



**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROCESSOS DE CORTE E DOBRA
DE VERGALHÕES PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
COMO APOIO À TOMADA DE DECISÃO**

CURITIBA

2012



LEANDRO BORGES MARINHO

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROCESSOS DE CORTE E DOBRA
DE VERGALHÕES PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
COMO APOIO À TOMADA DE DECISÃO**

Trabalho de Conclusão do Curso de
Pós Graduação em Gerenciamento e
Execução de Obras como requisito
parcial para obtenção do grau de
especialista.

Orientador: Prof. Maurício
Bianchini, MSc.

CURITIBA

2012

FOLHA DE APROVAÇÃO

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROCESSOS DE CORTE E DOBRA DE VERGALHÕES PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COMO APOIO À TOMADA DE DECISÃO

Por

LEANDRO BORGES MARINHO

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM GERENCIAMENTO E
EXECUÇÃO DE OBRAS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO
FORMADA PELOS PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) 18 de dezembro de 2012.

Maurício Bianchini, MSc.

Kirke Andrew Wrubel Moreira, MSc.

Patrícia Ribeiro da Silva Brandão, MSc.

RESUMO

As empresas da Construção Civil vêm buscando cada vez mais novas tecnologias para diminuição dos custos de suas obras tornando-se competitivas no mercado atual. A exemplo disso, destaca-se o serviço de corta e dobra fornecido por grandes usinas de aço, com intuito de reduzir desperdícios e custos com mão de obra especializada. Porém, ainda percebe-se certa resistência por parte de algumas construtoras em aderir a essa nova tecnologia. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo estabelecer um comparativo entre processos produtivos de corte e dobra de aço em canteiro e industrializado para estruturas de concreto armado, levantando custos relativos às variáveis de cada processo produtivo, verificando também as vantagens e desvantagens de cada um deles. Para tanto, foi escolhida uma obra em fase de execução que utiliza simultaneamente os dois processos em diferentes situações. Três projetos específicos de armaduras foram selecionados para servir de objeto de estudo. Foi solicitada a um fornecedor de aço, uma formatação de preços para o fornecimento de barras retas e de serviços de corte e dobra necessários à execução destes projetos. Através das quantidades, em massa, especificadas no projeto, foi elaborado um orçamento para o fornecimento do material cortado e dobrado. Foi realizado um estudo do consumo total de barras retas necessárias à realização do projeto, levando-se em consideração uma otimização de corte e anotando-se as quantidades perdidas. Para a realização do corte e dobra, foram quantificadas as horas/homem necessárias à realização do corte e dobra das barras. Por fim, os custos totais de cada processo foram comparados.

Palavras- chave: vergalhões de aço; corta e dobra; produtividade.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: DIÂMETROS NOMINAIS.....	16
FIGURA 2: FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DE PROCESSO DE CORTA E DOBRA DE AÇO DENTRO DO CANTEIRO DE OBRAS	17
FIGURA 3: RECEBIMENTO/ CONFERÊNCIA.....	18
FIGURA 4: ESTOCAGEM DOS VERGALHÕES DE AÇO NO CANTEIRO DE OBRA.....	18
FIGURA 5: CORTE DOS VERGALHÕES DE AÇO.....	19
FIGURA 6: VISTA EM PLANTA DO ESQUEMA DE DOBRAMENTO DE AÇO ..	19
FIGURA 7: DIÂMETRO MÍNIMO DO PINO	20
FIGURA 8: VARIEDADE DE FORMATOS DE PEÇAS DE AÇO CORTADO E DOBRADO	21
FIGURA 9: AÇO FORNECIDO PRÉ-CORTADO E PRÉ-DOBRADO.....	22
FIGURA 10: ETIQUETA DE IDENTIFICAÇÃO	22
FIGURA 11: FLUXOGRAMA DO SISTEMA INDUSTRIALIZADO DE FORNECIMENTO DE ARMADURAS MOLDADAS	23
FIGURA 12: PERSPECTIVA DO EMPREENDIMENTO.....	24
FIGURA 13: PROPOSTA PARA FORNECIMENTO EM BARRAS RETAS	42
FIGURA 14: PROPOSTA PARA FORNECIMENTO EM BARRAS RETAS	43
FIGURA 15: AÇO CORTADO E DOBRADO INDUSTRIALMENTE FORA DE ESPECIFICAÇÃO.....	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: RESUMO DAS MASSAS TOTAIS	27
TABELA 2: AGRUPAMENTOS DAS BITOLAS DE 25MM	28
TABELA 3: RESUMO DAS BARRAS DE 25MM	28
TABELA 4: AGRUPAMENTOS DAS BITOLAS DE 20MM	29
TABELA 5: RESUMO DAS BARRAS DE 20MM	29
TABELA 6: AGRUPAMENTO DAS BITOLAS DE 16MM	30
TABELA 7: RESUMO DAS BARRAS DE 16MM	31
TABELA 8: RESUMO DAS BARRAS DE 12.5MM	32
TABELA 9: RESUMO DAS BARRAS DE 12.5MM	32
TABELA 10: AGRUPAMENTO DAS BITOLAS DE 10MM	33
TABELA 11: RESUMO DAS BARRAS DE 10MM	34
TABELA 12: AGRUPAMENTO DAS BARRAS DE 8MM	35
TABELA 13: RESUMO DAS BARRAS DE 8MM	36
TABELA 14: RESUMO DAS BARRAS DE 6MM	37
TABELA 15: RESUMO DAS BARRAS DE 6MM	37
TABELA 16: AGRUPAMENTO DAS BARRAS DE 5MM	38
TABELA 17: RESUMO DAS BARRAS DE 5MM	39
TABELA 18: QUANTIDADES TOTAIS DE BARRAS RETAS	39
TABELA 19: QUANTIDADES – ARMADURAS POSITIVAS.....	40
TABELA 20: QUANTIDADES – ARMADURAS NEGATIVAS	41
TABELA 21: QUANTIDADES – ARMADURA DAS VIGAS	41
TABELA 22: CUSTO DO PROCESSO INDUSTRIALIZADO.....	43
TABELA 23: CUSTO DE AÇO EM BARRAS RETAS.....	44
TABELA 24: VALOR DAS PERDAS DE AÇO	44
TABELA 25: CAPITAL ESTOCADO EM AÇO.....	45
TABELA 26: CUSTO DA MÃO DE OBRA EM R\$/H.....	45
TABELA 27: CUSTO TOTAL DA MÃO DE OBRA	46
TABELA 28: RELAÇÃO DO AÇO ESPERADO PELO AÇO NECESSÁRIO	47

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	PROBLEMA DE PESQUISA	10
3.	OBJETIVOS	10
3.1.	OBJETIVO GERAL	10
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4.	JUSTIFICATIVAS	10
4.1.	TECNOLÓGICAS.....	10
4.2.	ECONOMICAS	11
4.3.	SOCIAIS	11
4.4.	ECOLÓGICAS	12
5.	HIPÓTESE.....	12
6.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
6.1.	CONCRETO ARMADO	13
6.1.1.	Aço para Concreto Armado.....	15
6.1.1.1.	Corta e dobra de Aço em canteiro de obra	17
6.1.1.2.	Processo Industrializado de Corta e Dobra de Aço	21
7.	ESTUDO DE CASO.....	24
7.1.	APRESENTAÇÃO DA OBRA.....	24
7.2.	ESCOLHA DOS PROJETOS.....	25
7.3.	ORÇAMENTO PARA FORNECIMENTO DE AÇO	25
7.4.	CONSUMOS DE AÇO	26
7.5.	UTILIZAÇÃO DA MÃO DE OBRA.....	26
7.6.	CUSTOS	27
8.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27

8.1. QUANTIDADES DE AÇO	27
8.1.1. Quantidade para processo industrializado.....	27
8.1.2. Aço para corte e dobra em canteiro.....	27
8.1.2.1. Barras de 25mm.....	27
8.1.2.2. Barras de 20mm.....	28
8.1.2.3. Barras de 16mm.....	30
8.1.2.4. Barras de 12.5mm.....	31
8.1.2.5. Barras de 10mm:	32
8.1.2.6. Barras de 8mm.....	34
8.1.2.7. Barras de 6mm.....	36
8.1.2.8. Barras de 5mm.....	38
8.1.2.9. Resumo das quantidades	39
8.2. MÃO DE OBRA PARA CORTE E DOBRA EM CANTEIRO	40
8.3. CUSTOS	42
8.3.1. Formatação de preços ao cliente	42
8.3.2. Custo do processo industrializado.....	43
8.4. CUSTOS DO PROCESSO DE CORTE E DOBRA EM OBRA.....	43
8.4.1. Custo do aço	43
8.4.2. Custo da mão de obra	45
8.5. COMPARATIVOS ENTRE PROCESSOS	47
8.5.1. Quantidade de aço	47
8.5.2. Custo.....	47
8.5.3. Mão de Obra.....	48
8.6. VANTAGENS E DESVANTAGENS	48
8.6.1. Processo industrializado	48

8.6.2. Processo de corte e dobra em canteiro	51
9. CONCLUSÃO	52
10. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	52
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1. INTRODUÇÃO

O aumento da concorrência e a grande exigência do consumidor estão fazendo com que as empresas da Construção Civil busquem a diminuição dos custos de suas obras. Para tanto, faz-se necessário o aumento da qualidade e a redução do desperdício de materiais e equipamentos.

Levando-se em consideração que a armação é um dos serviços que constitui a execução de estruturas de concreto armado, onde o aço é o componente mais caro nesse processo, investimentos em novas tecnologias e melhoria de processos podem ser um forte aliado na redução de desperdícios, trazendo ainda aumento de produtividade.

Outro fator relevante é a produtividade da mão de obra, uma vez que influencia diretamente nos custos e prazos dentro da Indústria da Construção Civil. Grohmann (1998) sugere que o tempo empregado pelos trabalhadores em atividades que não incorporam valor é uma definição de desperdício de mão de obra. Englobam tempo de espera, retrabalho, transporte, entre outros, e estes podem ser reduzidos e até mesmo eliminados, sem que causem prejuízo.

