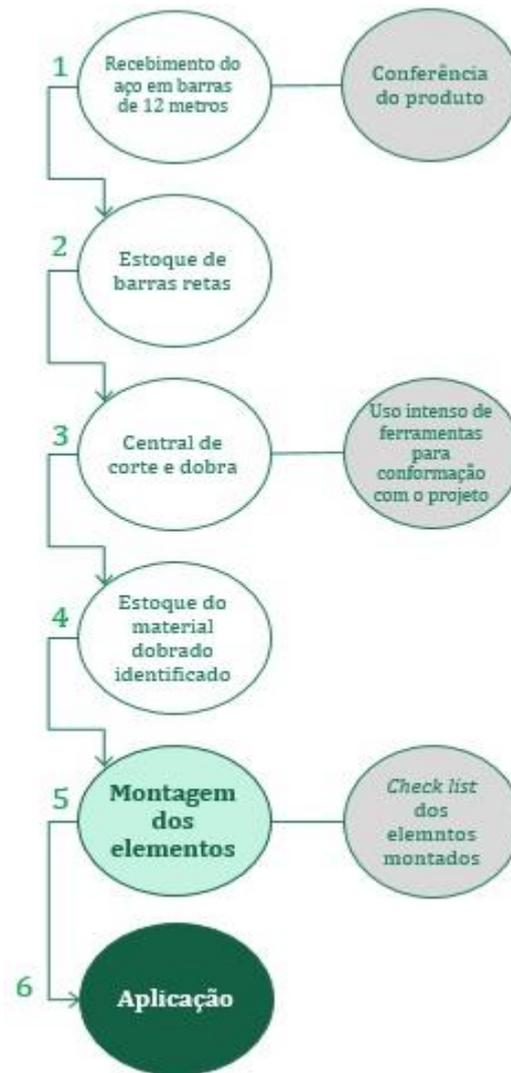
4 SISTEMA CONVENCIONAL

O sistema denominado convencional tem como característica básica a realização dos serviços de corte e dobra das barras de aço feitos no canteiro de obras. Por causa disso é conhecido por ocupar demasiado espaço físico dentro da obra em virtude da quantidade de barras necessárias em estoque, do comprimento das mesmas (atualmente fornecida em 12 metros de comprimento) e do espaço necessário para realização dos cortes e dobras das barras. O uso do sistema acarreta ainda na geração significativa de sobras de aço, uma vez que os cortes demandados pelos projetos muitas vezes não coincidem com os tamanhos das barras produzindo sobras inúteis para a montagem dos elementos além de criar resíduos que podem provocar acidentes caso não sejam devidamente tratados.

Praça (2004) atenta também para excessivas operações de transporte, armazenamentos e inspeções inerentes ao processo, atividades essas que acabam por diminuir a produtividade da mão de obra dos funcionários envolvidos em tais atividades, já que esses processos não agregam valor ao produto final.

A figura 7 a seguir ilustra o fluxograma do aço dentro do canteiro no sistema convencional de corte e dobra:

Figura 7 – Fluxograma do aço em canteiro no sistema convencional



(fonte: elaborado pelo autor)

4.1 RECEBIMENTO E ESTOQUE

Com a chegada do caminhão ou carreta no canteiro de obras, deve haver um acompanhamento do processo de descarregamento para garantir que o pedido tenha sido entregue corretamente, conferindo se o número de barras entregues está de acordo com o solicitado e garantindo que o material seja movimentado até a área de armazenagem sem causar danos à sua integridade, preservando as características geométricas e suas propriedades de acordo com a NBR14931 (ANBT,2004). As barras de 12 metros podem ser fornecidas retas ou dobradas em feixes para facilitar o carregamento em caminhões menores conforme mostra a figura 8

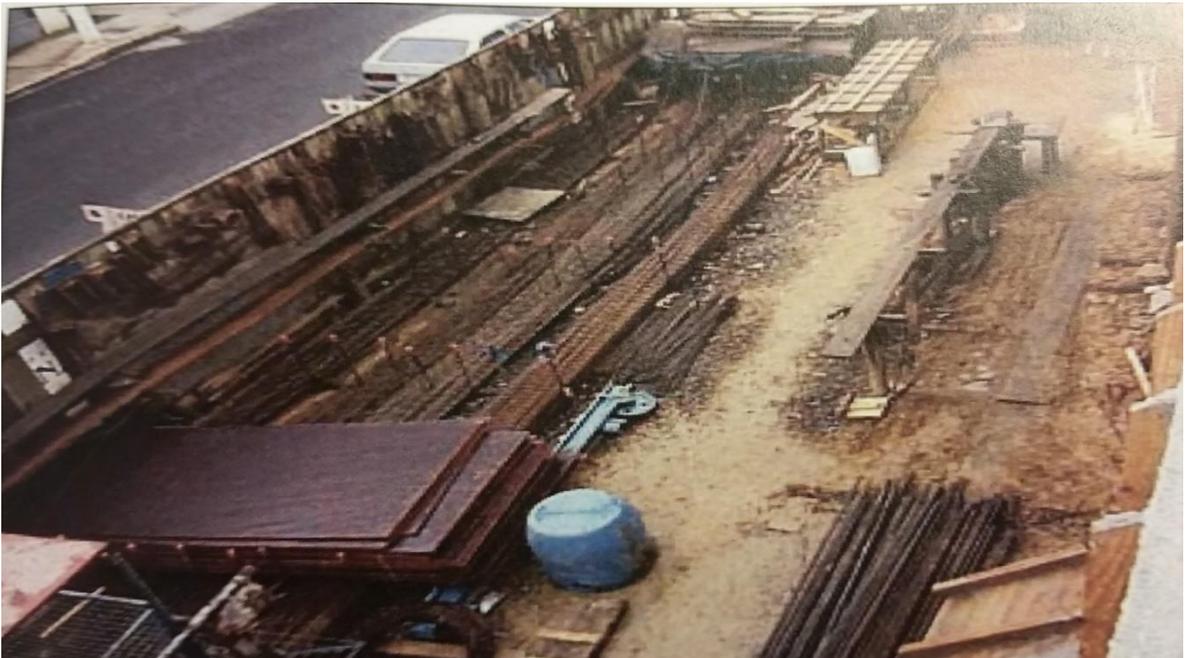
Figura 8 – Barras de 12 metros dobradas em feixes



(fonte: foto do autor)

No local de estoque as barras devem estar devidamente identificadas e separadas por bitola para evitar possíveis enganos assim como deve ser posicionada em local propício de forma a impedir contato com o solo, graxas ou quaisquer outro contaminante possível estando de acordo com o item 6.3.2 da NBR14931(ABNT 2004). A figura 9 mostra um estoque de barras retas em um canteiro de obras a fim de ilustrar o que foi descrito anteriormente.

Figura 9 – Estoque de barras retas



(fonte: adaptado de OLIVEIRA, 2011)

4.2 CENTRAL DE CORTE E DOBRA

É na central de corte e dobra onde as barras serão trabalhadas e conformadas de acordo com o projeto para futura montagem dos elementos estruturais, Oliveira (2011) descreve o processo a começar pela leitura e interpretação dos projetos pelo encarregado de armação da obra. De posse das informações necessárias o encarregado determina o tipo de peça estrutural (viga, pilar ou laje) que será feita, assim como o diâmetro do aço a ser usado, as posições, tamanhos e quaisquer característica relevantes para sua execução e em seguida designa os serviços para os demais trabalhadores. Posteriormente cada peça ou elemento deve ser identificado corretamente para futuro posicionamento. Andrade (1993) atenta para possíveis falhas decorrentes de erros na transcrição de dados, recebimento de informações, imperfeições no corte ou na dobra entre outros.

4.2.1 Ferramentas

A seguir serão apresentadas algumas ferramentas utilizadas na central de corte e dobra em canteiros de obra.

- a) Tesoura manual (tesourão) - utilizado para o corte de vergalhões de bitola até 10mm.



- b) Chave de dobra - ferramenta utilizada geralmente na bancada de dobra para fazer a dobra do vergalhão.



- c) Torquês – ferramenta versátil do ferreiro, usada principalmente para cortar o arame recozido e dar os nós de amarração. Geralmente fica no cinto de ferramentas do operário.



- d) Policorte / Lixadeira – serra elétrica com disco abrasivo utilizada para cortar os vergalhões de diversas bitolas. As lixadeiras têm a mesma função, porém são portáteis, o que facilita ajustes em locais diferentes da central de corte e dobra.



- e) Guilhotina manual – outra ferramenta para o corte de vergalhões até 16mm.



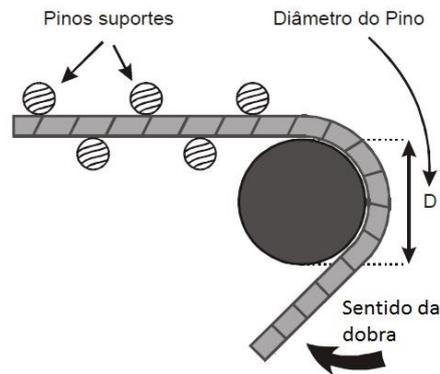
- f) Bancada de ferreiro – Mesa de apoio onde existem os pinos de dobramento. Local onde os vergalhões são dobrados.



4.2.2 Dobramento em obra

Na NBR 6118 (ABNT 2003) existem itens importantes quanto ao dobramento do aço que deve ser observado durante a execução da tarefa. A norma descreve os pinos de dobramento que devem ser usados em cada tipo e bitola de aço, a fim de preservar as características técnicas das barras. A figura 10 mostra os elementos que devem configurar uma bancada de ferreiro.

Figura 10 Esquema de elementos em uma bancada de ferreiro



(fonte: adaptado de ANDRADE 2009)

ANDRADE (2009) afirma que não há divulgação das normas e técnicas específicas para os trabalhadores de nível operacional e ressalta que é comum em obras que utilizam o sistema convencional, o uso de pinos de dobramento incorreto e que em certas ocasiões é utilizado o mesmo pino para todas as bitolas. O autor ressalta a importância de utilizar os pinos corretos para que não haja quebra do aço ou condições agressivas de dobramento as quais podem fragilizar o material na região dobrada, seja provocando trincas ou fissuras na peça, ou por utilizar quase toda resistência do aço para dobrá-lo em pinos menores dos que os recomendados pela norma. No caso de estresses causados no aço sem a ruptura da barra o caso é ainda pior pois a peça danificada irá compor a armadura final e por alguma sobrecarga eventual na estrutura esse pode ser um ponto crítico de fragilização.

Além desses cuidados é preciso ainda deixar uma folga entre o pino de dobramento e os pinos de suporte para que a barra não seja estrangulada durante a dobra e também atentar para o diâmetro dos pinos de suporte para que não sejam muito finos em relação a bitola da barra a ser dobrada. Andrade (2009) aponta ainda que no caso de vergalhões com nervuras como o CA-50, essas podem “agarrar” nos pinos de suporte travando a barra ao fazer a dobra, isso pode causar quebra ou aparecimento de fissuras causadas por conta do erro no processo de dobramento.