Diante desse cenário, as grandes usinas de aço para a construção civil perceberam que, mais do que só fornecer um produto, a oferta de um serviço de corte e dobra do aço beneficiado fora do canteiro, poderia ser um ótimo nicho de mercado., uma vez que esse serviço oferece vantagens, tais como: elimina bancadas, equipamentos e mão de obra especializada para o serviço, tem mais qualidade da dobra, entrega Just in time e redução de perdas.

Por outro lado, existe ainda certa resistência por parte da construção civil em aderir a esse tipo de tecnologia. Nesse sentido, o presente estudo busca estabelecer um comparativo entre processos produtivos de corta e dobra de aço em canteiro e industrializado para estruturas de concreto armado, levantando custos relativos às variáveis de cada processo produtivo, verificando também as vantagens e desvantagens de cada um deles.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

Quais as vantagens e desvantagens dos processos de corte e dobra industrializado e tradicional, quando comparados entre si?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Comparar processos produtivos de corte e dobra em canteiro e industrializado de aço para estruturas de concreto armado.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Levantar custos relativos às variáveis de cada processo produtivo.
- b) Verificar as vantagens e desvantagens da utilização dos processos.

4. JUSTIFICATIVAS

4.1. TECNOLÓGICAS

Santos *et al.* (1996) afirma as empresas estão fazendo altos investimentos em gestão e tecnologias de seus processos produtivos. Isto se deve às exigências dos consumidores e à mobilização de operários para a busca de melhores condições de trabalho.

O Dicionário da Língua Portuguesa, de Aurélio Buarque de Holanda, define a palavra “tecnologia” como “um conjunto de conhecimentos, especialmente princípios científicos, que se aplicam a um determinado ramo de atividade: tecnologia mecânica”. Evidentemente, é dentro das áreas de engenharia que esse termo é mais aplicável, para produtos, processos e sistemas.

Seguindo esse conceito, a industrialização de processos de corte e dobra pode ser enquadrada dentro das tecnologias à disposição da construção civil.

4.2. ECONOMICAS

Tem-se observado que os maiores custos operacionais de uma obra estão relacionados à mão de obra. Neste sentido, Castelo (2012) destaca que hoje, se desconsiderarmos os investimentos para aquisição do terreno, valores superiores a 50% do imóvel estão relacionados a gastos com trabalhadores do setor.

A autora acrescenta ainda que, devido à escassez, a mão de obra está cada vez mais cara, obtendo reajustes salariais anuais superiores a 10%, valor muito acima da inflação.

Intensificando o problema, como caracteriza Colombo & Bazzo (2001), para evitar riscos de paralização de obra por falta de pessoal, administradores de obra elevam o número de trabalhadores, estocando mão de obra e desperdiçando-as.

Castelo (2012) considera que a saída para redução de perdas relacionadas à mão de obra está no investimento em qualificação e industrialização.

Somados aos altos custos de mão de obra, não podemos deixar de observar que segundo Espinelli (2005), o aço apresenta taxas de desperdício médio de 11%, podendo chegar a 16%. Com a industrialização, é possível reduzir as perdas de aço e diminuir o uso de mão de obra.

4.3. SOCIAIS

Segundo Santos *et al.* (1996), no setor da Construção Civil, o aumento da competitividade das empresas exige o máximo de aproveitamento de seus recursos, através de estratégias de gerenciamento. Com isso, torna-se imprescindível a adoção de técnicas de qualidade e produtividade para a sustentação das empresas no mercado.

Basicamente, os trabalhadores envolvidos nos serviços de armação são os armadores e seus ajudantes. A industrialização dos processos de corte e dobra pode reduzir significativamente a necessidades desses recursos no canteiro.

Além disso, tendo em vista que os serviços de corte e dobra são atividades que não agregam valor, a industrialização permite melhor alocação dos trabalhadores, minimizando atividades de fluxo e focando nas atividades de conversão.

4.4. ECOLÓGICAS

Os primeiros resultados sobre perdas de materiais no Brasil foram analisados por Pinto (1989). Para ele, a percepção nos vários países de que a produção precisa mudar “acontece não por causa do elevado desperdício de materiais e do indesejado impacto nos custos finais, mas também porque as áreas urbanas disponíveis para a disposição de resíduos estão exaurindo”.

Segundo Brandli *et al.* (1996), existem várias alternativas para que se viabilize a implantação de métodos de melhorias para reduzir as perdas na construção civil.

No caso específico do aço, os projetistas estruturais poderiam se preocupar mais com os aspectos relacionados à produção de armaduras no sentido de aperfeiçoar o corte, estabelecendo-se um plano de corte.

Praça & Barros Neto (2001) consideram que em termos ambientais, o sistema industrializado de corte e dobra de armaduras diminui drasticamente a quantidade de sobras de aço, reduzindo a totalidade de entulho gerado pelas obras. Cada vez mais é preocupação do Poder Público e da sociedade o destino final de rejeitos industriais e as suas consequências. Esta solução vem, portanto, colaborar com a melhoria da qualidade de vida nos grandes centros urbanos.

5. HIPÓTESE

- a) O processo produtivo industrializado não elimina a dependência de recursos utilizados no processo tradicional.
- b) O processo tradicional tem menor custo inicial.
- c) Com a utilização do processo industrializado, exige-se menor número de oficiais armadores no canteiro.
- d) O processo industrializado tem menor custo final.

6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

6.1. CONCRETO ARMADO

O concreto armado é atualmente o material mais usado na construção de estruturas de edificações, bem como grandes obras viárias. Seu uso é difundido pela facilidade de execução e adaptação as mais diferentes formas (NARBAL, 2010).

O concreto é um material que apresenta alta resistência às tensões de compressão, porém, apresenta baixa resistência à tração (cerca de 10 % da sua resistência à compressão). Assim sendo, é imperiosa a necessidade de juntar ao concreto um material com alta resistência à tração, com o objetivo deste material, disposto convenientemente, resistir às tensões de tração atuantes. Com esse material composto (concreto e armadura – barras de aço), surge então o chamado “concreto armado”, onde as barras da armadura absorvem as tensões de tração e o concreto absorve as tensões de compressão, no que pode ser auxiliado também por barras de aço (caso típico de pilares, por exemplo) (BASTOS, 2006).

De acordo com Botelho (1995), uma estrutura de concreto armado é uma ligação solidária (fundida junta), juntamente com uma estrutura resistente à tração que em geral é o aço.

Segundo Bastos (2006) o conceito de concreto armado envolve ainda o fenômeno da aderência, que deve obrigatoriamente existir entre o concreto e a armadura. Para a existência do concreto armado é imprescindível que haja real solidariedade entre ambos o concreto e o aço, e que o trabalho seja realizado de forma conjunta.

Nesse sentido, a norma brasileira NBR 6118/2007 que tem por objetivo fixar requisitos exigíveis para estrutura de concreto, define como elementos de concreto armado são aqueles cujo comportamento não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.

Com relação ao concreto usado como material estrutural é chamado de concreto estrutural e pode ser o concreto simples, sem armadura, como no exemplo de barragens de gravidade. Pode ser o concreto armado quando a

armadura não é pré-tracionada e pode ser o concreto protendido quando a armadura é ativa ou protendida (NARBAL, 2010).

Quanto ao modo como é executado pode ser moldado na obra, denominado como concreto armado convencional, ou pode ser pré-moldado ou pré-fabricado quando é moldado em fábricas ou mesmo na própria obra fora do seu local definitivo (NARBAL, 2010).

Para Salim Neto (2009) a produção de uma estrutura de concreto armado é obtida através da inter-relação e dependência entre os serviços de fôrmas, armação, concretagem e de embutidos.

Dentre as vantagens da utilização do concreto armado destacadas por Pinheiro *et al.* (2010) estão:

- a) É moldável, permitindo grande variabilidade de formas e de concepções arquitetônicas.
- b) Apresenta boa resistência à maioria dos tipos de solicitação, desde que seja feito um cálculo correto e um adequado detalhamento das armaduras.
- c) A estrutura é monolítica, com trabalho conjunto, se uma peça é solicitada.
- d) Baixo custo dos materiais – água e agregados, graúdos e miúdos.
- e) Baixo custo de mão de obra, pois, em geral, a produção de concreto convencional não exige profissionais com elevado nível de qualificação.
- f) Processos construtivos conhecidos e bem difundidos em quase todo o país.
- g) Facilidade e rapidez de execução, principalmente se forem utilizadas peças pré-moldadas.
- h) O concreto é durável e protege as armaduras contra corrosão.

- i) Os gastos de manutenção são reduzidos, desde que a estrutura seja bem projetada e adequadamente construída.
- j) O concreto é pouco permeável à água, quando dosado corretamente e executado em boas condições de plasticidade, adensamento e cura.
- k) É um material com bom comportamento em situações de incêndio, desde que adequadamente projetado para essas situações.
- l) Possui resistência significativa a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e a desgastes mecânicos.

6.1.1. Aço para Concreto Armado

Pinheiro *et al.* (2010), define o aço como uma liga de ferrocarbono com outros elementos adicionais (silício, manganês, fósforo, enxofre etc.), resultante da eliminação total ou parcial de elementos inconvenientes que se fazem presentes no produto obtido na primeira redução do minério de ferro.

O aço específico para concreto armado difere-se em qualidade, devido seu limite de escoamento, resistência a tração, e alongamento de ruptura; em conformação, pois, possui uma estrutura lisa e nervurada; e ainda pelo tipo de fabricação por ser laminado de dureza natural e deformado à frio (LEONHARDT & MONNING, 1997).

Os aços estruturais para construção civil possuem teores de carbono da ordem de 0,18% a 0,25%. Esse material tem grande aplicação na Engenharia graças às seguintes características: ductilidade; incombustibilidade; facilidade de ser trabalhado; resistência a tração, compressão, flexão e torção; resistência a impacto, abrasão e desgaste. Em condições adequadas, apresenta também resistência a variações de temperatura, intempéries e agressões químicas (PINHEIRO *et al.*, 2010).

A NBR 7480/2007, que tem como objetivo fixar as condições exigíveis na encomenda, fabricação e fornecimento de barras e fios de aço

destinados a armaduras de concreto armado, classifica aço para armaduras em barras ou fios segundo seu processo de fabricação.