4.2.3 Montagem dos elementos

Com as peças já cortadas e dobradas inicia-se o processo de montagem dos elementos, as peças são geralmente posicionadas em cavaletes e então amarradas umas nas outras utilizando arame recozido para criar os chamados “nós” de forma a criar um elemento único seja ele um pilar ou viga o qual será transportado até o local de destino e posicionado na devida forma para futura concretagem. Faz parte dessa etapa a conferência de cada peça da armadura para garantir a conformidade com o projeto, esse *check list* é normalmente realizado por algum responsável da construtora e não por algum integrante da equipe de armação na tentativa de inibir erros. O responsável pela conferência vai à campo com os projetos em mãos e verifica se o elemento não possui erros em sua montagem, caso seja detectado alguma falha, cabe a equipe de armação fazer os ajustes necessários.

A figura 11 mostra um processo de montagem de armadura para melhor compreensão do leitor.

Figura 11 – Montagem de elemento estrutural



(fonte: Foto do autor)

4.3 RESÍDUOS

Dentre as perdas inerentes ao processo de corte e dobra no canteiro de obras a mais visível e que chama mais atenção é a quantidade de resíduos gerados pela atividade. O fato das barras serem fornecidas em tamanho padrão de 12 metros faz com que, após os cortes desejados haja uma sobra de aço que dificilmente será usada em outra aplicação, seja por incompatibilidade de dimensões ou mesmo pela preguiça dos trabalhadores de tentar apropriar as sobras em outros elementos, tendo em vista que existe um estoque de barras novas à disposição. Segundo Pannoni (2009) estima-se que o desperdício de material na utilização de barras retas pode chegar a 15%, valor bastante elevado considerando o custo que o aço representa numa construção.

Além de representar custos, os resíduos gerados ainda representam fatores de risco de acidente com os trabalhadores, não apenas os envolvidos no processo, mas todos operários do canteiro. Por fim os resíduos ainda precisam ser destinados a locais apropriados de descarte o que demanda tempo e mais espaço físico na obra.

4.4 PRODUTIVIDADE

Existe na literatura atual diversos estudos a respeito do método convencional de armação em obra e suas características. A fim de evidenciar dados referentes a produtividade alcançada com o método, será apresentado a seguir algumas medições de produtividade feitas em obras que utilizavam o sistema convencional como solução para armadura de elementos estruturais. Nas tabelas selecionadas a seguir é mostrado a produtividade utilizando a medida Homem-hora por quilograma de aço (H.h/Kg) e todos os dados são referentes as vigas, já que as vigas apresentam maior necessidade de cortes e dobras quando comparado a pilares e lajes.

Quadro 1 – Produtividade no sistema convencional

OBRA	ELEMENTO ESTRUTURAL	PESO TOTAL (kg)	TEMPO DE DESCARGA DO AÇO (horas)	TEMPO DE CORTE E DOBRA (horas)	TEMPO PARA PRÉ MONTAGEM (horas)	TEMPO PARA FINALIZAÇÃO DA MONTAGEM (horas)	TEMPO DE INSTALAÇÃO NAS FORMAS (horas)	TEMPO TOTAL (horas)	PRODUTIVIDADE (H.h/kg)
OBRA A	Vigas Comercial 1	3650,00	4,00	119,00	94,00	138,00	19,00	374,00	0,102
	Vigas Tipo 1	10194,00	10,00	389,00	219,00	432,00	40,00	1090,00	0,107
	Vigas Tipo (X 2)	5196,00	6,00	188,00	115,00	181,00	26,00	516,00	0,099
OBRA B	Vigas Comercial 1	2603,00	3,00	79,00	67,00	104,00	13,00	266,00	0,102
	Vigas Tipo 1	10104,00	8,00	371,00	203,00	423,00	42,00	1047,00	0,104
	Vigas Tipo (X 2)	3688,00	5,00	123,00	89,00	124,00	21,00	362,00	0,098
MÉDIA									0,101

(fonte: CARLOTT, 2012)

Quadro 2 – Produtividade no sistema convencional 2

OBRA	ELEMENTO ESTRUTURAL	PESO TOTAL(Kg)	TEMPO DE CORTE E DOBRA (Horas)	TEMPO DE MONTAGEM E INSTALAÇÃO (Horas)	TEMPO TOTAL (Horas)	PRODUTIVIDADE (H.h/kg)
OBRA A	Vigas 4º Pav.	1043,00	32.05	71.80	103.85	0.100
OBRA B	Vigas 4º Pav.	854,00	28.05	65.10	93.15	0.109
OBRA C	Vigas 2º e 3º Pav.	3056,00	103.8	235.70	339.5	0.111
MÉDIA						0.107

(fonte: OLIVEIRA, 2012)

5 ADOÇÃO DO SISTEMA INDUSTRIALIZADO

Atualmente quando falamos na parte estrutural de edifícios existe uma grande diversidade de soluções de execução possíveis, que variam de um caráter mais industrializado até alguns mais manuais, mas que ainda assim, em se tratando de armação de elementos, supera em tecnologia o método convencional de corte e dobra.

Com o intuito de demonstrar algumas dessas soluções, a seguir serão brevemente discutidos tipos de soluções industrializadas existentes no cenário atual da construção civil.

5.1 ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS

EI DEBS (2000), descreve a pré-moldagem como um processo de construção em que os elementos da obra são moldados todos, ou parcialmente, fora do canteiro onde terá sua aplicação final e faz uma analogia desse processo construtivo com a industrialização na construção. Pode-se dizer que quanto maior a quantidade de elementos moldados previamente fora do canteiro de obras, maior é a possibilidade de aumentar o grau de industrialização da construção, já que abre-se a oportunidade de executar esses processos em local controlado e especializado em realizar a tarefa, contando com ferramentas e maquinário apropriado. Esse deslocamento de local se deve ao fato das peculiaridades da indústria da construção civil, principalmente no que tange as construções habitacionais, visto que a as mesmas possuem necessidade de fundações, o que depende de fatores condicionantes locais, grande número de fornecedores, grande porte, espaço limitado, entre outros.

A figura 12 mostra a estrutura de uma construção feita com peças pré-moldadas para melhor compreensão do leitor:

Figura 12 – Construção genérica em elementos pré-moldados



(fonte: adaptado da internet)

No caso dos elementos estruturais, pilares, vigas e laje, o que acontece é que os mesmos são armados e concretados em local apropriado e controlado, elevando o controle de qualidade aplicado sobre as peças e, após o período de cura necessário, os mesmos são transportados até a obra e através do uso de sistemas de elevação, guias, guinchos ou similares, as peças são posicionadas em seu local definitivo.

É possível notar que, ainda que os elementos estruturais da construção sejam moldados previamente em local diferente ao de sua aplicação, sempre existe a necessidade de atividades no local da obra, mesmo que seja apenas a colocação das peças no lugar desejado. Em virtude desse fato o seguinte capítulo tem como propósito elucidar algumas vantagens e desvantagens que se tem com a aplicação de elementos pré-moldados.

5.1.1 Vantagens e desvantagens

São apresentadas como vantagens do sistema de pré-moldagem a própria mudança do local de serviço pois desse modo cria-se facilidades de produção dos elementos em virtude de transferir o serviço para um local onde fatores técnicos são mais facilmente controláveis em comparação com o ambiente do canteiro de obras. Além disso, a redução, ou mesmo eliminação da necessidade do uso de cimbramento é um fator bastante vantajoso, uma vez que abolindo essa necessidade, tem-se redução de custos e maior organização no canteiro de obras devido a redução da quantidade de material necessário. (EI DEBS 2000).

É valido ainda ressaltar que os ganhos no sistema de pré-moldagem são ainda mais significativos quando aplicado em produção de grandes séries, dessa forma outras vantagens como a grande reutilização das formas de moldagem, emprego da protensão com armadura pré-tencionada, melhor aproveitamento de materiais, ganho no controle de qualidade e aumento da produtividade da mão-de-obra tornam-se evidentes.

Por outro lado a adoção desse sistema como solução na execução de elementos estruturais também possui aspectos desvantajosos quando comparado a outros sistemas mais convencionais. Destacam-se entre os fatores desvantajosos a necessidade de realizar ligações entre os diversos elementos individuais que compõe a estrutura o que dá à construção uma característica estrutural mais pobre em relação as solicitações quando comparado a elementos monolíticos criados com a concretagem no local designado. Outro fator importante e que pode ser decisivo no momento de optar por essa solução, é a necessidade de equipamentos para o transporte das peças bem como a disponibilidade e condições dos acessos à obra, seja para os veículos que transportam os elementos até o canteiro ou para o maquinário usado para a colocação das peças no local final.

5.2 ELEMENTOS MISTOS

Na busca por soluções na execução de elementos estruturais em edifícios é preciso levar em consideração, antes de definir qual método será adotado, diversos fatores determinantes pois cada obra possui características distintas que podem impactar diretamente no processo de execução uma vez que a solução adotada não seja coerente com o canteiro de obras em questão,

seja por limitações de espaço físico, recursos financeiros, disponibilidade de maquinário e/ou mão-de-obra qualificada entre outros. Impulsionado por essas características distintas que variam de caso a caso surgem as chamadas soluções mistas as quais são híbridas de sistemas industrializados com soluções mais convencionais com grau de industrialização menor ou inexistente.

A fim de mostrar exemplos de soluções mistas temos o caso da Construtora Marques que através do uso de sistemas mistos reduziu o prazo de entrega de sua obra “Bem Viver” em São Paulo, de 18 para 11 meses. A reportagem de Renata Carvalho para a revista *Téchne* em 2002 relata o sistema utilizado no caso específico da obra em questão que foi motivado pela tendência mercadológica de industrialização segundo palavras da repórter. O sistema adotado consiste na no uso de pequenos elementos pré-moldados que são parte da estrutura e também forma para concretagem *in loco*. Nessa solução os pilares são 100% concretados no local e as vigas e laje possuem parte pré-moldada e parte concretada *in loco*, sendo a primeira uma espécie de pré-laje e pré-viga. Com a adoção desse sistema houve redução de materiais e mão-de-obra no canteiro além de um acréscimo no controle de qualidade, visto que as peças pré-fabricadas passavam por sistemas mais eficientes de controle de qualidade, contudo, ainda é possível destacar algumas desvantagens nesse sistema como por exemplo a necessidade de mão-de-obra mais qualificada, a logística necessária no transporte das peças e no estoque que se criava no canteiro além da necessidade de maquinário para elevação das peças.

É importante a compreensão de que em se tratando de soluções mistas para execução de elementos estruturais, existe uma infinidade de soluções podendo tender a métodos mais industrializados ou mais manuais e convencionais. Algumas empresas, por exemplo, optam por realizar a armação das peças fora do canteiro através de terceiros e apenas posicionam as armaduras nas fôrmas. É dentro dessa diversidade de opções que surge o corte e dobra industrializado em questão no presente trabalho, esse método apresenta grandes vantagens em relação ao convencional enquanto evita algumas necessidades requeridas por técnicas voltadas a pré-moldagem. Partindo dessa ótica o próximo capítulo explora o método de corte e dobra industrializado a fim de trazer maior compreensão do leitor a respeito da solução.

5.3 CORTE E DOBRA INDUSTRIALIZADO

De acordo com os estudos referentes a perdas dentro da construção civil, Lopes (1992) constatou que o aço estrutural estava entre os insumos que registravam maior índice de perdas dentro do canteiro. O autor afirma ainda que 15% de perdas desse material é um valor que diversas construtoras aceitam trabalhar, agregando esse percentual ao valor final dos quantitativos de material e aumentando consideravelmente os custos de produção.

CARLOTT (2012) aponta que a adoção do sistema de 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% de redução no custo total com aço e evidencia que os resultados podem ser ainda mais relevantes se forem contabilizados a redução no tempo gasto com o serviço, na segurança do processo e na qualidade na execução da obra.

Em um mercado competitivo e que exige das empresas o máximo de economia e níveis de qualidade elevado esses percentuais de perda mostram-se demasiadamente elevados e dentro de um pensamento de *Lean Production*¹ devem ser trabalhados para sua redução ou eliminação.

Este capítulo tem por objetivo dar ao leitor uma noção sobre o que é o sistema de corte e dobra industrializado apontando seus aspectos e elucidando como ele está disponível no mercado para seus clientes consumidores. Os dados descritos abaixo são referentes a uma empresa do setor, a qual atende um grande número de obras em todo o Brasil e possui fábrica de corte de dobra na cidade de Porto Alegre.

5.3.1 Localização

Na região da grande Porto Alegre existem algumas empresas que fornecem o serviço de corte e dobra industrializado o que é característico de regiões com maior concentração urbana, já que longe dos grandes centros a oferta desse serviço reduz significativamente a medida que também diminui a procura. Contudo, empresas de maior porte também atendem regiões mais isoladas ainda que haja em certos casos restrições quanto ao peso das cargas devido ao valor do frete ficar mais elevado.

¹ *Lean Production* - traduzível como manufatura enxuta ou manufatura esbelta, e também chamado de Sistema Toyota de Produção é uma filosofia de gestão focada na redução dos sete tipos de desperdícios

Para obras localizadas dentro da região metropolitana os prazos de entrega são bastante reduzidos devido à proximidade com as fabricas e também é permitido a entrega de pequenas quantidades, uma vez que o valor do frete também fica reduzido.

5.3.2 Equipamentos

As unidades de corte e dobra contam com equipamentos de alta tecnologia e específicos para cortar e dobrar o aço de acordo com as exigências de projeto e dentro das normas técnicas específicas.

A fim de elucidar o tipo de equipamento existente em fábricas de corte e dobra, segue a figura 6 com o equipamento *Syntax Line* pertencente a uma empresa de Porto Alegre. O equipamento em questão trata-se de uma estribadeira automática bidirecional que trabalha com aço em barras retas com 12m laminado a quente ou trefilado a frio, com dois cabeçotes de dobra para produção de estribos ou barras com dobras nas duas extremidades. Sua capacidade produz estribos e barras cortadas, utilizando um fio de até 32mm. (Mepgroup, 2011)

Figura 13 – Máquina de Corte e Dobra: Syntax Line



(fonte: OLIVEIRA,2011)

A seguir na figura 14 temos em detalhe outros dois equipamentos de corte e dobra comuns em fábricas de corte e dobra.

Figura 14 – Maquinas de Corte e Dobra utilizadas pela Gerdau



(fonte: GERDAU, 2016)

5.3.3 Qualidade

Mais que garantir cortes precisos e medidas exatas através do uso de maquinário especializado empresas do setor seguem em seu processo de produção, as normas ABNT NBR 7480 e NBR6118. Um grande diferencial encontrado nas fábricas de corte e dobra quando comparados a um canteiro de obras é o fato de se tratar de um ambiente controlado, as unidades são protegidas das intemperes do tempo e contam com um *layout* especialmente desenvolvido para melhor servir a linha de produção além de contar com sistemas de segurança que tornam acidentes quase inexistentes. A figura 15 mostra uma visão geral de uma unidade de corte e dobra onde é possível verificar a organização e a existência de facilitadores como pontes rolantes, caminhos demarcados no chão e proteções físicas para prevenir acidentes.

Figura 15 – Central corte e dobra da empresa Gerdau.

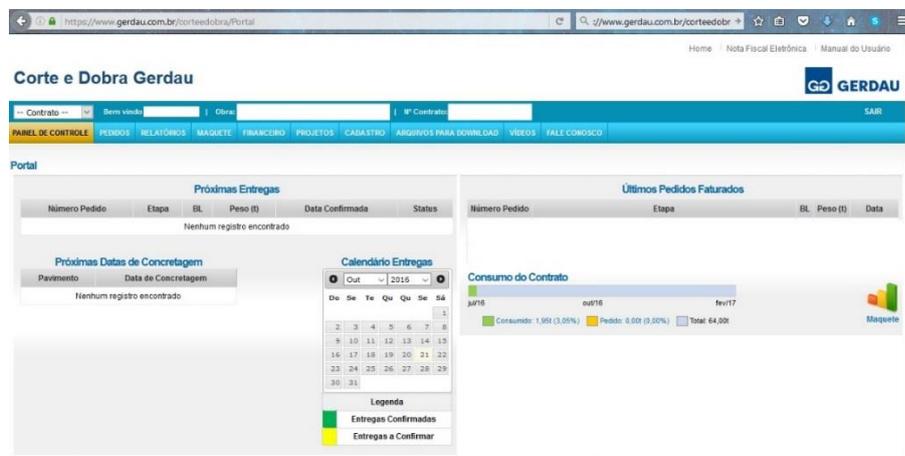


(fonte: OLIVEIRA,2011)

5.3.4 Pedidos

Algumas empresas oferecem a seus clientes a possibilidade de realizar seus pedidos através de software e/ou portal digital aonde o usuário tem acesso a diversas informações como datas dos próximos pedidos, valores de contratos, preferencias do cliente entre outros como mostrado na figura 16.

Figura 16 – Página inicial do portal corte e dobra da Gerdau (2016)



(fonte: GERDAU, 2016)

Clicando na aba denominada pedidos e em seguida no botão escrito efetuar pedidos, tem-se acesso então a área de efetuação de pedidos, como mostra a figura 17.

Figura 17 – Página para efetuação de pedidos do corte e dobra Gredau (2016)

(fonte: GERDAU, 2016)

Nessa página então, são definidos todos os aspectos do pedido que está sendo realizado, faz-se o *Upload* do projeto desejado apontando qual a revisão vigente e especificando quais partes do projeto estão sendo solicitadas, escolhe-se a data desejada para a entrega do material dentre outras especificações como a possibilidade de a obra receber o aço sendo transportado em carretas ou não. É possível inserir diversas pranchas de projeto simultaneamente e solicitar que seus componentes sejam entregues juntos.

Ao confirmar a solicitação do pedido um e-mail automático é enviado aos e-mails previamente cadastrados confirmando a realização do pedido, porem essa confirmação refere-se somente a realização do pedido, posteriormente outro e-mail é enviado novamente aos e-mails cadastrados confirmando então a data de entrega do pedido.

5.3.5 Recebimento

Na data solicitada pelo cliente e confirmada pelo fornecedor, chega ao canteiro de obras o carregamento de aço em caminhão dotado ou não de *munk* hidráulico ou carreta. Os feixes de barras são agrupados e amarrados de acordo com a bitola e com o elemento estrutural a que

pertencem, do mesmo modo também são agrupados elementos diferentes de barras como estribos, treliças entre outros. A figura 18 a seguir mostra um caminhão da empresa com um carregamento pronto para ser entregue:

Figura 18 – Caminhão carregado pronto para entrega



(fonte: foto do autor)

Através do uso de etiquetas identificadoras e de romaneios detalhando todos os elementos estruturais que estão sendo entregues, é possível que o cliente faça uma verificação do material para garantir que não haja erros ou enganos na carga descarregada do caminhão. A figura 19 mostra uma carga de aço recebida em obra, na figura é possível notar que as barras estão agrupadas de acordo com bitola e elemento estrutural e também é possível perceber a presença das etiquetas identificadoras presas a cada agrupamento. Detalhes dessa etiqueta são melhores vistos na figura 20.

Figura 19 – Aço recebido e agrupado



(fonte: GERDAU, 2016)

Figura 20 – Etiqueta com identificações das peças



(fonte: GERDAU, 2016)

5.3.6 Estocagem

Utilizando-se do sistema de corte e dobra industrializado é possível que o aço seja recebido e diretamente levado para montagem e então, seu destino final, sem que seja necessário uma previa estocagem. Caso contrário, segundo a NBR14931 (ABNT 2004) o aço recebido deve ser estocado de forma manter inalteradas suas características geométricas e suas propriedades, desde o recebimento na obra até seu posicionamento final na estrutura. A norma ainda sugere

que, no caso do aço recebido cortado e dobrado, cada posição deve ser claramente identificada para que não haja o risco de troca involuntária quando de seu posicionamento na estrutura. Por fim a NBR14931:2004 6.3.2 ressalta que a estocagem deve ser feita de modo a impedir o contato com qualquer tipo de contaminante (solo, óleos, graxas, entre outros).

5.3.7 Aplicação

Para a aplicação final das armaduras de elementos estruturais é preciso respeitar alguns itens os quais são apresentados em norma.

Na NBR14931:2004, 8.1.5.5 Montagem e posicionamento de armadura diz o seguinte:

A armadura deve ser posicionada e fixada no interior das formas de acordo com especificações de projeto com as tolerâncias estabelecidas em 9.2.4, caso o projeto da estrutura, em virtude de circunstâncias especiais, não exija mais rigorosas, de modo que durante o lançamento do concreto se mantenha na posição estabelecida, conservando-se inalteradas as distancias das barras entre si e com relação às faces das formas.

A montagem da armadura deve ser feita por amarração, utilizando arame. No caso de aços soldáveis, a montagem pode ser feita por pontos de solda. A distância entre pontos de amarração das barras das lajes deve ter afastamento máximo de 35cm.