De acordo com essa norma, classificam-se como barras os produtos de diâmetro nominal 5,0 ou superior, obtidos exclusivamente por laminação a quente, e classificam-se como fios aqueles de diâmetro nominal 10,0 ou inferior, obtidos por trefilação ou processo equivalente (figura 1).

BARRAS $\varnothing \geq 5$ Laminação a Quente										
CA - 25 CA - 50										
6,3	8	10	12,5	16	20	22	25	32	40	

FIOS $\varnothing \leq 10$ Laminação a Frio												
CA - 60												
2,4	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	6,0	6,4	7,0	8,0	9,5	10

Figura 1: Diâmetros nominais
(Fonte: NBR 7480/2007)

As características mecânicas mais importantes para a definição de um aço são o limite elástico, a resistência e o alongamento na ruptura. Essas características são determinadas em ensaios de tração (PINHEIRO *et al.*, 2010).

Pinheiro *et al.* (2010) ressalta que para concreto armado o aço utilizado deve obedecer aos seguintes requisitos:

- Valor elevado da relação entre limite de resistência e limite de escoamento;
- Ductilidade e homogeneidade;
- Soldabilidade;
- Resistência razoável a corrosão.

A Norma NBR 7480/2007 classifica o aço quanto sua resistência ao escoamento, as barras estão nas categorias CA-25 e CA-50 e os fios na categoria CA -60.

Segundo Bastos (2006), o prefixo CA é usado como identificação de aço para concreto armado. As letras CA indicam concreto armado e o número na sequência indica o valor de f_{yk} , em kgf/mm^2 ou kN/cm^2 .

Comercialmente, para construção civil as barras e os fios de aço são chamados de vergalhões de aço (SALIM NETO, 2009). O aço utilizado para construção civil principalmente são fornecidos principalmente em barras, em telas soldadas ou previamente cortados e dobrados.

6.1.1.1. Corta e dobra de Aço em canteiro de obra

O aço fornecido em barras é utilizado em obras que produzem as peças de aço utilizadas nas armaduras em seu canteiro de obras. Essa produção de peças no canteiro trata-se do corte, dobra e montagem, também conhecido como processo tradicional.

Segundo a Norma Regulamentadora nº 18, que trata das condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, a dobragem e o corte de vergalhões de aço em obra devem ser feitos sobre bancadas ou plataformas apropriadas e estáveis, apoiadas sobre superfícies resistentes, niveladas e não escorregadias, afastadas da área de circulação de trabalhadores.

O processo de corta e dobra dentro do canteiro de obras consiste em uma série de etapas que vão desde o recebimento dos vergalhões de aço até sua montagem. A figura 2 mostra o fluxograma dessas etapas.

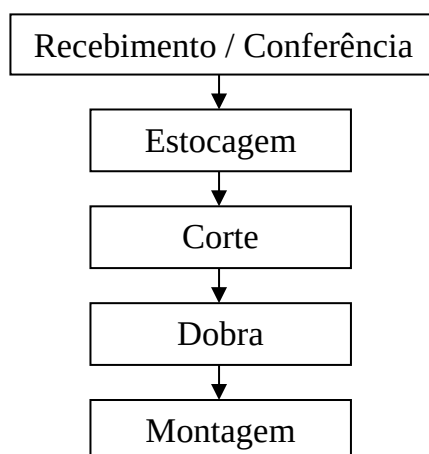


Figura 2: Fluxograma das etapas de processo de corta e dobra de aço dentro do canteiro de obras
(Fonte: O autor)

O recebimento está relacionado com o descarregamento e conferência dos vergalhões de aço. Nessa etapa é necessário verificar se a carga condiz com a especificação solicitada e se atende aos requisitos estabelecidos na norma brasileira NBR 7480/2007 (figura 3). Também, recomenda-se pesar o veículo

antes e após o descarregamento sendo a diferença condizente com o peso descrito em nota fiscal. Além disso, é importante realizar a conferência das etiquetas dos feixes referente ao diâmetro, formato, dimensões e quantidades. Esse procedimento auxilia no gerenciamento e controle da produtividade da obra (ARAÚJO & MONARI, 2006).



Figura 3: Recebimento/ Conferência
(Fonte: O Autor)

Para a estocagem dos vergalhões o terreno deve ser plano, e a base onde serão depositadas as barras deve impedir o contato do aço com o solo e com as impurezas (figura 4). É interessante, prever dispositivos que organizem as barras por diâmetro e a separação deve se dar em relação aos elementos estruturais ou pavimentos de destino (ARAÚJO & MONARI, 2006).



Figura 4: Estocagem dos vergalhões de aço no canteiro de obra
(Fonte: O autor)

Para a etapa de corte, deve-se montar logo no início da obra, próximo a estocagem, uma bancada de armação, conforme mostrado na figura 5, constituída por pranchões de madeira apoiadas sobre cavaletes, e providas dos equipamentos que serão necessários à preparação da armadura como, por exemplo, serra elétrica policorte, que permite cortar várias barras ao mesmo tempo, chaves de dobra e pinos de apoio fixos na bancada (CHAIM, 2001). A

bancada de armação geralmente possui comprimento de 14 metros, largura de 0,8 metros e 1,5 metros de altura (ARAÚJO & MONARI, 2006).



Figura 5: Corte dos vergalhões de aço
(Fonte: O autor)

O sistema de corte deve considerar os materiais a trabalhar e o volume de serviço, juntamente com os custos dos equipamentos (ARAÚJO & MONARI, 2006). Para Chaim (2001) nessa etapa deve existir uma preocupação com a racionalização da operação, de modo a minimizar as perdas com a operação, devido a grande variação no comprimento das barras requeridas para as peças estruturais, considerando que o fornecimento dessas barras num comprimento constante de 12 metros. Portanto existe a necessidade de um planejamento criterioso para a reutilização das sobras a fim de minimizar o desperdício.

O dobramento do aço é realizado sobre bancada onde está fixada uma chapa de aço com diversos pinos. A figura 6 mostra a vista em planta do esquema de dobramento (BELGO, 2012).

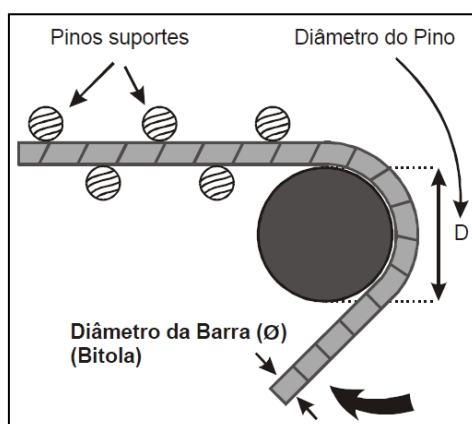


Figura 6: Vista em planta do esquema de dobramento de aço
(Fonte: Belgo, 2012)

Conforme o esquema, os pinos suportes servem de apoio para dobrar a barra impedindo que a mesma escape da bancada. Esses pinos não devem ser

muito pequenos em relação ao diâmetro das barras a serem dobradas, pois, a nervura delas pode ficar presas nos pinos de suporte e travar o processo de dobramento, provocando quebras, trincas e fissuras (ARAÚJO & MONARI, 2006).

O diâmetro da barra nada mais é que a bitola da barra que está sendo dobrada. O pino é o ponto onde se faz o dobramento da barra; o diâmetro interno da dobra será aproximadamente igual ao diâmetro do pino (BELGO, 2012).

Os pinos devem ter bitola compatível com a categoria e o diâmetro do aço que será dobrado a fim de evitar a ruptura local da barra de aço (CHAIM, 2001).

A NBR 6118/2007 estabelece o diâmetro mínimo do pino a se utilizar no dobramento de barras, conforme mostrado na figura 7.

Bitola da barra a dobrar	Diâmetro do pino para cada categoria do aço		
	CA25	CA50	CA60
▪ menor que 20 mm*	4 Ø	5 Ø	6 Ø
▪ igual ou maior que 20 mm	5 Ø	8 Ø	-

Ø = diâmetro nominal da barra

* No caso de estribos de bitola não superior a 10, o diâmetro mínimo será de 3Ø.

Figura 7: Diâmetro mínimo do pino
(Fonte: NBR 6118/2007)

Esta tabela dos diâmetros mínimo do pino de dobramento, deve ser usada pelos oficiais armadores, com intuito de reduzir as perdas por ruptura e fissuras dos vergalhões para estrutura de concreto.

Dentre as vantagens elencadas por (SALIM NETO, 2009) da utilização do processo tradicional de corta e dobra do aço dentro do canteiro de obra estão:

- Menor solicitação de espaço para estocagem, uma vez que os vergalhões são armazenados em baias por tipo de diâmetro nominal.
- Rapidez de conferencia no recebimento, inclusive podendo ser efetuado por meio de pesagem do caminhão.

Esse mesmo autor levanta como umas das principais desvantagens desse tipo de fornecimento de aço o fato da possibilidade de haver perdas consideráveis quando comparado a outros métodos de fornecimento.

6.1.1.2. Processo Industrializado de Corta e Dobra de Aço

O processo de corta e dobra industrializado é realizado a partir do projeto estrutural contendo o detalhamento das armações (CHAIM, 2001).

Praça & Barros Neto (2001) ressaltam que o serviço de corte e dobra de vergalhões de aço para concreto armado tem por objetivo industrializar as etapas de preparação das armaduras. Os vergalhões são cortados e dobrados fora do canteiro de obras, deste modo, as etapas de preparação das armaduras executadas de maneira quase que artesanal nos canteiros, tornam-se industrializadas e são executadas em uma empresa terceirizada especializada para este fim.

O serviço deve ser executado dentro das especificações do projeto estrutural, e entregue conforme o cronograma da construção, em lotes identificados (GERDAU, 2012).

De acordo com Chaim (2001), a empresa que executará o serviço de corta e dobra, após definir o projeto de detalhamento das armações, deve realizar uma programação contendo os prazos de entrega conforme as necessidades da construtora, levando em consideração o prazo físico da obra. A partir desses dados a empresa realiza uma listagem das peças, processada através de tecnologia de informática. O corte e dobra das peças solicitadas é, então, realizado por meio de máquinas automatizadas e com precisão dimensional. A figura 8 mostra os diversos formatos de peças oferecidas por empresas que realizam esse tipo de serviço.