O cobrimento especificado para a armadura no projeto deve ser mantido por dispositivos adequados ou espaçadores e sempre se refere à armadura mais exposta. É permitido o uso de espaçadores de concreto ou argamassa, desde que apresente a relação de água/cimento menor ou igual a 0,5, e espaçadores plásticos, ou metálicos com partes em contato com a forma revestidas com material plástico ou outro material similar. Não devem ser utilizados calços de aço cujo cobrimento, depois de lançado o concreto, tenha espessura menos do que o especificado em projeto.

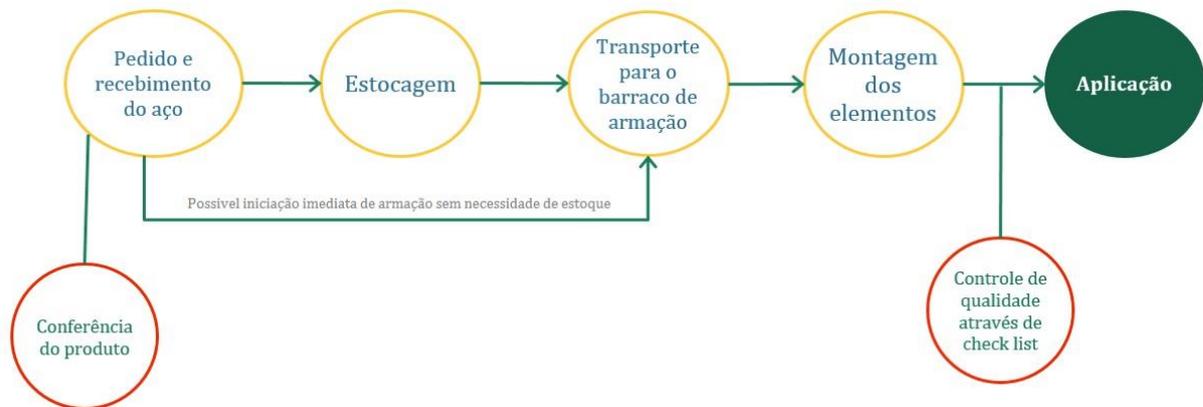
Podem ser utilizados outros espaçadores não descritos nessa Norma, desde que não tenham partes metálicas expostas.

O posicionamento das armaduras negativas deve ser objeto de cuidados especiais em relação à posição vertical. Para tanto, devem ser utilizados suportes rígidos e suficientemente espaçados para garantir o seu posicionamento. (NBR14931:2004, 8.1.5.5).

5.3.8 Operações do processo

O conjunto das etapas anteriores formam o ciclo de operações do processo de armação de lajes pelo sistema de corte e dobra conforme mostrado na figura 21 abaixo:

Figura 21 – Esquema das operações do processo de armação de laje pelo método corte e dobra



(fonte: elaborado pelo autor)

É possível perceber pelo esquema mostrado os momentos onde é feito o controle de qualidade e após quais processos é feita a análise para recebimento do serviço, sendo esses os momentos onde profissionais treinados devem fazer as avaliações sobre o trabalho realizado, apontando falhas e indicando e realizando possíveis soluções

5.4 TELA SOLDADA

Para melhor compressão do leitor a respeito de telas soldadas, esse capítulo tem por objetivo explicar do que se trata o material bem como suas aplicações e métodos de utilização, dar-se-á ainda uma breve contextualização histórica sobre o produto.

5.4.1 Definição

Segundo a empresa Trelicamp, produtora de materiais em aço para a construção civil, tela soldada trata-se do resultado de um processo que utiliza tecnologia avançada e tem como principal aplicação a área da construção civil. Como definição a empresa diz que a tela soldada é formada por fios longitudinais e travessais (geralmente de aço CA-60) soldados entre si, fios esses provenientes de uma armadura de aço pré-fabricada, e que através de corrente-elétrica de máquinas de alta precisão os pontos de cruzamentos são soldados formando malhas que podem ser quadradas ou retangulares (TRELICAMP, 2016)

A NBR 7481 descreve tela soldada de maneira bastante semelhante quando diz que se trata de uma armadura pré-fabricada destinada a armar concreto e que é constituída de fios de aço tanto longitudinais quanto transversais sobrepostos e soldados por resistência elétrica em todos os pontos de contato, os quais identifica como (nós).

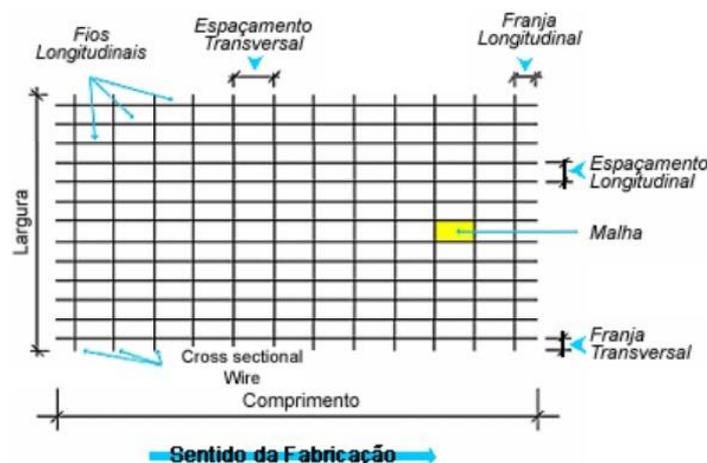
De maneira mais sucinta (NAPPI, 1993) define telas soldadas como sendo armaduras pré-fabricadas soldadas em todos os pontos de cruzamento dos fios.

Também na NBR 7481, 3.5 estão listadas as exigências para que uma tela soldada seja considerada padronizada, para tal, é exigido das empresas que elas criem tabelas para cada tipo de tela e que nessas tabelas constem as seguintes indicações:

- Nome do fabricante;
- Tipo de aço;
- Designação da tela;
- Área das seções dos fios longitudinais e transversais em cm^2 ;
- Diâmetro dos fios longitudinais e transversais em cm^2 ;
- Espaçamento entre fios longitudinais e transversais ou entre feixes longitudinais em cm;
- Massa por unidade de área, em kg/m^2

A seguir na figura 22 uma ilustração dos elementos que compõe a tela soldada, bem como o a nomenclatura dos elementos:

Figura 22 – Ilustração da tela soldada



(fonte: IBTS, 2016)

5.4.2 Aplicações da tela soldada

As primeiras grandes aplicações da tela soldada na construção civil surgiram ao final da primeira guerra mundial, quando havia uma tendência ao desenvolvimento de novos materiais. Daí para a frente foram surgindo novas características de opção, o que fez com que a tela soldada fosse aplicada em diversificados tipos de projetos dentro da construção civil e se tornasse um dos materiais mais usados nos Estados Unidos e na Europa. Com o passar dos anos as telas soldadas se mostraram uma solução com vantagens técnicas e econômicas quando comparada a outros métodos e atualmente também faz parte do cenário brasileiro da construção civil (IBTS, 2016).

De acordo com o (COBEF,2011), são inúmeras as aplicações da tela soldada e as mesmas podem ser aplicadas com vantagem em relação a armação manual de ferragens seja em alambrados, construção de casas, pavimentos, pré-moldados entre outros.

Segundo (ITBS, 2016), telas soldadas podem ser aplicadas em:

- Alambrados;
- Casas populares;
- Galerias;
- Lajes;
- Obras de Arte;
- Parede Diafragma;
- Pavimentos;
- Pisos Industriais;
- Pré-fabricados;
- Tubos e Aduelas;
- Recuperação de Estruturas;
- Reservatório / Piscinas.

Dentro dessa gama de possibilidades, o presente estudo tratará de telas soldadas apenas como solução de armadura para lajes,

Dentre as telas soldadas mais corriqueiramente usadas em lajes destacam-se as mostradas no quadro 3 a seguir, onde a letra representa o tipo, e o número seguinte a área de aço da armadura principal em cm^2/m :

Quadro 3 – Telas soldadas mais comuns empregadas em lajes.

TELAS PADRONIZADAS DE USO CORRENTE				
Tela CA 60	Composição		Dimensões (m)	
	Malha (cm)	Fios (mm)	Rolos	Painéis
Q 47	15 x 15	3,0 x 3,0	2,45 x 120,00	
Q 61	15 x 15	3,4 x 3,4	2,45 x 120,00	
Q 75	15 x 15	3,8 x 3,8	2,45 x 120,00	
Q 92	15 x 15	4,2 x 4,2	2,45 x 60,00	
Q 138	10 x 10	4,2 x 4,2	2,45 x 60,00	2,45 x 6,00
Q 159	10 x 10	4,5 x 4,5		2,45 x 6,00
Q 196	10 x 10	5,0 x 5,0		2,45 x 6,00
Q 283	10 x 10	6,0 x 6,0		2,45 x 6,00
Q 396	10 x 10	7,1 x 7,1		2,45 x 6,00
T 138	30 x 10	3,8 x 4,2	2,45 x 60,00	

(fonte: ITBS, 2016)

Nas estruturas de lajes, as telas soldadas podem ser utilizadas tanto como armadura positiva quanto como armadura negativa e de acordo com folheto informativo divulgado pelo Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (ITBS), a adoção desse sistema resulta em vantagens como menor consumo de aço, economia de mão-de-obra, eliminação do arame de amarração, garantia dos espaçamentos dos fios, controle de trincas, redução de perdas e redução do tempo de execução.

5.4.3 Pedidos

O pedido de telas soldadas é feito informando ao fornecedor qual o tipo de tela deseja, Q159, Q283 entre outras e a quantidade de telas necessárias, sendo possível negociar com o fornecedor tamanhos não padronizados de tela para eventuais casos especiais ou adaptações de projetos.

5.4.4 Recebimento e estocagem

As telas chegam ao canteiro empilhadas umas sobre as outras e a descarga pode ser feita utilizando um guincho ou manualmente pelos operários.

Para o armazenamento desse material, servem também as recomendações utilizadas quanto ao aço do corte e dobra industrializado e a norma NBR14931:2004 previamente citada nesse trabalho, atentando para o fato de que o contato entre o aço e possíveis contaminantes deve ser evitado. Na figura 23 temos um exemplo de uma boa solução para o armazenamento de telas soldadas deixando-as com fácil acesso e restringindo a área de estoque necessário.