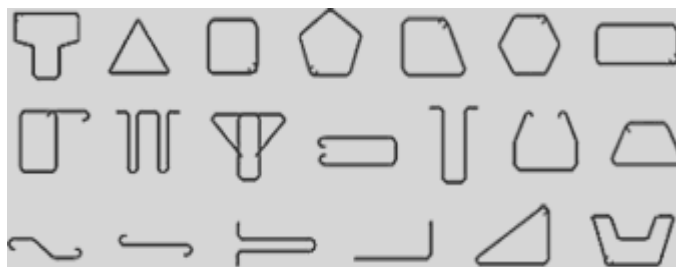


Figura 8: Variedade de formatos de peças de aço cortado e dobrado
(Fonte: www.comercialgerdau.com.br)

O material cortado e dobrado é enviado a obra (figura 9) em kits de montagem etiquetados, acompanhados de romaneios contendo a informação detalhada para conferencia do recebimento na obra. A figura 10 mostra detalhadamente os elementos presentes na etiqueta.



Figura 9: Aço fornecido pré-cortado e pré-dobrado
(Fonte: O autor)

CLIENTE: **VERDE** BITOLA: **VERMELHO** N° DA SEQUÊNCIA: **AZUL**

CORES DOS ELEMENTOS DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
Verde : Vigas
Azul : Pilares
Vermelho : Diversos

TIPO DE AÇO: **CA50**

N° ROMANEIO: **16.0**
 Lista de peças dentro da entrega

FORMATO: **15** **730**

CANHOTO DESTACÁVEL
 Utilizado na Conferência do Material, a ser destacado pelo cliente

AGRUPAMENTO
 Identificação de cada entrega x cliente

CANHOTO DESTACÁVEL
 Utilizado na Conferência do Carregamento do produto

CONTRIBUÍTOR: **VAROIRA INCORPORAD**
 OBRAS: **ED STUPENDO**
 ETAPA: **M78-1 aie Terreo/Setor B**

QUANTIDADE: **2**

N° DESENHO: **129**

ELEMENTO ESTRUTURAL: **L.POS**

ROMANEIO: **1351** SEQUÊNCIA: **48129635**

OBS.: **E 1/3**

24 kg 00010535864380

1 / 1356-18
 Marca: **FP02+CS02** 90
 Romaneio: **1351** Sequência: **48129635**
 Conte: **741,1**
 Data: **16/06/07**

210 210 210

Figura 10: Etiqueta de identificação
(Fonte: GERDAU, 2006)

A utilização desse tipo de serviço vem sendo cada vez mais adotada pelas construtoras que buscam a racionalização do processo, pois a utilização da mão de obra é bastante reduzida, uma vez que os armadores não mais precisam manusear, cortar e moldar vergalhões longos de aço enquanto que os ajudantes, por sua vez, tratam apenas de levar os feixes ao local de armação, conforme mostrado na figura 11.

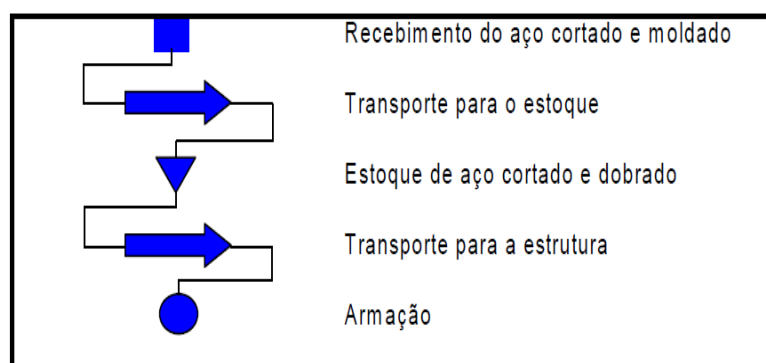


Figura 11: Fluxograma do sistema industrializado de fornecimento de armaduras moldadas (Fonte: SALIM NETO, 2001).

Salim Neto (2009) enfatiza as vantagens da utilização desse método, tais como:

- a) Maior grau de industrialização do serviço de armação, visto que os serviços de corta e dobra são eliminados/reduzidos do canteiro de obras, pois esse passa a ser feito por empresa especializada.
- b) Redução das perdas de material;
- c) Melhoria das condições de trabalho, uma vez que os trabalhadores não ficam mais expostos às intempéries que o serviço de corta e dobra exige.
- d) Diminuição de custos utilizando racionalmente a mão-de-obra, tendo economia de custos e eliminando o desperdício de aço.
- e) Racionalização do canteiro de obras disponibilizando, para outros fins, o espaço utilizado para estoque de barras, instalação de equipamentos e bancadas para corte e dobra.

Em contrapartida, Chaim (2001) destaca como uma desvantagem, o fato de que teoricamente o corta e dobra industrializado deveria dispensar o uso de bancadas para preparação de armaduras dentro do canteiro de obras, porém, na prática isso não acontece, existe a necessidade de se precaver no caso da falta de alguma peça, que venha atrasar o cronograma físico da obra.

Além disso, para Marder & Formoso (2004), muitos erros podem ocorrer durante a montagem de armaduras que utilizam esse tipo de fornecimento, pois como o processo de produção de armaduras torna-se apenas um processo de montagem, haverá na atividade de armação a necessidade de uma leitura correta das etiquetas de identificação das peças e da compreensão clara do projeto estrutural.

Nesse sentido este trabalho se faz relevante, pois, pretende identificar a fundo as vantagens e desvantagens de cada um dos processos de corta e dobra de vergalhões de aço trazendo a realidade do projeto a ser estudado.

7. ESTUDO DE CASO

7.1. APRESENTAÇÃO DA OBRA

O empreendimento escolhido está situado na cidade de Ponta Grossa – PR, é um edifício Residencial/ Comercial nomeado Torres Cezanne e está sendo construído, através de processo de administração, pela Construtora JMChueire, da mesma cidade.

O edifício possuirá área total de 24.894,18m² subdivididos em subsolo, térreo com pé direito duplo, outros dois níveis, entre garagens e áreas comuns, que formam o embasamento e duas torres de 15 andares cada. No total são 100 apartamentos e 8 lojas situados em terreno com ocupação total de seus 3.028,99m². A figura 12 apresenta a perspectiva do empreendimento.



Figura 12: Perspectiva do empreendimento
(Fonte: DORIA LOPES FIUZA Arquitetos Associados)

Durante o estudo, a fundação, em tubulões e blocos de concreto, já estava concluída e a obra estava em fase de execução da estrutura do embasamento. As lajes são em concreto protendido com espessura de 18cm.

7.2. ESCOLHA DOS PROJETOS

Para a definição dos projetos, foram adotadas, como ponto de partida, as necessidades em volume de aço e mão de obra. Três projetos de armaduras de um mesmo pavimento do embasamento foram escolhidos:

- Armaduras dos pilares que suportam o 2º pavimento – Torre B

O projeto, em anexo, totaliza 13.330 Kg de aço. Os pilares, por estarem no embasamento e sujeitos a grandes cargas, possuem elevada bitola para as armaduras longitudinais, e, por suportarem pavimento de pé direito duplo, possuem comprimento que dificulta o reaproveitamento das barras. Esses fatores levaram à escolha do projeto.

- Armaduras das vigas do 2º pavimento – Torre B

O projeto, em anexo, totaliza 2.191 Kg de aço. O projeto de armadura de vigas é caracterizado pelo grande número de elementos com inúmeros comprimentos e grande variação de bitolas.

- Armaduras negativas da laje do 2º pavimento – Torre B

O projeto, em anexo, totaliza 2.369 Kg. Este projeto se caracteriza pela regularidade de bitolas, comprimentos médios baixos, pequena variabilidade e consequente baixo número de elementos. Esse tipo de projeto demanda bom estudo de corte para redução de perdas.

Somando-se o volume de aço dos três projetos são 17.890 Kg de aço, 237 diferentes elementos totalizando 7.314 unidades em mais de 15.200 metros de barras.

7.3. ORÇAMENTO PARA FORNECIMENTO DE AÇO

Foi solicitado a um fornecedor de aço atuante no mercado nacional uma formatação de preços para o fornecimento de barras retas e de serviços de corte e dobra necessários à execução deste projeto.

7.4. CONSUMOS DE AÇO

Para determinação das quantidades totais de aço necessárias ao corte e dobra por processo industrializado, foi gerada a Tabela 1 que apresenta, em resumo, as massas totais obtidas através das quantidades especificadas pelos projetos.

Para obtenção das quantidades de aço necessárias à execução dos serviços de corte e dobra em obra foram criadas as Tabelas 2, 4, 6, 8, 10, 14 e 16 a fim de se otimizar, dentro de limites exequíveis, o corte das barras de cada bitola.

Para cada bitola, os elementos foram agrupados, foi estabelecida a relação de peças por barra de 12 metros, analisado aproveitamento de cada barra e quanto sobraria após corte.

Devido ao grande número de barras e para manter níveis reais de análise e aproveitamento foi determinado que:

- para as bitolas de 25, 20, 16 e 12,5 mm, foi feito um remanejamento das barras de sobra entre os elementos para melhor aproveitamento.
- para as bitolas de 10, 8, 6 e 5mm, foi criado um método que estima as quantidades necessárias e as perdas.

7.5. UTILIZAÇÃO DA MÃO DE OBRA

Para processo industrializado, no estudo a que esse trabalho se dedica, não será considerado o uso da mão de obra na usina de corte e dobra, pois não influencia no andamento e desempenho das funções no canteiro. O tempo investido em organização no recebimento e na localização dos elementos estocados será discutido nos resultados.

Para determinarmos os consumos relativos à mão de obra para corte e dobra em canteiro foi contabilizado o tempo necessário e o número de trabalhadores envolvidos para corte e dobra de projetos similares da mesma obra.

O tempo foi subdividido para o corte dos elementos e, separadamente, dobra. Para determinação deste tempo, três projetos do pavimento tipo da torre foram selecionados: armaduras negativas, armaduras positivas e vigas.

As operações de montagem das armaduras, transporte e colocação nas formas não serão objeto de estudo, pois, julga-se que este trabalho é o mesmo, independente do processo de corte e dobra.

7.6. CUSTOS

Os custos totais de cada processo foram comparados levando-se em consideração os custos relativos ao aço, que possuem formatação de preços diferentes entre si, e à mão de obra empregada no corte e dobra em canteiro.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1. QUANTIDADES DE AÇO

8.1.1. Quantidade para processo industrializado

A Tabela 1 apresenta, em resumo, a quantidade de aço de cada bitola presente no projeto, bem como seu somatório.

Projetos/ Bitolas(Kg)	5mm	6mm	8mm	10mm	12,5mm	16mm	20mm	25mm
Pilares	198	684	0	0	1060	363	2208	8818
Vigas	26	87	484	47	158	708	516	165
Negativos	0	0	25	835	1510	0	0	0
TOTAL	224	771	509	882	2728	1071	2724	8983

Tabela 1: Resumo das massas totais

A quantidade de aço para o processo industrializado é exatamente as mesmas especificadas na tabela do projeto, pois, para efeito de custo e de material a ser entregue, perdas são responsabilidade da indústria que as fornece.

8.1.2. Aço para corte e dobra em canteiro

8.1.2.1. Barras de 25mm

A Tabela 2, abaixo, apresenta o agrupamento das bitolas de 25mm, seus respectivos elementos, quantas barras serão necessárias e as sobras.

Elemento estrutural	Aço	Pos	BIT	Quant	Comp		Relação Peça/ Barra	Peças/ Barra	Peças Inteiras / Barra	Aproveita mento barra	Sobra/ Barra	Barras Necessárias	Sobra Total				
P1	50A	1	25	12	660	7920	0,55	1,82	1	660	540	12	12	com	540	+	0
P2=P4=P25=P27 (4X)	50A	1	25	64	660	42240	0,55	1,82	1	660	540	64	64	com	540	+	0
P3=P26 (2X)	50A	1	25	40	660	26400	0,55	1,82	1	660	540	40	40	com	540	+	0
P5	50A	1	25	12	660	7920	0,55	1,82	1	660	540	12	12	com	540	+	0
P7=P9=P20=P22 (4X)	50A	1	25	56	660	36960	0,55	1,82	1	660	540	56	56	com	540	+	0
P8=P21	50A	1	25	44	660	29040	0,55	1,82	1	660	540	44	44	com	540	+	0
P10	50A	1	25	12	660	7920	0,55	1,82	1	660	540	12	12	com	540	+	0
P13=P14=P15=P16 (4X)	50A	1	25	56	660	36960	0,55	1,82	1	660	540	56	56	com	540	+	0
P19	50A	1	25	12	660	7920	0,55	1,82	1	660	540	12	12	com	540	+	0
P23	50A	1	25	14	660	9240	0,55	1,82	1	660	540	14	14	com	540	+	0
P28	50A	1	25	12	660	7920	0,55	1,82	1	660	540	12	12	com	540	+	0
V10a	50A	1	25	2	760	1520	0,63	1,58	1	760	440	2	2	com	440	+	0
V10a	50A	2	25	4	270	1080	0,23	4,44	4	1080	120	1	1	com	120	+	0
V15a	50A	1	25	2	760	1520	0,63	1,58	1	760	440	2	2	com	440	+	0

Tabela 2: Agrupamentos das bitolas de 25mm

Após remanejamento, a Tabela 3 resume as necessidades de barras de 25mm para execução dos serviços de corte e dobra em obra e o quanto do total representa sobras:

Resumo das Barras de 25 mm			
Nº de barras necessárias		Peso Total (Kg)	
336		16128	
Comprimento das sobras c > 200 (cm)		Nº Barras	Peso Sobras (Kg)
540		332	7171,2
440		4	70,4
Σ c < 200 (cm)		Σ Peso c < 200cm (Kg)	
0		0	
		% total de sobras/ perdas	
		7241,6	
		44,90%	

Tabela 3: Resumo das barras de 25mm

Como as barras que sobraram possuem elevado comprimento, elas ainda podem ser reaproveitadas em outras ocasiões, outros projetos, ou seja, novamente cortadas e dobradas para atender a elementos que possuem comprimento igual ou inferior. Porém, para os projetos selecionados, 7.241,6 Kg, que representa 44,90% do volume total, terão que aguardar e o quanto ainda poderá ser utilizado é uma incógnita.

8.1.2.2. Barras de 20mm

A Tabela 4, semelhante às barras de 25mm, apresenta o agrupamento das barras de 20mm:

Elemento estrutural	Aço	Pos	BIT	Quant	Comp	Relação Peça/ Barra	Peças/ Barra	Peças Inteiras / Barra	Aproveita mento barra	Sobra/ Barra	Barras Necessárias	Sobra Total			
P6	50A	1	20	14	640 8960	0,53	1,88	1	640	560	14	14 com	560 +	0	
P11	50A	1	20	110	640 70400	0,53	1,88	1	640	560	110	110 com	560 +	0	
P24	50A	1	20	14	640 8960	0,53	1,88	1	640	560	14	14 com	560 +	0	
V1a	50A	12	20	2	985 1970	0,82	1,22	1	985	215	2	2 com	215 +	0	
V1a	50A	13	20	2	255 510	0,21	4,71	2	510	690	1	1 com	690 +	0	
V1a	50A	18	20	2	925 1850	0,77	1,30	1	925	275	2	2 com	275 +	0	
V1a	50A	19	20	2	455 910	0,38	2,64	2	910	290	1	1 com	290 +	0	
V8a	50A	4	20	4	510 2040	0,43	2,35	2	1020	180	2	2 com	180 +	0	
V8a	50A	7	20	2	445 890	0,37	2,70	2	890	310	1	1 com	310 +	0	
V8a	50A	9	20	2	500 1000	0,42	2,40	2	1000	200	1	1 com	200 +	0	
V8a	50A	15	20	2	770 1540	0,64	1,56	1	770	430	2	2 com	430 +	0	
V8a	50A	27	20	4	305 1220	0,25	3,93	3	915	285	2	1 com	285 +	895	
V9a	50A	4	20	2	520 1040	0,43	2,31	2	1040	160	1	1 com	160 +	0	
V9a	50A	5	20	2	345 690	0,29	3,48	2	690	510	1	1 com	510 +	0	
V9a	50A	7	20	2	790 1580	0,66	1,52	1	790	410	2	2 com	410 +	0	
V10a	50A	3	20	2	690 1380	0,58	1,74	1	690	510	2	2 com	510 +	0	
V10a	50A	4	20	2	400 800	0,33	3,00	2	800	400	1	1 com	400 +	0	
V15a	50A	2	20	4	260 1040	0,22	4,62	4	1040	160	1	1 com	160 +	0	
V15a	50A	3	20	2	655 1310	0,55	1,83	1	655	545	2	2 com	545 +	0	
V15a	50A	4	20	2	430 860	0,36	2,79	2	860	340	1	1 com	340 +	0	

Tabela 4: Agrupamentos das bitolas de 20mm

As barras de 20mm também tiveram grandes quantidades de sobras com comprimento que pode ser considerado reaproveitável que, para este estudo, foi fixado em 200cm. A Tabela 5 mostra, em resumo, as necessidades das barras para execução do serviço:

Resumo das Barras de 20 mm			
Nº de barras necessárias		Peso Total (Kg)	
150		4500	
Comprimento das sobras c > 200 (cm)		Nº Barras	Peso Sobras (Kg)
			% de sobra
560		122	1708
			37,96%
255		4	25,5
			0,57%
215		4	21,5
			0,48%
Σ c < 200 (cm) Perdas		Σ Peso c < 200cm (Kg)	% Σ c < 200cm
790		19,75	0,44%
		Total Sobras (Kg)	% total de sobras/ perdas
		1774,75	39,44%

Tabela 5: Resumo das barras de 20mm

As barras com comprimento inferior a 200 cm foram consideradas como perdas, o que representam 0,44% do total. Outros 39,00% do total ainda podem ser reaproveitados em outros projetos, porém, são valores que não podem ser determinados.

8.1.2.3. Barras de 16mm

A Tabela 6 apresenta o agrupamento das barras de 16mm:

Elemento estrutural	Aço	Pos	BIT	Quant	Comp		Relação Peça/ Barra	Peças/ Barra	Peças Inteiras / Barr	Aproveita mento barra	Sobra/ Barra	Barras Necessárias	Sobra Total				
P102 ao P106=P108	50A	1	16	36	630	22680	0,53	1,90	1	630	570	36	36	com	570	+	0
V1a	50A	6	16	2	440	880	0,37	2,73	2	880	320	1	1	com	320	+	0
V1a	50A	7	16	1	240	240	0,20	5,00	1	240	960	1	1	com	960	+	0
V1a	50A	9	16	2	405	810	0,34	2,96	2	810	390	1	1	com	390	+	0
V1a	50A	10	16	2	215	430	0,18	5,58	2	430	770	1	1	com	770	+	0
V1a	50A	15	16	2	1110	2220	0,93	1,08	1	1110	90	2	2	com	90	+	0
V8a	50A	5	16	4	305	1220	0,25	3,93	3	915	285	2	1	com	285	+	895
V8a	50A	12	16	2	420	840	0,35	2,86	2	840	360	1	1	com	360	+	0
V8a	50A	13	16	2	255	510	0,21	4,71	2	510	690	1	1	com	690	+	0
V8a	50A	16	16	2	425	850	0,35	2,82	2	850	350	1	1	com	350	+	0
V8a	50A	17	16	2	740	1480	0,62	1,62	1	740	460	2	2	com	460	+	0
V8a	50A	18	16	2	660	1320	0,55	1,82	1	660	540	2	2	com	540	+	0
V8a	50A	19	16	2	760	1520	0,63	1,58	1	760	440	2	2	com	440	+	0
V8a	50A	20	16	2	675	1350	0,56	1,78	1	675	525	2	2	com	525	+	0
V8a	50A	28	16	3	410	1230	0,34	2,93	2	820	380	2	1	com	380	+	790
V9a	50A	2	16	2	360	720	0,30	3,33	2	720	480	1	1	com	480	+	0
V9a	50A	3	16	2	240	480	0,20	5,00	2	480	720	1	1	com	720	+	0
V9a	50A	8	16	2	480	960	0,40	2,50	2	960	240	1	1	com	240	+	0
V13a	50A	1	16	2	500	1000	0,42	2,40	2	1000	200	1	1	com	200	+	0
V13a	50A	2	16	2	300	600	0,25	4,00	2	600	600	1	1	com	600	+	0
V13a	50A	3	16	2	490	980	0,41	2,45	2	980	220	1	1	com	220	+	0
V13a	50A	4	16	2	180	360	0,15	6,67	2	360	840	1	1	com	840	+	0
V17a	50A	1	16	3	240	720	0,20	5,00	3	720	480	1	1	com	480	+	0
VR1a	50A	1	16	2	330	660	0,28	3,64	2	660	540	1	1	com	540	+	0
VR1a	50A	3	16	2	460	920	0,38	2,61	2	920	280	1	1	com	280	+	0
VR1a	50A	4	16	2	310	620	0,26	3,87	2	620	580	1	1	com	580	+	0
VR1a	50A	6	16	4	500	2000	0,42	2,40	2	1000	200	2	2	com	200	+	0
VR1a	50A	7	16	2	330	660	0,28	3,64	2	660	540	1	1	com	540	+	0
VR1a	50A	9	16	2	290	580	0,24	4,14	2	580	620	1	1	com	620	+	0
VR1a	50A	10	16	2	805	1610	0,67	1,49	1	805	395	2	2	com	395	+	0
VR1a	50A	11	16	2	540	1080	0,45	2,22	2	1080	120	1	1	com	120	+	0
VR1a	50A	12	16	2	750	1500	0,63	1,60	1	750	450	2	2	com	450	+	0
VR1a	50A	13	16	1	500	500	0,42	2,40	1	500	700	1	1	com	700	+	0
VR1a	50A	14	16	2	810	1620	0,68	1,48	1	810	390	2	2	com	390	+	0
VR2a	50A	1	16	2	320	640	0,27	3,75	2	640	560	1	1	com	560	+	0
VR2a	50A	3	16	2	460	920	0,38	2,61	2	920	280	1	1	com	280	+	0
VR2a	50A	4	16	2	310	620	0,26	3,87	2	620	580	1	1	com	580	+	0
VR2a	50A	6	16	4	500	2000	0,42	2,40	2	1000	200	2	2	com	200	+	0
VR2a	50A	7	16	2	330	660	0,28	3,64	2	660	540	1	1	com	540	+	0
VR2a	50A	9	16	2	250	500	0,21	4,80	2	500	700	1	1	com	700	+	0
VR2a	50A	10	16	2	805	1610	0,67	1,49	1	805	395	2	2	com	395	+	0
VR2a	50A	11	16	2	540	1080	0,45	2,22	2	1080	120	1	1	com	120	+	0
VR2a	50A	12	16	2	750	1500	0,63	1,60	1	750	450	2	2	com	450	+	0
VR2a	50A	13	16	1	500	500	0,42	2,40	1	500	700	1	1	com	700	+	0
VR2a	50A	14	16	2	880	1760	0,73	1,36	1	880	320	2	2	com	320	+	0

Tabela 6: Agrupamento das bitolas de 16mm

As barras de 16mm foram as que apresentaram maior capacidade de reaproveitamento dentro dos projetos selecionados. A Tabela 7 apresenta o resumo de suas quantidades:

Resumo das Barras de 16 mm			
Nº de barras necessárias		Peso Total (Kg)	
62		1190,4	
Comprimento das sobras c > 200 (cm)	Nº	Peso Sobras (Kg)	% de sobra
	Barras		
	235		
	590		
	2	7,52	0,63%
	1	9,44	0,79%
Σ c < 200 (cm)		Σ Peso c < 200cm (Kg)	% Σ c < 200cm
5340		133,5	11,21%
		Total Sobras/ perdas (Kg)	% total de sobras/ perdas
		150,46	12,64%

Tabela 7: Resumo das Barras de 16mm

Sem o reaproveitamento, seriam necessárias 95 barras inteiras para execução do serviço de corte e dobra em obra. Mesmo com reaproveitamento, e com poucas sobras com comprimento superior a 200cm, o que pode ser classificado como perdas (sobras com comprimento inferior a 200cm), atinge 11,21% do total.

8.1.2.4. Barras de 12.5mm

A Tabela 8 apresenta o agrupamento das barras de 12.5mm:

Elemento estrutural	Aço	Pos	BIT	Quant	Comp		Relação Peça/ Barra	Peças/ Barra	Peças Inteiras / Barr	Aproveita mento barra	Sobra/ Barra	Barras Necessárias	Sobra Total				
P101	50A	1	12,5	6	620	3720	0,52	1,94	1	620	580	6	6	com	580	+	0
P107	50A	1	12,5	6	620	3720	0,52	1,94	1	620	580	6	6	com	580	+	0
P109 ao P113=P109	50A	1	12,5	80	620	49600	0,52	1,94	1	620	580	80	80	com	580	+	0
P121=P122 (2X)	50A	1	12,5	16	680	10880	0,57	1,76	1	680	520	16	16	com	520	+	0
P123 ao P129 (7X)	50A	1	12,5	56	680	38080	0,57	1,76	1	680	520	56	56	com	520	+	0
V1a	50A	2	12,5	2	395	790	0,33	3,04	2	790	410	1	1	com	410	+	0
V1a	50A	3	12,5	2	240	480	0,20	5,00	2	480	720	1	1	com	720	+	0
V1a	50A	14	12,5	2	170	340	0,14	7,06	2	340	860	1	1	com	860	+	0
V1a	50A	16	12,5	4	670	2680	0,56	1,79	1	670	530	4	4	com	530	+	0
V1a	50A	17	12,5	2	635	1270	0,53	1,89	1	635	565	2	2	com	565	+	0
V3a	50A	3	12,5	2	480	960	0,40	2,50	2	960	240	1	1	com	240	+	0
V4a	50A	2	12,5	2	485	970	0,40	2,47	2	970	230	1	1	com	230	+	0
V4a	50A	3	12,5	1	280	280	0,23	4,29	1	280	920	1	1	com	920	+	0
V5a	50A	2	12,5	2	242	484	0,20	4,96	2	484	716	1	1	com	716	+	0
V6a	50A	2	12,5	2	485	970	0,40	2,47	2	970	230	1	1	com	230	+	0
V6a	50A	3	12,5	2	300	600	0,25	4,00	2	600	600	1	1	com	600	+	0
V7a	50A	2	12,5	2	525	1050	0,44	2,29	2	1050	150	1	1	com	150	+	0
V7a	50A	3	12,5	1	325	325	0,27	3,69	1	325	875	1	1	com	875	+	0
V8a	50A	2	12,5	2	210	420	0,18	5,71	2	420	780	1	1	com	780	+	0
V8a	50A	14	12,5	2	190	380	0,16	6,32	2	380	820	1	1	com	820	+	0
V8a	50A	21	12,5	1	300	300	0,25	4,00	1	300	900	1	1	com	900	+	0
V8a	50A	22	12,5	2	520	1040	0,43	2,31	2	1040	160	1	1	com	160	+	0
V8a	50A	23	12,5	1	280	280	0,23	4,29	1	280	920	1	1	com	920	+	0
V8a	50A	26	12,5	2	190	380	0,16	6,32	2	380	820	1	1	com	820	+	0

V11a=V16a	50A	1	12,5	4	160	640	0,13	7,50	4	640	560	1	1	com	560	+	0
VE1=VE2=VE3 (3X)	50A	1	12,5	6	200	1200	0,17	6,00	6	1200	0	1	1	com	0	+	0
Armaduras negativas	50A	2	12,5	30	170	5100	0,14	7,06	7	1190	10	5	4	com	10	+	860
Armaduras negativas	50A	5	12,5	172	280	48160	0,23	4,29	4	1120	80	43	43	com	80	+	0
Armaduras negativas	50A	7	12,5	28	250	7000	0,21	4,80	4	1000	200	7	7	com	200	+	0
Armaduras negativas	50A	9	12,5	58	170	9860	0,14	7,06	7	1190	10	9	8	com	10	+	860
Armaduras negativas	50A	10	12,5	22	260	5720	0,22	4,62	4	1040	160	6	5	com	160	+	680
Armaduras negativas	50A	12	12,5	8	340	2720	0,28	3,53	3	1020	180	3	2	com	180	+	520
Armaduras negativas	50A	13	12,5	8	530	4240	0,44	2,26	2	1060	140	4	4	com	140	+	0
Armaduras negativas	50A	14	12,5	18	250	4500	0,21	4,80	4	1000	200	5	4	com	200	+	700
Armaduras negativas	50A	16	12,5	50	300	15000	0,25	4,00	4	1200	0	13	12	com	0	+	600
Armaduras negativas	50A	17	12,5	22	160	3520	0,13	7,50	7	1120	80	4	3	com	80	+	1040
Armaduras negativas	50A	18	12,5	8	200	1600	0,17	6,00	6	1200	0	2	1	com	0	+	800
Armaduras negativas	50A	23	12,5	8	380	3040	0,32	3,16	3	1140	60	3	2	com	60	+	440
Armaduras negativas	50A	25	12,5	8	320	2560	0,27	3,75	3	960	240	3	2	com	240	+	560
Armaduras negativas	50A	26	12,5	6	150	900	0,13	8,00	6	900	300	1	1	com	300	+	0
Armaduras negativas	50A	28	12,5	28	240	6720	0,20	5,00	5	1200	0	6	5	com	0	+	480
Armaduras negativas	50A	29	12,5	32	190	6080	0,16	6,32	6	1140	60	6	5	com	60	+	820
Armaduras negativas	50A	30	12,5	10	210	2100	0,18	5,71	5	1050	150	2	2	com	150	+	0
Armaduras negativas	50A	31	12,5	8	600	4800	0,50	2,00	2	1200	0	4	4	com	0	+	0
Armaduras negativas	50A	34	12,5	16	220	3520	0,18	5,45	5	1100	100	4	3	com	100	+	980
Armaduras negativas	50A	35	12,5	13	400	5200	0,33	3,00	3	1200	0	5	4	com	0	+	800
Armaduras negativas	50A	39	12,5	6	360	2160	0,30	3,33	3	1080	120	2	2	com	120	+	0
Armaduras negativas	50A	40	12,5	12	540	6480	0,45	2,22	2	1080	120	6	6	com	120	+	0

Tabela 8: Resumo das barras de 12.5mm

O remanejamento das barras de 12.5mm também se apresentou importante. Sem a realização de um plano de corte, para este projeto, seriam necessárias 419 barras.