Figura 23 – Exemplo de armazenamento de telas soldadas



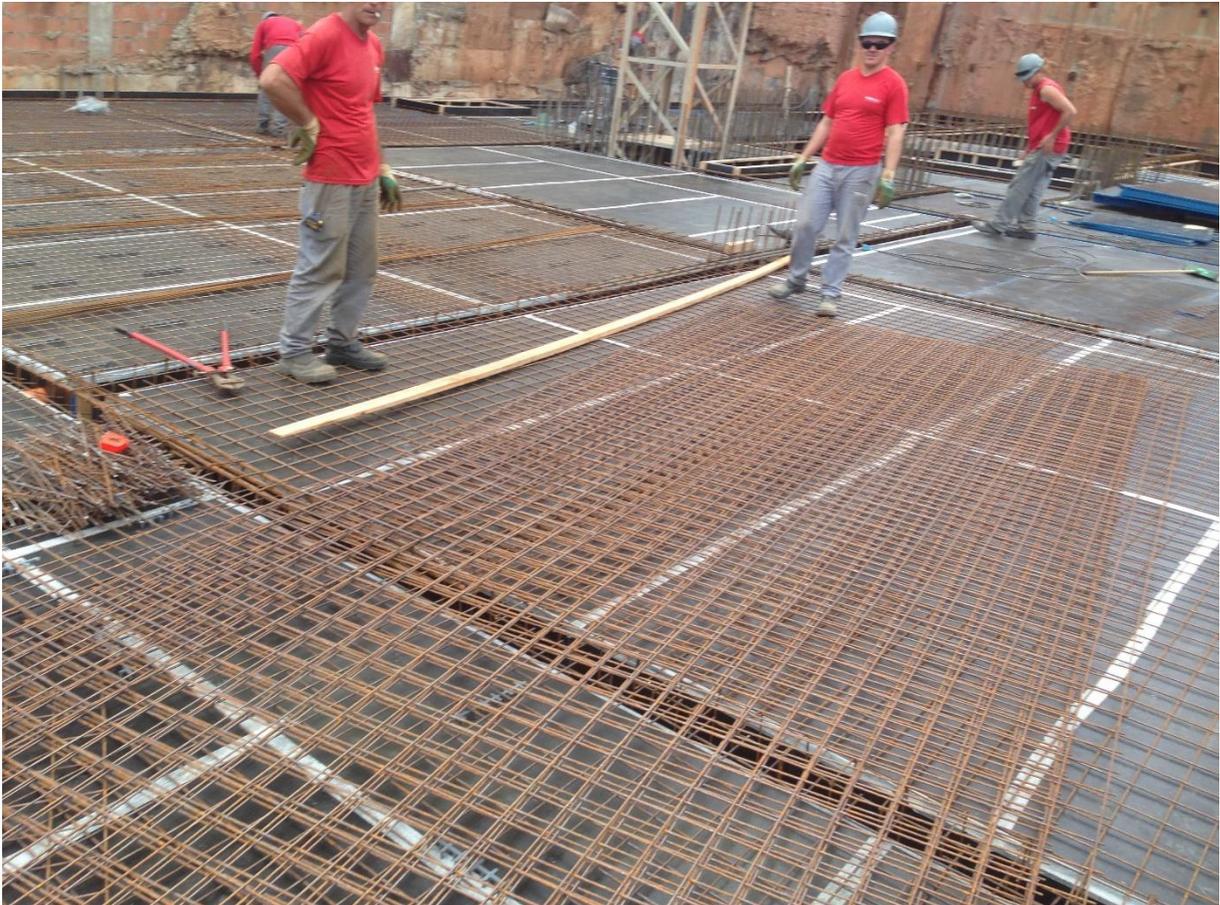
(fonte: ITBS, 2016)

5.4.5 Utilização em laje

Na hora da montagem da armadura da laje utilizando telas soldadas, existem alguns pontos que devem ser observados e verificados antes que seja feita a concretagem. Dentre eles dois são de suma importância, as emendas, que deveram ser feitas através da sobreposição de uma ou duas malhas de acordo com projeto e a ancoragem, que também deverá ser esclarecida em projeto, mas que não deve ser menos do que 10cm a partir da face da viga. Como é bastante frequente que em lajes hajam passagens elétricas, hidráulicas ou ainda de outra natureza, é necessário que se faça aberturas (cortes) na armadura, para que se possa realizar o posicionamento das passagens. Nesse caso a tela deverá ser cortada nos locais necessários, sem que haja prejuízos para a armadura, contudo em se tratando de aberturas maiores como *Shafts*, deverá ser feito um reforço à armadura utilizando vergalhões. Os mesmos deverão estar detalhados no projeto

estrutural (ITBS, 2016). A figura 24 mostra o posicionamento de telas soldadas em parte sobrepostas para garantir a emenda:

Figura 24 – Telas soldadas sendo posicionadas.



(fonte: foto do autor)

5.4.6 Recomendações de projeto

Fusco Jr. (1989) diz que os arranjos utilizados pelas telas devem ser o mais simples possível, tentando sempre uniformizar ao máximo o tipo de tela soldada, ainda que isso implique em um aumento de consumo de aço por metro quadrado pois segundo o autor isso ainda sim resulta em uma diminuição do custo final da obra, já que o procedimento resulta em rapidez na aplicação, redução o número de trabalhadores envolvidos, maior qualidade no trabalho e dessa forma reduz as atividades de reparo. O autor ressalta ainda que, quando aplicadas dessa forma

as telas soldadas proporcionam maiores vantagens em relação a outros métodos como o tradicional através do corte e dobra.

Para que haja reais ganhos de agilidade e racionalização de aço na utilização de telas (FUSCO JR. 1989) destaca que devesse optar pelo menor número possível de telas e que se dê preferência a utilização de telas padronizadas, uma vez que essas têm a aquisição e o tempo de entrega facilitados e que telas personalizadas podem ter custos mais elevados. Também se faz referência ao esforço para que seja utilizado, quando possível um único modelo de tela ou ao menos atente para a menor variabilidade de tipo de telas possível também com o intuito de baratear custos.

Seguindo os conselhos dados pelo autor é importante o detalhamento em projetos para que não surjam dúvidas a respeito da execução e que se possa assim reduzir o tempo gasto no serviço.

5.4.7 Vantagens esperadas

Tanto em catálogos de fornecedores como em publicações do IBTS, o uso de tela soldadas para lajes maciças apresenta diversas vantagens e benefícios quando comparado com o uso de barras fornecidas pelo corte e dobra. Entre os ganhos descritos nesses materiais estão:

- Redução de perdas para zero ou próxima de zero;
- Agilidade na verificação do material no recebimento;
- Fácil e rápida colocação dos painéis nas formas;
- Eliminação da amarração;
- Simplicidade de emendas (apenas sobreposição);
- Aumento da aderência por conta da região dos nós;
- Espaçamento entre fios uniformes;
- Agilidade na inspeção do serviço.

Espera-se com a realização do comparativo proposto que ao menos alguns desses fatores citados sejam confirmados e também que outros venham a se destacar durante a elaboração do mesmo.

6 ESTUDO DE CASOS

O presente capítulo tem por objetivo, detalhar a forma como o estudo foi realizado, demonstrar os cenários encontrados em cada canteiro visitado, os dados recolhidos durante as visitas, e realizar uma análise crítica sobre as informações de posse a fim de destacar elementos que possam ser relevantes quanto aos impactos gerados na obra pela adoção do industrializado oferecido por empresas especializadas ao invés do sistema convencional.

6.1 METODOLOGIA DE ESTUDO

A fim de buscar os objetivos propostos por esse trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a respeito do assunto em questão com a intenção de aprofundar o conhecimento a respeito do sistema convencional de armação de elementos estruturais buscando na literatura dados e informações que pudessem servir de amparo para o autor e assim criar a base para um estudo de caráter comparativo dos impactos da adoção do sistema industrializado de corte e dobra, assim como telas soldadas, nos canteiros de obra.

O método escolhido para a realização do estudo foi a visitação à canteiros de obra que adotaram as soluções industrializadas quanto ao processo de corte e dobra do aço para elementos estruturais, buscando verificar nessas visitas os reais impactos causados por essa escolha e identificar, por meio de coleta de dados, entrevistas e percepções do autor, qual a relação entre o descrito na literatura e o que é praticado nos canteiros de obra.

Já que a utilização do sistema industrializado de corte e dobra está inserido dentro de um conjunto de soluções denominadas soluções mistas (conforme citado anteriormente nesse trabalho), visto que apenas parte do processo de execução de elementos estruturais é transferida para fora do canteiro e realizada de forma industrializada, surgiu então a motivação para que o estudo fosse realizado a fim de entender o porquê da popularização da adoção desse método e quais vantagens e desvantagens são inerentes a essa escolha.

A seguir são apresentados os métodos utilizados para a coleta de dados referentes a adoção do sistema industrializado.

6.1.1 Síntese da literatura técnica

De acordo com as informações encontradas na literatura e mostradas nos capítulos anteriores, os maiores ganhos vinculados ao uso do sistema industrializado de corte e dobra estão na agilidade ganha no processo, uma vez que as peças dos elementos vêm prontas para a montagem necessitando apenas o seu posicionamento e amarração, na redução da mão-de-obra necessária para execução da tarefa, na organização do canteiro e a eliminação dos resíduos gerados pelo método convencional.

Em posse dessas informações buscou-se verificar na prática a procedência dessas afirmações com o intuito de identificar, em situações corriqueiras de obras, como de fato o sistema industrializado impacta no processo e verificar se os aspectos apresentados na literatura realmente estão presentes nos canteiros.

6.1.2 Observação em obra

Para a realização dessa etapa foram selecionadas duas obras de edifício que adotaram o sistema industrializado localizadas na região da grande Porto Alegre e que pertencem a empresas distintas. A seguir são apresentados alguns aspectos que levaram a escolha desses empreendimentos como amostragem para o estudo:

- Obras com pavimentos tipo a fim de reduzir os efeitos da curva de aprendizagem no processo de execução das tarefas;
- Facilidade de acesso a informações sobre os empreendimentos;
- Possibilidade de acompanhamento do ciclo do aço como um todo dentro do processo de execução dos elementos estruturais;
- O fato das duas obras optarem pelo mesmo prestador de serviço de corte e dobra industrializado
- Os estudos feitos para adoção de telas soldadas como solução de armadura para as lajes;
- O estágio intermediário de elevação da estrutura em que as obras se encontravam

O intuito das visitas é buscar entender de fato como a adoção do sistema de corte e dobra impacta no dia-a-dia da obra e como os processos são realizados dentro do ciclo de trabalho de

modo que se consiga buscar dados e informações a serem comparados com aqueles encontrados na literatura. O levantamento dos dados dar-se-á através de observação do andamento dos serviços relacionados a armação das peças estruturais bem como dos ambientes reservados para execução das tarefas.

Para a preservação das identidades das construtoras estudadas, os nomes e marcas serão suprimidos desse trabalho, uma vez que não é objetivo do mesmo qualificar as empresas e tão pouco expor seus processos internos. Dessa forma as obras serão aqui identificadas como Obra 1 e Obra 2 as quais apresentam suas características na Quadro 4:

Quadro 4 – Características dos canteiros

	Obra 1	Obra 2
Localização	Porto Alegre	Novo Hamburgo
Empreendimento	Residencia / Comercial	Residencial
Nº de pavimentos	10	31
Mão-de-obra	Terceirizada	Própria
Equipe de armação	8 Armadores	5 Armadores
Armação da laje tipo	Barras amarradas	Tela soldada
Área da laje tipo	657 m ²	230 m ²
Massa de aço da laje tipo	3943 Kg	2200 Kg
Masa de aço das vigas tipo	2685 Kg	3359 Kg
Nº de pilares tipo	41	25

(fonte: elaborado pelo autor)

6.1.3 Entrevistas

Além das observações realizadas nos canteiros durante as visitas, também foram realizadas entrevistas com funcionários envolvidos no processo, dentre eles podemos destacar o responsável pela obra, o encarregado da armação no canteiro e os operários de armação. Através dessas entrevistas foram questionados o porquê da adoção do sistema industrializado de corte e dobra e/ou telas soldadas, o grau de satisfação dos envolvidos, as experiências com o método

convencional (caso haja), a percepção de ganhos com o método e possíveis problemas recorrentes do processo.

Também por motivos de preservação de identidade, não serão citados nomes ou quaisquer informações pessoais dos entrevistados, restringindo suas identificações apenas a capacitações profissionais, cargos e experiências profissionais.

6.2 OBRA 1

A seguir são apresentadas as informações obtidas a respeito da Obra 1 durante as visitas ao canteiro de obra.

6.2.1 Ciclo do aço na Obra 1

Na Obra 1 o ciclo do aço estava ligado a um ciclo de elevação estrutural, onde todos os serviços relacionados são dispostos de forma que não haja interferência entre eles, dessa forma os pedidos de aço eram realizados com antecedência de até 1 mês e os mesmos eram feitos fracionados em pedido de pilares, pedido de vigas e pedido de laje. Cada pedido tinha sua data de entrega ajustada ao ciclo da estrutura de forma a reduzir o tempo de estoque das peças devido ao espaço reduzido para armazenagem e para evitar o extravio de peças ou mistura de elementos distintos. A Obra 1 tem ainda o cuidado extra de nunca possuir dois pedidos da mesma estrutura (pilar, viga ou laje) ao mesmo tempo no canteiro, ou seja, nunca haverá aço de duas lajes ao mesmo tempo no local de armazenagem, o mesmo vale para pilares e vigas.

Quando a carga de aço chega na obra os operários terceirizados responsáveis pela armação dos elementos auxiliam o descarregamento do caminhão enquanto um profissional da empresa incorporadora faz a verificação dos feixes para garantir que material entregues está de acordo com o solicitado. A descarga é feita usando o *Munck* do caminhão que faz a entrega dos pedidos, cabendo aos operários apenas auxiliar na operação. Normalmente são necessários 2 operários para descarregar o pedido e o processo leva aproximadamente 40 minutos dependendo da quantidade de feixes a serem descarregados. A figura 25 mostra o local de armazenamento de aço da Obra 1:

Figura 25 – Área de armazenagem do aço Obra 1.



(fonte: foto do autor)

Seguindo o ciclo de armação, o próximo passo é o deslocamento das peças para o local de montagem dos elementos onde os operários posicionam e amarram as peças utilizando arame recozido para fixar as posições. É importante ressaltar que algumas peças são parcialmente montadas para facilitar o transporte até o destino final, visto que o peso total de algumas estruturas montadas é muito elevado e é preciso fazer transporte horizontal e posicionamento final manualmente. Dessa forma alguns elementos são montados diretamente no local de aplicação final. A figura 26 a seguir mostra o local destinado a armação das peças estruturais da Obra 1:

Figura 26 – Área de montagem do aço Obra 1.



(fonte: foto do autor)

Em seguida as peças previamente montadas são levadas para o local de içamento onde uma mini grua opera o transporte vertical até o pavimento destinado como mostra a figura 27:

Figura 27 – Elementos previamente montados após transporte vertical na Obra 1.



(fonte: foto do autor)

Com todo os elementos e peças já presentes no pavimento inicia-se o posicionamento final e, caso necessário, a colocação de posições que tenham sido deixadas para esta etapa.

Com as peças já 100% montadas e posicionadas é realizado, por funcionários da empresa incorporadora, a verificação final das armaduras para garantir que todas as peças estão de acordo com o projeto e caso haja necessidade de ajustes finais esses funcionários orientam os operários para que as mesmas sejam feitas.

No caso da armadura das lajes a montagem é toda feita já no local, visto que seria inviável montar os painéis necessários e depois transportá-los até o destino final. A figura 28 mostra uma laje pronta para a concretagem com toda a armadura já posicionada.

Figura 28 –Armadura pronta para concretagem na Obra 1.



(fonte: foto do autor)

6.2.2 Produtividade

A equipe de armação da Obra 1 é composta por 8 funcionários terceirizados, sendo um encarregado, o qual distribui as tarefas assim como as executa, e sete operários os quais dividem-se nas tarefas de acordo com a demanda e com as ordens do encarregado. De acordo com as informações coletadas na Obra 1 a respeito do tempo gasto em média para armação dos elementos e o peso de aço das estruturas a serem executadas e também se valendo da medida homem/hora consumida por quilograma de aço (H.h/kg) para verificar a produtividade dos trabalhadores, segue as informações no quadro 5:

Quadro 5 – Produtividade na Obra 1.

Obra 1						
	Peso total (Kg)	Equipe (pessoas)	Tempo de pré montagem (horas)	Tempo de montagem final <i>in loco</i> (hora)	Tempo total (hora)	Produtividade (H.h/Kg)
Pilares	3087	8	15	7.5	22.5	0.058
Vigas tipo	2685	8	19.5	7	26.5	0.079
Laje tipo	3943	8	0	19.5	19.5	0.040

(fonte: elaborado pelo autor)

Os dados levados em consideração na tabela apresentada são referentes aos horários de trabalho realizados no canteiro, iniciando as 07h30min até as 12h e após pausa para almoço, das 13h às 17h totalizando 8 horas e 30 minutos por dia.

O peso dos pilares apresentado é referente ao 4º pavimento, uma vez que, devido à redução de seção dos mesmos o peso varia de acordo com o pavimento em questão. O peso das vigas e da laje se mantem o mesmo em todos os pavimentos tipo do empreendimento.

6.2.3 Entrevistas

A seguir são apresentados os relatos obtidos através das entrevistas com profissionais da Obra 1:

6.2.3.1 ENTREVISTA COM O ENGENHEIRO DA OBRA 1

A primeira entrevista na Obra 1 foi com o engenheiro civil responsável pelo canteiro, no currículo do profissional consta 7 anos de atuação como engenheiro em diversas obras, tendo participado de grandes construções a exemplo do estádio Arena Corinthians em São Paulo. Quando questionado sobre o porquê da opção pelo sistema industrializado de corte e dobra a justificativa foi a experiência com o método e os bons resultados obtidos com ele.

Segundo o engenheiro, receber as armaduras já cortadas e dobradas aumenta a produtividade dos profissionais e reduz drasticamente a quantidade de resíduos de aço no canteiro quando comparado à adoção do método convencional. O entrevistado diz que o fato de poder programar

pequenas entregas ao longo da semana conforme demanda da obra já justificaria a escolha do sistema, visto que a obra não possui grandes espaços para armazenagem e tão pouco para alocação de grandes equipamentos de içamento caso fosse optado por algum tipo de pré-moldagem.

Foi dito ainda que a comunicação com a empresa prestadora do serviço de corte e dobra é bastante fácil e que a mesma é flexível quanto a mudança de datas de entregas, quando feitas com antecedência de aproximadamente 72 horas, e mudança de pedidos também dentro desse prazo.

Em questão de custos foi afirmado que a utilização do sistema industrializado consegue ser mais barato do que o convencional devido a redução das tarefas atribuídas à mão-de-obra contratada e a redução do consumo de aço. O engenheiro pondera também que caso o aço fosse cortado e dobrado na obra haveriam custos relacionados a maior mobilização de ferramentas e possivelmente maior contingente de trabalhadores envolvidos.

Quanto a problemas relacionados à adoção do método, o engenheiro destaca que houveram algumas modificações de projetos após chegada do material solicitado o que gerou sobra de algumas posições de aço e fez com que ele optasse por manter um estoque, ainda que pequeno, de barras retas extras, caso surgisse alterações de projeto ou ainda necessidades não previstas no cronograma da obra. Foi relatado também que algumas vezes, por falha de logística do canteiro, houve problemas na hora de descarregar o aço na obra pois em algumas situações o local destinado para o material estava sendo ocupado por outros insumos.

Em seu depoimento, o profissional disse não ter havido problemas com dimensões ou quantidades de peças erradas e classifica sua experiência com o corte e dobra industrializado como excelente.

A respeito de usar telas soldadas como armadura das lajes nos andares tipo, o engenheiro comentou que foi feito um estudo para viabilizar o emprego das telas, mas o custo do material necessário se mostrou elevado e afirmou que, ainda que o tempo de montagem das armaduras de tela fossem menores que o utilizando barras do corte e dobra, a empresa incorporadora tinha a política de redução no fluxo de caixa em detrimento do prazo de entrega final da obra.

6.2.3.2 ENTREVISTA COM O RESPONSÁVEL PELA ARMAÇÃO E OPERÁRIOS

O responsável pela equipe de armação na Obra 1 possui 15 anos de experiência na área tendo trabalhado em diversos canteiros de diferentes construtoras na região metropolitana de Porto Alegre. Na Obra 1 o encarregado tem outros 7 operários subordinados formando uma equipe de 8 trabalhadores.

Em seu relato a respeito da utilização do corte e dobra industrializado, o funcionário afirmou que o sistema facilita muito o seu trabalho, já que com as peças já cortadas e dobradas corretamente, o esforço físico necessário para realizar as dobras, principalmente de bitolas mais grossas, não é mais necessário e que além disso o local de trabalho fica reduzido e mais fácil de manter organizado e limpo, traçando um comparativo com o método convencional que era comum no início da sua carreira profissional.

Para o encarregado não basta apenas adotar o método industrializado, também é preciso manter estoque de barras retas de 12 metros, principalmente de bitolas entre 6,3mm e 12,5mm, para eventuais mudanças e adaptações que surjam. De acordo com a sua experiência em obras, sempre ocorre a necessidade de cortar e dobrar peças manualmente por diferentes motivos e por isso ele não abre mão da bancada de ferreiro instalada na área destinada a montagem das armaduras e das ferramentas necessárias para trabalhar o aço.

O funcionário relatou que durante a execução de determinadas etapas da obra, houve falha no cronograma de execução e por conta disso acumulo ou falta de aço para trabalhar gerando problemas como desorganização na área de armazenagem (e eventual perda de peças) e tempo ocioso de sua equipe devido à falta de material para trabalhar.

Alguns operários mais antigos foram questionados a respeito de suas percepções sobre o sistema industrializado e se ele servia como substituto do sistema convencional. A resposta foi unanime afirmando que o sistema convencional é muito cansativo e demorado, e que erros em medidas e quantidades das peças são praticamente inerentes ao processo, bem como a geração de grandes quantidades de resíduos. Contudo também foi unanime a ideia de que é preciso manter um local para o corte e dobra manual, ainda que em proporções muito menores.