A Tabela 9 resume as quantidades de barras retas de 12.5 e suas respectivas sobras.

Resumo das Barras de 12,5 mm		
Nº de barras necessárias	Peso Total (Kg)	
240	2880	
Σ Comprimento das sobras c > 200 (cm)	Peso Sobras (Kg)	% de sobra
7281	72,81	2,53%
Σ perdas c < 200 (cm)	Σ Peso c < 200 (cm)	% Σ c < 200 (cm)
6580	164,5	5,71%
Total Sobras (Kg)		% total de sobras
237,31		8,24%

Tabela 9: Resumo das barras de 12.5mm

8.1.2.5. Barras de 10mm:

Para as barras de 10 mm não foi realizado um plano de corte como nas demais barras de bitola superior. Portanto, para determinação do número de barras necessárias à execução da atividade de corte e dobra foi considerada da seguinte forma:

Através da tabela 10, que identifica a totalidade dos elementos com bitola de 10 mm, foi somada a quantidade total de barras inteiras necessárias sem considerar nenhum tipo de reaproveitamento. Como a média dos comprimentos das barras é de aproximadamente 236 cm, as barras com sobra inferiores a 200 cm foram consideradas perdas.

Elemento estrutural	Aço	Pos	BIT	Quant	Comp		Relação Peça/ Barra	Peças/ Barra	Peças Inteiras / Barra	Aproveita mento barra	Sobra/ Barra	Barras Necessárias	Sobra Total				
V1a	50A	1	10	2	350	700	0,29	3,43	2	700	500	1	1	com	500	+	0
V2a	50A	1	10	2	480	960	0,40	2,50	2	960	240	1	1	com	240	+	0
V2a	50A	2	10	2	470	940	0,39	2,55	2	940	260	1	1	com	260	+	0
V3a	50A	2	10	4	160	640	0,13	7,50	4	640	560	1	1	com	560	+	0
V7a	50A	1	10	2	535	1070	0,45	2,24	2	1070	130	1	1	com	130	+	0
V9a	50A	6	10	2	210	420	0,18	5,71	2	420	780	1	1	com	780	+	0
V14a	50A	2	10	2	320	640	0,27	3,75	2	640	560	1	1	com	560	+	0
V17a	50A	2	10	4	148	592	0,12	8,11	4	592	608	1	1	com	608	+	0
V17a	50A	3	10	2	88	176	0,07	13,64	2	176	1024	1	1	com	1024	+	0
VE1=VE2=VE3 (3X)	50A	2	10	6	160	960	0,13	7,50	6	960	240	1	1	com	240	+	0
Armaduras negativas	50A	1	10	30	230	6900	0,19	5,22	5	1150	50	6	6	com	50	+	0
Armaduras negativas	50A	3	10	10	380	3800	0,32	3,16	3	1140	60	4	3	com	60	+	820
Armaduras negativas	50A	4	10	174	250	43500	0,21	4,80	4	1000	200	44	43	com	200	+	700
Armaduras negativas	50A	6	10	9	200	1800	0,17	6,00	6	1200	0	2	1	com	0	+	600
Armaduras negativas	50A	8	10	6	150	900	0,13	8,00	6	900	300	1	1	com	300	+	0
Armaduras negativas	50A	11	10	10	300	3000	0,25	4,00	4	1200	0	3	2	com	0	+	600
Armaduras negativas	50A	15	10	15	200	3000	0,17	6,00	6	1200	0	3	2	com	0	+	600
Armaduras negativas	50A	19	10	14	160	2240	0,13	7,50	7	1120	80	2	2	com	80	+	0
Armaduras negativas	50A	20	10	48	200	9600	0,17	6,00	6	1200	0	8	8	com	0	+	0
Armaduras negativas	50A	21	10	51	160	8160	0,13	7,50	7	1120	80	8	7	com	80	+	880
Armaduras negativas	50A	24	10	16	120	1920	0,10	10,00	10	1200	0	2	1	com	0	+	480
Armaduras negativas	50A	27	10	6	150	900	0,13	8,00	6	900	300	1	1	com	300	+	0
Armaduras negativas	50A	32	10	74	200	14800	0,17	6,00	6	1200	0	13	12	com	0	+	800
Armaduras negativas	50A	33	10	32	160	5120	0,13	7,50	7	1120	80	5	4	com	80	+	560
Armaduras negativas	50A	36	10	6	220	1320	0,18	5,45	5	1100	100	2	1	com	100	+	980
Armaduras negativas	50A	37	10	6	260	1560	0,22	4,62	4	1040	160	2	1	com	160	+	680
Armaduras negativas	50A	38	10	104	230	23920	0,19	5,22	5	1150	50	21	20	com	50	+	280

Tabela 10: Agrupamento das bitolas de 10mm

Uma estimativa de reaproveitamento foi criada para determinação das quantidades totais de barras a serem compradas. Para tanto, somaram-se todas as quantidades de sobra, acima e abaixo de 200 cm, e verificou-se o quanto em porcentagem representava do total. Depois disso, a mesma porcentagem foi aplicada às sobras com comprimento superior a 200cm que determinou o quanto seria perda efetivamente e o quanto poderia ser reaproveitado.

A tabela 11 mostra o resumo das quantidades de barras, comprimentos e perdas das barras de 10 mm:

Resumo das Barras de 10 mm			
Nº de barras necessárias (antes do reaproveitamento)		Peso Total (Kg)	
137		1014,35	
Σ Comprimento das sobras (cm)	Peso Sobras (Kg)	% de sobra	
24862	198,896	19,61%	
Σ Comprimento das sobras c>200 cm		21652	
Aproveitamento sobras c>200 (21652 - 15,12%)		18378	
Aproveitamento aproximado em barras		15	
Nº de barras necessárias (após reaproveitamento)		Peso Total	
122		903,288	
Perdas	Σ Peso c < 200 (cm)	% Σ c < 200 (cm)	
Σ c<200 cm	3210	19,80	2,19%
15,12% de c>200	4246	26,20	2,90%
Total Perdas (Kg)		% total de perdas	
		46,00	5,09%

Tabela 11: Resumo das barras de 10mm

8.1.2.6. Barras de 8mm

Para as barras de 8 mm, assim como para as de 10 mm, não foi realizado um plano de corte. Portanto, para determinação do número de barras necessárias à execução da atividade de corte e dobra foi considerada da seguinte forma:

Através da tabela 12, que identifica a totalidade dos elementos com bitola de 8 mm, foi somada a quantidade total de barras inteiras necessárias sem considerar nenhum tipo de reaproveitamento.

Um estudo para criar um plano de corte seria totalmente inviável do ponto de vista prático, pois a mesma barra poderia atender a inúmeras posições de diversos elementos e, na hora de passar para banca de corte, o funcionário responsável pelos cortes teria muita dificuldade de separar, estocar e posteriormente localizar o material.

Devido à grande variedade de tamanhos de elementos nas bitolas de 8mm, a média foi de aproximadamente 322cm. Para determinar melhor a média, para esse caso, foi utilizada média ponderada, que gerou um comprimento

aproximado de 185 cm. Dessa maneira, comprimentos menores que 150 cm foram consideradas automaticamente perdas.

Elemento estrutural	Aço	Pos	BIT	Quant	Comp		Relação Peça/ Barra	Peças/ Barra	Peças Inteiras / Barra	Aproveita mento barra	Sobra/ Barra	Barras Necessárias	Sobra Total			
V1a	50A	4	8	2	170	340	0,14	7,06	2	340	860	1	1 com	860	+	0
V1a	50A	5	8	2	240	480	0,20	5,00	2	480	720	1	1 com	720	+	0
V1a	50A	8	8	2	295	590	0,25	4,07	2	590	610	1	1 com	610	+	0
V1a	50A	11	8	2	480	960	0,40	2,50	2	960	240	1	1 com	240	+	0
V1a	50A	20	8	250	148	37000	0,12	8,11	8	1184	16	32	31 com	16	+	904
V1a	50A	21	8	7	1056	7392	0,88	1,14	1	1056	144	7	7 com	144	+	0
V2a	50A	4	8	2	408	816	0,34	2,94	2	816	384	1	1 com	384	+	0
V4a	50A	1	8	2	406	812	0,34	2,96	2	812	388	1	1 com	388	+	0
V5a	50A	4	8	4	720	2880	0,60	1,67	1	720	480	4	4 com	480	+	0
V6a	50A	1	8	2	406	812	0,34	2,96	2	812	388	1	1 com	388	+	0
V6a	50A	5	8	4	180	720	0,15	6,67	4	720	480	1	1 com	480	+	0
V8a	50A	1	8	2	275	550	0,23	4,36	2	550	650	1	1 com	650	+	0
V8a	50A	3	8	2	265	530	0,22	4,53	2	530	670	1	1 com	670	+	0
V8a	50A	6	8	2	180	360	0,15	6,67	2	360	840	1	1 com	840	+	0
V8a	50A	8	8	2	275	550	0,23	4,36	2	550	650	1	1 com	650	+	0
V8a	50A	10	8	2	195	390	0,16	6,15	2	390	810	1	1 com	810	+	0
V8a	50A	11	8	2	145	290	0,12	8,28	2	290	910	1	1 com	910	+	0
V8a	50A	24	8	208	148	30784	0,12	8,11	8	1184	16	26	26 com	16	+	0
V8a	50A	25	8	7	1098	7686	0,92	1,09	1	1098	102	7	7 com	102	+	0
V8a	50A	29	8	5	228	1140	0,19	5,26	5	1140	60	1	1 com	60	+	0
V9a	50A	1	8	2	140	280	0,12	8,57	2	280	920	1	1 com	920	+	0
V9a	50A	9	8	45	156	7020	0,13	7,69	7	1092	108	7	6 com	108	+	732
V9a	50A	10	8	2	890	1780	0,74	1,35	1	890	310	2	2 com	310	+	0
V9a	50A	11	8	4	228	912	0,19	5,26	4	912	288	1	1 com	288	+	0
V10a	50A	5	8	42	156	6552	0,13	7,69	7	1092	108	6	6 com	108	+	0
V13a	50A	6	8	10	122	1220	0,10	9,84	9	1098	102	2	1 com	102	+	1078
V15a	50A	5	8	45	144	6480	0,12	8,33	8	1152	48	6	5 com	48	+	480
V17a	50A	4	8	2	167	334	0,14	7,19	2	334	866	1	1 com	866	+	0
VR1a	50A	2	8	2	270	540	0,23	4,44	2	540	660	1	1 com	660	+	0
VR1a	50A	5	8	2	280	560	0,23	4,29	2	560	640	1	1 com	640	+	0
VR1a	50A	8	8	2	300	600	0,25	4,00	2	600	600	1	1 com	600	+	0
VR2a	50A	2	8	2	270	540	0,23	4,44	2	540	660	1	1 com	660	+	0
VR2a	50A	5	8	2	280	560	0,23	4,29	2	560	640	1	1 com	640	+	0
VR2a	50A	8	8	2	300	600	0,25	4,00	2	600	600	1	1 com	600	+	0
Armaduras negativas	50A	22	8	25	250	6250	0,21	4,80	4	1000	200	7	6 com	200	+	950

Tabela 12: Agrupamento das barras de 8mm

Uma estimativa de reaproveitamento foi criada para determinação das quantidades totais de barras a serem compradas. Para tanto, somaram-se todas as quantidades de sobra, acima e abaixo de 150 cm, e verificou-se o quanto em porcentagem representava do total.