Também foi perguntado aos operários se eles tinham experiência com o uso de tela soldada como solução para armadura de lajes. Alguns deles afirmaram que sim e relataram o ganho de tempo obtido com a adoção desse sistema, visto que, com a tela, não é necessário posicionar

barra por barra no assoalho da forma e o uso de arame para criação das amarrações é extinto o que elimina o processo de ficar horas abaixado fazendo os nós com a torquês.

6.3 OBRA 2

A seguir são apresentadas as informações obtidas a respeito da Obra 2 durante as visitas ao canteiro de obra.

6.3.1 Ciclo do aço na Obra 2

O ciclo das armaduras na Obra 2 está montado de forma diferente ao da Obra 1, principalmente no que tange as estratégias adotadas. No empreendimento localizado na cidade Novo Hamburgo os gestores optaram pelo uso de tela soldada como armadura para as lajes dos andares tipos, porém, os pavimentos restantes, como subsolo e cobertura, foram mantidos com o corte e dobra industrializado, essa decisão fez com que o ciclo do aço variasse durante o andamento da obra apresentando, ou não, a presença de telas soldadas.

Durante todo o andamento da elevação de estrutura sempre houve o cuidado para que os dias de entrega de aço não coincidisse com os dias de concretagem para facilitar a logística envolvida e a mobilização das equipes.

Os pedidos para o corte e dobra eram feitos sempre solicitando 1 pavimento inteiro, pilares, vigas e laje (quando necessário) enquanto que as telas eram solicitadas em quantidades múltiplas de 10 por determinação do fornecedor. No caso das telas, foram utilizados 5 tipos de telas para cada pavimento, sendo elas os painéis Q196, Q335, L335, L785 e T503 todos em dimensões padrão de 2,45m x 6m.

Na estratégia adotada por esse empreendimento, sempre havia aço referente a três pavimentos armazenado na obra e sempre que um pavimento era concluído chegava outro carregamento a fim de manter os 3 pavimentos de estoque. Essa estratégia pôde ser adotada devido ao espaço físico disponível no canteiro e a presença de duas guias para auxiliar na movimentação do material.

O início do ciclo ocorre com a descarga do caminhão que é realizada com a grua do empreendimento, já que o caminhão não tem acesso à área próxima ao local de armazenagem e nem local para descarregamento prévio. Após posicionamento da carga no local de estoque, o passo seguinte é a separação das peças que serão montadas, esse processo é realizado devido à existência de três conjuntos pavimento existentes simultaneamente no estoque. O local de armazenagem do aço pode ser visto na figura 29 A seguir:

Figura 29 –Local de armazenagem do aço Obra 2.



(fonte: foto do autor)

Com as peças que serão necessárias devidamente separadas inicia-se o processo de montagem das armaduras, o local disponível para esse serviço fica ao lado do estoque de peças separadas, o que reduz o trânsito necessário de um local para o outro. O local reservado para o serviço de montagem das armaduras pode ser visto na figura 30 A seguir:

Figura 30 –Local de montagem da armadura Obra 2.



(fonte: foto do autor)

Ao término da montagem de um elemento o mesmo é movido alguns metros para o lado onde fica a área de içamento de materiais. A partir daí o transporte vertical é feito através da grua e os elementos são posicionados nas formas diretamente no local de aplicação final, cabendo aos operadores apenas auxiliar e executar possíveis ajustes que possam ser necessários.

Na figura 31 é mostrado uma peça pronta para ser transportada pela grua enquanto que a figura 32 mostra uma peça chegando ao seu destino final.

Figura 31 – Local para içamento Obra 2.



(fonte: foto do autor)

Figura 32 – Elemento montado chegando ao destino final Obra 2.



(fonte: foto do autor)

O ciclo envolvendo as telas acontece de maneira similar ao aço cortado e dobrado. O descarregamento do caminhão é feito com a grua do canteiro o material é levado para o local de armazenagem ao lado do local onde se armazena o aço de corte e dobra conforme a figura 33:

Figura 33 – Armazenamento de telas soldadas Obra 2.



(fonte: foto do autor)

Na tela soldada também há um processo semelhante ao de montagem das peças de corte e dobra, antes de levar as telas até as formas utilizando a grua, os operários separam as telas necessárias e fazem os ajustes requeridos em projeto para que as telas encaixem de maneira adequada nas formas da laje. Visto que as telas vêm do fornecedor em dimensões padrão, é preciso cortar algumas partes das telas para que fiquem nos tamanhos e formas adequadas.

Na figura 34 É possível notar o operário utilizando a lixadeira para reduzir o comprimento da tela e deixa-la adequada ao projeto de armação.

Figura 34 – Operário ajustando dimensões da tela Obra 2.



(fonte: foto do autor)

Com as dimensões das telas ajustadas ao projeto é feito o transporte vertical via grua até o pavimento desejado onde é feito o posicionamento final conforme visível na figura 35

Figura 35 – Armaduras posicionadas para concretagem Obra 2.



(fonte: foto do autor)

6.3.2 Produtividade

Na Obra 2 o contingente de armadores é de 5 trabalhadores onde um é o encarregado, o qual lidera os outros 4 operários, delegando funções e tarefas a serem executadas e também ao mesmo tempo, trabalha junto com sua equipe. A mão-de-obra contratada é própria da construtora, diferenciando-se da Obra 1.

Valendo-se dos mesmos critérios utilizados no capítulo anterior 6.2.2 e utilizando como base os dados coletados durante a visita ao canteiro da Obra 2 quanto aos tempos necessários para execução das armaduras, segue a quadro 6 para demonstrar a produtividade dos trabalhadores no ciclo de armação da estrutura.

Quadro 6 - Produtividade na Obra 2.

Obra 2						
	Peso total (Kg)	Equipe (pessoas)	Tempo de pré montagem (horas)	Tempo de montagem final <i>in loco</i> (hora)	Tempo total (hora)	Produtividade (H.h/Kg)
Pilares	2703	5	22.5	7.5	30	0.055
Vigas tipo	3359	5	26.25	15.5	41.75	0.062
Laje tipo	2200	5	4	6.5	10.5	0.024

(fonte: elaborada pelo autor)

Os pesos dos pilares mostrados na tabela acima são referentes ao 27º pavimento, uma vez que a armação dos pilares tem o peso variado de acordo com o pavimento em questão. O peso da laje é referente às telas soldadas utilizadas nos pavimentos tipo e o peso das vigas se mantém constantes em todos os pavimentos tipo.

6.3.3 Entrevistas

A seguir são apresentados os relatos obtidos através das entrevistas com profissionais da Obra 2:

6.3.3.1 ENTREVISTA COM O RESPONSÁVEL DA OBRA 1

Na Obra 2, a visita foi acompanhada pelo encarregado pela obra que atua com funções similares a de um engenheiro de obra, mesmo que ele não possua a graduação superior. O profissional relata que já atua como encarregado de obra a 6 anos pela mesma empresa e que antes disso atuava em canteiros de obra como operador de grua dentre outras funções.

Ao ser questionado sobre a opção da obra de adotar o sistema industrializado de corte e dobra a justificativa foi a experiência da mão-de-obra com a solução e a confiança no fornecedor do serviço. Segundo o entrevistado, a equipe de armadores está habituada com o processo que envolve o aço dentro do sistema industrializado e completou dizendo que ao adotar essa

solução, o trabalho de gerenciamento da equipe de aço torna-se quase nulo, uma vez que os trabalhadores têm experiência e conseguem agir com maior autonomia.

A respeito da opção de manter a armadura referente a 3 pavimentos como estoque no canteiro, o responsável pela obra disse que o fato de a obra comportar essa quantidade de material devido ao espaço físico disponível fez com que a estratégia adotada fosse essa, a fim de prevenir possíveis problemas com prazos de entrega ou falta de material. Da mesma forma também é decisão dele, juntamente com a equipe, manter um certo estoque de barras retas de 12 metros de diferentes bitolas para eventual mudança de projeto ou adaptações que possam surgir de última hora.

Ainda que a estratégia adotada pela obra seja a de manter certo nível de estoque de aço na obra, o entrevistado afirmou não ter tido problemas com a empresa prestadora do serviço de corte e dobra quanto a prazos e entregas e ressaltou já ter trabalhado em obras, com menor espaço físico disponível, que não mantinham estoque de pavimentos futuros no canteiro.

Sobre o uso de telas soldadas como armadura de laje, o entrevistado relatou que a Obra 2 é a segunda obra, em que ele atua como encarregado, que adotou essa solução. De acordo com seu relato, após o emprego das telas houve ganho significativo na produtividade, o responsável pela obra contou que os primeiros pavimentos da Obra 2 foram feitos com o aço proveniente do corte e dobra industrializado, e que somente após estudo de viabilidade do emprego de telas soldadas é que se começou a utilizar o método. De acordo com ele, as armaduras das primeiras lajes demandaram cinco dias de trabalho dos operários, enquanto que as demais lajes, com a mesma área, demandavam dois dias de serviço após adoção das telas soldadas.

Ainda a respeito de telas soldadas, foi dito que o custo referente as armaduras das lajes tiveram um aumento de aproximadamente 15% em relação as armaduras fornecidas pelo corte e dobra para as mesmas lajes, mas que a opção foi feita em virtude a redução do tempo de serviço envolvido o que segundo o entrevistado, cobriria o aumento do valor do material e ainda reduziria o prazo de entrega da obra.

Em relação a problemas que tenham ocorrido durante o andamento da obra, o entrevistado apontou problemas com a logística na fase inicial da construção, segundo ele, antes de atingir o pavimento térreo não havia espaço para todo os insumos necessários, o que ocasionou em desordem no canteiro conforme visto na figura 36 fornecida pelo trabalhador.

Figura 36 – Desorganização no canteiro da Obra 2.



(fonte: foto cedida pelo responsável pela Obra 2)

O entrevistado ponderou que parte do problema de desorganização inicial poderia ter sido evitado se os pedidos tivessem sido feitos fracionados ao invés de solicitar um pavimento completo de uma só vez.

6.3.3.2 ENTREVISTA COM O RESPONSÁVEL PELA ARMAÇÃO E OPERÁRIOS

O encarregado pela equipe de armação da Obra 2 possui 17 anos de experiência em obras sempre trabalhando com na área de armação de aço. Sua equipe é formada por mais 4 trabalhadores subordinados a ele, formando uma equipe de 5 armadores.

Durante os 17 anos que trabalha com o processo de armação em canteiros de obra, o encarregado afirmou que parte da sua experiência foi com o sistema convencional de armação e diz que os sistemas industrializados adotados pela Obra 2 facilitam muito seu trabalho em questão de esforço físico necessário, tempo de execução das tarefas e organização do local de trabalho. O entrevistado chegou a afirmar que caso fosse necessário trabalhar com o sistema

convencional ele provavelmente não conseguiria suportar as mais de 8 horas diárias de serviço devido a sua idade já avançada para serviços mais pesados.

Em seu relato, o encarregado disse que ao longo dos anos que vem trabalhando com corte e dobra industrializado, houve diversos casos em que foi necessário produzir algumas peças da armadura no canteiro seja por falha no pedido, adaptações necessárias ou mudança de projeto. Em virtude disso o operário sempre opta por manter uma central de corte e dobra de aço ainda que em proporções bem menores do que as existentes no método convencional assim como mantém ferramentas necessárias para o corte e a dobra caso seja necessário.

A respeito das telas soldadas o encarregado respondeu que se trata de uma solução mais recente nas obras em que trabalhou mas afirma que tanto ele quanto seus subordinados aprovam a técnica e até preferem, já que com as telas soldadas nas lajes, não é mais preciso ficar horas em posição desconfortável fazendo as amarrações das barras de aço nas lajes. Novamente o encarregado atentou para o fato da sua idade mais avançada e disse ser difícil manter-se por horas seguidas fazendo a amarração dos nós nas barras das lajes e ponderou que no caso de pilares e vigas é possível trabalhar usando cavaletes para manter uma ergonomia mais adequada.

6.4 ANÁLISE DE DADOS E INFORMAÇÕES

Após as visitas e a coleta de dados e depoimentos, foi possível verificar que o ciclo do aço dentro dos canteiros de obra apresenta certas divergências com o encontrado no material literário apresentado no capítulo 5.3. Percebe-se que cada obra ajusta o processo de armação de acordo com a disponibilidade de espaço físico e estratégia adotada pelos responsáveis pelo processo.

A adoção dos sistemas industrializados permite que os gestores tenham a opção de criar ou não grandes estoques de aço dentro do canteiro, o que dá mais flexibilidade à obra, que pode adaptar o processo em função de suas peculiaridades e preferências. É notável também, o grau de satisfação dos usuários com os serviços industrializados, já que todos os entrevistados classificaram o método como muito bom ou excelente e relataram ter presenciado pouquíssimas falhas no fornecimento do material e atribuíram a maior parte dos problemas a erros de projeto ou outros problemas provenientes da própria construtora.

Também foi unânime entre os entrevistados que tiveram experiência com o método convencional, a percepção da redução de resíduos gerados pelo processo e por isso maior facilidade em manter o ambiente de trabalho organizado a fim de facilitar os serviços necessários.

6.4.1 Impacto na produtividade

Com os dados recolhidos nos dois canteiros quanto a produtividade obtida na armação dos elementos estruturais, fica claro que ao empregar os métodos industrializados (corte e dobra e tela soldadas) há um ganho considerável na produtividade dos operários. Os valores apresentados pelos Quadro 5 e Quadro 6 evidenciam o aumento na produtividade quando comparamos com os valores apresentados no capítulo 4.4, referente ao método convencional de armação.

Os valores a seguir apresentados são as médias aritméticas retiradas dos Quadros 1, 2, 5 e 6 a fim de demonstrar o ganho obtido na produtividade quando se opta pelo sistema industrializado.

Quadro 7 – Comparativo de produtividade.

Produtividade na armação de vigas				
	Sistema convencional		Sistema industrializado	
	Segundo CARLOTT, 2012	Segundo OLIVEIRA, 2011	Obra 1	Obra 2
Produtividade (H.h/Kg)	0,101	0,107	0,079	0,062

(fonte: elaborada pelo autor)

A redução de atividades ligadas ao processo de armação e conseqüentemente menor tempo e esforço físico necessários no sistema industrializado são fatores chave que geram o aumento na produtividade dos trabalhadores. Analisando a média de produtividade (H.h/kg) obtida no sistema convencional com o sistema industrializado, temos um ganho de aproximadamente 32% na produtividade.

6.4.2 Incoerências encontrados

Ainda que o sistema industrializado seja apresentado como uma solução para o fim do corte e dobra de aço na obra e consequente eliminação do espaço necessário para tal, as visitas mostraram que na prática o local e as ferramentas de corte e dobra continuam presentes os canteiros e, ainda que seja em menor proporção, o serviço de corte e dobra não foi totalmente eliminado do canteiro, como mostra as figuras a seguir:

Figura 37 – Mesas de dobra nas obras 1 e 2.



(fonte: foto do autor)

Dentre os causadores de problemas mais frequentes encontrados durante o estudo estão os erros de projeto, inexperiência no uso do sistema industrializado, falta de planejamento de um ciclo para as armaduras, falha de logística no canteiro e o não acompanhamento do processo durante suas etapas. Qualquer uma dessas falhas pode acarretar em dificuldades de execução, atrasos e geração de resíduos desnecessários. A exemplo dos efeitos que podem ser causados está o ocorrido na Obra 1, onde mudanças no projeto e a solicitação de peças muito antes do necessário causaram acúmulo de material no canteiro criando uma área de descarte em que grande parte do material será sucateado.

Figura 38 – Sobra de aço Obra 1



(fonte: foto do autor)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi identificada uma disparidade entre conteúdo literário, a respeito da adoção de sistemas industrializados de armação de elementos estruturais, e a prática executada nos canteiros, seja pelos cenários encontrados nas obras, seja pelos relatos dos profissionais entrevistados.

O que acontece de fato é uma adaptação do sistema de acordo com as necessidades e disponibilidades de cada empreendimento e de acordo com a cultura da empresa em questão bem como da estratégia dos gestores envolvidos. Ainda que os sistemas industrializados ofereçam, por exemplo, a redução ou eliminação de estoques de aço, há quem prefira manter uma certa quantidade de material armazenado no canteiro. Mesmo os principais aspectos apresentados para o uso de métodos industrializados, a eliminação da necessidade de cortar e dobrar material na obra e a eliminação de resíduos, não acontecem de fato na prática.

As visitas aos canteiros evidenciaram que é prática comum das obras manter um espaço reservado para o corte e dobra de aço ainda que o sistema industrializado seja adotado. Os principais motivos identificados para que se mantenham as ferramentas e o espaço para corte e dobra foram a mudança de projetos durante execução da estrutura, mudança no cronograma de execução, falhas de projeto e adaptações, como mudanças de bitolas por exemplo.

Ainda que o trabalho manual de corte e dobra permaneça presente nos canteiros, não há dúvida de que ele se apresenta em menor quantidade quando comparado ao método convencional. Por conta dessa redução, dentre outros aspectos referentes ao sistema industrializado, há um ganho de produtividade dentro do ciclo de produção, na ordem de 32% quando comparamos os dois sistemas em H.h/Kg.

Foi identificado também, que o uso de telas sodadas como solução para armação de lajes representa maior ganho de produtividade quando comparado ao uso das barras provenientes de corte e dobra industrializado embora necessite maior cuidado na programação da logística devido ao tamanho das telas e represente um custo de material mais elevado em comparação ao uso de vergalhões soltos.

De modo geral o sistema industrializado se mostrou vantajoso em relação ao sistema convencional, contudo é importante ressaltar a importância de compreender o método para melhor aproveitamento do que ele oferece, cabendo aos gestores criar estratégias de logística e

a ações de acordo com o que cada obra dispõe, assim como entender que adoção do sistema industrializado não implica, por si só, na eliminação da necessidade de eventuais trabalhos manuais associados ao sistema convencional.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. L. M. **Núcleo Técnico – Marketing Belgo 2009**. Disponível em: <https://www.belgo.com.br/pro/dobramento.pdf>. Acesso em: 9 Maio 2017.
- ANDRADE, P.B. **Curso básico de estruturas de aço**. IEA Editora. São Paulo, 1993
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**. Execução de estruturas de concreto - Procedimento. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de estrutura de concreto - Procedimento. 2014.
- BRUNA, P. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: EDUSP/Perspectiva, 1976. Coleção Debates, número 135.
- CALÇADA, P. A. B. **Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganho de produtividade e qualidade**. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
- CARLOTT. M. **Comparativo entre o método de corte e dobra de aço industrializado em obra de um edifício**. Trabalho de monografia II. Universidade Comunitária da Região de Chapecó. 2012.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO (COBEF). **Fabricação de telas soldadas – Critérios para escolha entre diversas opções de equipamentos**. 6ª edição. Caxias do Sul. Rio Grande do Sul. Abril de 2011.
- DICIONARIO DA CNSTRUÇÃO CIVIL. Apresenta definições para nomenclaturas utilizadas na construção civil. Disponível em <www.ecivil.com> . Acesso em 22 setembro 2016.
- EI DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: Fundamentos e aplicações**. São Paulo: 2000.
- FUSCO JR. F.B, **Lajes projetos com tela soldada**. 1.ed. São Paulo: Pini Ltda, 1989.
- GERDAU. Material de divulgação dos produtos Gerdau. Disponível em <www.gerdau.com.br> e no canal GerdauSA disponível em <www.youtube.com>. Acesso em 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS (IBTS). Instituto criado para desenvolver o mercado de telas soldadas. Materiais disponíveis no site do instituto <www.ibts.org.br> . Acesso em 2016.

LOPES, A.L.M. **Uma investigação sobre as curvas ABC na construção civil – análise de orçamentos de obras.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.

MEPGROUP. Artigo Técnico. Disponivel em <www.mepgroup.com.br> . Acesso 18 de maio de 2011.

NAPPI, S.C. **Análise comparativa entre lajes maciças, com vigotes pré-moldados e nervuradas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.

OLIVEIRA, A.P. **As vantagens do aço cortado e dobrado na construção civil: um estudo comparativo.** Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

SOUZA JUNIOR. **Estruturas de concreto armado - Notas de aula.** Universidade Federal de Lavras, Departamento de engenharia 2003.

PANNONI, F. D. **Projeto e Durabilidade.** Instituto Aço/Brasil/Centro Brasileiro da Construção em aço. Rio de Janeiro, 2009.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios.** São Carlos. 2007

PINHEIRO, M; MUZARDO, D; SANTOS, P. **Lajes maciças.** Capítulo 11, 2010.

PRAÇA, E.R, **Estudo comparativo de custos do processo de preparação e execução de armaduras de aço tradicional em relação ao processo de fornecimento industrializado de aço moldado fora do canteiro de obras.** Estudo de caso do metrô de Fortaleza. Universidade Federal do Ceará. 2004.

TRELICAMP. Material de divulgação da aplicabilidade de seus produtos. Disponível em <www.trelicamp.com.br>. Acesso em 11 de outubro de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7481.** Tela de aço soldada – Armadura para concreto. 1990.

VASCONCELOS, A. C. **O concreto no Brasil – pré-fabricação, monumentos, fundações.** Volume III. São Paulo: Studio Nobel, 2002.