Depois disso, a mesma porcentagem foi aplicada às sobras com comprimento superior a 150cm que determinou o quanto seria perda efetivamente e o quanto poderia ser reaproveitado.

A tabela 13 mostra o resumo das quantidades de barras, comprimentos e perdas das barras de 8 mm:

Resumo das Barras de 8 mm			
Nº de barras necessárias (antes do reaproveitamento)		Peso Total (Kg)	
130		624	
Σ Comprimento das sobras (cm)		Peso Sobras (Kg)	% de sobra
26690		106,76	17,11%
Σ Comprimento das sobras c>150 cm		22358	
Aproveitamento sobras c>150 (22358 -17,11%)		18533	
Aproveitamento aproximado em barras		15	
Nº de barras necessárias (após reaproveitamento)		Peso Total	
115		552	
Perdas		Σ Peso c < 150 (cm)	% Σ c < 150 (cm)
Σ c<150 cm		4332	17,328
17,11% de c>150		3825	15,30
Total Perdas (Kg)		% total de perdas	
32,63		5,91%	

Tabela 13: Resumo das barras de 8mm

8.1.2.7. Barras de 6mm

Para as barras de 6 mm não foi realizado um plano de corte. Portanto, para determinação do número de barras necessárias à execução da atividade de corte e dobra foi considerada da seguinte forma:

Através da tabela 14, que identifica a totalidade dos elementos com bitola de 6 mm, foi somada a quantidade total de barras inteiras necessárias sem considerar nenhum tipo de reaproveitamento. Como a média dos comprimentos das barras é de aproximadamente 143 cm, as barras com sobra inferiores a 100 cm foram consideradas perdas.

Elemento estrutural	Aço	Pos	BIT	Quant	Comp		Relação Peça/ Barra	Peças/ Barra	Peças Inteiras / Barra	Aproveita mento barra	Sobra/ Barra	Barras Necessárias	Sobra Total			
P1	60B	2	6	31	176	5456	0,15	6,82	6	1056	144	6	5	com	144	+ 1024
P1	60B	3	6	31	45	1395	0,04	26,67	26	1170	30	2	1	com	30	+ 975
P2=P4=P25=P27 (4X)	60B	2	6	124	228	28272	0,19	5,26	5	1140	60	25	24	com	60	+ 288
P2=P4=P25=P27 (4X)	60B	3	6	248	50	12400	0,04	24,00	24	1200	0	11	10	com	0	+ 800
P3=P26 (2X)	60B	2	6	62	258	15996	0,22	4,65	4	1032	168	16	15	com	168	+ 684
P3=P26 (2X)	60B	3	6	124	55	6820	0,05	21,82	21	1155	45	6	5	com	45	+ 155
P5	60B	2	6	31	188	5828	0,16	6,38	6	1128	72	6	5	com	72	+ 1012
P5	60B	3	6	31	50	1550	0,04	24,00	24	1200	0	2	1	com	0	+ 850
P6	60B	2	6	30	188	5640	0,16	6,38	6	1128	72	5	5	com	72	+ 0
P6	60B	3	6	30	50	1500	0,04	24,00	24	1200	0	2	1	com	0	+ 900
P7=P9=P20=P22 (4X)	60B	2	6	124	238	29512	0,20	5,04	5	1190	10	25	24	com	10	+ 248
P7=P9=P20=P22 (4X)	60B	3	6	248	55	13640	0,05	21,82	21	1155	45	12	11	com	45	+ 265
P8=P21	60B	2	6	62	298	18476	0,25	4,03	4	1192	8	16	15	com	8	+ 604
P8=P21	60B	3	6	186	55	10230	0,05	21,82	21	1155	45	9	8	com	45	+ 210

P10	60B	2	6	31	188	5828	0,16	6,38	6	1128	72	6	5	com	72	+	1012
P10	60B	3	6	31	50	1550	0,04	24,00	24	1200	0	2	1	com	0	+	850
P11	60B	2	6	60	442	26520	0,37	2,71	2	884	316	30	30	com	316	+	0
P11	60B	3	6	120	277	33240	0,23	4,33	4	1108	92	30	30	com	92	+	0
P11	60B	4	6	450	35	15750	0,03	34,29	34	1190	10	14	13	com	10	+	920
P13=P14=P15=P16 (4X)	60B	2	6	124	208	25792	0,17	5,77	5	1040	160	25	24	com	160	+	368
P13=P14=P15=P16 (4X)	60B	3	6	248	50	12400	0,04	24,00	24	1200	0	11	10	com	0	+	800
P19	60B	2	6	31	188	5828	0,16	6,38	6	1128	72	6	5	com	72	+	1012
P19	60B	3	6	31	50	1550	0,04	24,00	24	1200	0	2	1	com	0	+	850
P23	60B	2	6	31	188	5828	0,16	6,38	6	1128	72	6	5	com	72	+	1012
P23	60B	3	6	31	50	1550	0,04	24,00	24	1200	0	2	1	com	0	+	850
P24	60B	2	6	30	198	5940	0,17	6,06	6	1188	12	5	5	com	12	+	0
P24	60B	3	6	30	55	1650	0,05	21,82	21	1155	45	2	1	com	45	+	705
P28	60B	2	6	31	188	5828	0,16	6,38	6	1128	72	6	5	com	72	+	1012
P28	60B	3	6	31	50	1550	0,04	24,00	24	1200	0	2	1	com	0	+	850
V7a	60B	4	6	22	144	3168	0,12	8,33	8	1152	48	3	2	com	48	+	336
V13a	60B	5	6	11	120	1320	0,10	10,00	10	1200	0	2	1	com	0	+	1080
VR1a	60B	15	6	111	146	16206	0,12	8,22	8	1168	32	14	13	com	32	+	178
VR2a	60B	15	6	111	156	17316	0,13	7,69	7	1092	108	16	15	com	108	+	264

Tabela 14: Resumo das barras de 6mm

Uma estimativa de reaproveitamento foi criada para determinação das quantidades totais de barras a serem compradas. Para tanto, somaram-se todas as quantidades de sobra, acima e abaixo de 100 cm, e verificou-se o quanto em porcentagem representava do total. Depois disso, a mesma porcentagem foi aplicada às sobras com comprimento superior a 100 cm que determinou o quanto seria perda efetivamente e o quanto poderia ser reaproveitado.

A tabela 15 mostra o resumos das quantidades de barras, comprimentos e perdas das barras de 6 mm:

Resumo das Barras de 6 mm			
Nº de barras necessárias (antes do reaproveitamento)		Peso Total (Kg)	
327		863,28	
Σ Comprimento das sobras (cm)		Peso Sobras (Kg)	% de sobra
46871		103,11	11,94%
Σ Comprimento das sobras c>100 cm		38294	
Aproveitamento sobras c>100 (33720 -11,94%)		33720	
Aproveitamento aproximado em barras		28	
Nº de barras necessárias (após reaproveitamento)		Peso Total	
299		789,10	
Perdas		Σ Peso c < 100 (cm)	% Σ c < 100 (cm)
Σ c<100 cm		8577	18,8694
11,94% de c>100		4574	10,06
Total Perdas (Kg)		% total de perdas	
28,93		3,67%	

Tabela 15: Resumo das barras de 6mm

8.1.2.8. Barras de 5mm

Para as barras de 5 mm também não foi realizado um plano de corte portanto, para determinação do número de barras necessárias à execução da atividade de corte e dobra, foi considerada da seguinte forma:

Através da tabela 16, que identifica a totalidade dos elementos com bitola de 5 mm, foi somada a quantidade total de barras inteiras necessárias sem considerar nenhum tipo de reaproveitamento.

Como a média dos comprimentos das barras é de aproximadamente 178 cm, as barras com sobra inferiores a 150 cm foram consideradas perdas.

Elemento estrutural	Aço	Pos	BIT	Quant	Comp		Relação Peça/ Barra	Peças/ Barra	Peças Inteiras / Barra	Aproveita mento barra	Sobra/ Barra	Barras Necessárias	Sobra Total				
P101	60B	2	5	38	104	3952	0,09	11,54	11	1144	56	4	3	com	56	+	680
P102 ao P106=P108 (6x)	60B	2	5	186	104	19344	0,09	11,54	11	1144	56	17	16	com	56	+	160
P107	60B	2	5	38	94	3572	0,08	12,77	12	1128	72	4	3	com	72	+	1012
P109 ao P113=P109 (10X)	60B	2	5	380	124	47120	0,10	9,68	9	1116	84	43	42	com	84	+	952
P121=P122 (2X)	60B	2	5	380	124	47120	0,10	9,68	9	1116	84	43	42	com	84	+	952
P123 ao P129 (7X)	60B	2	5	380	124	47120	0,10	9,68	9	1116	84	43	42	com	84	+	952
V2a	60B	3	5	20	122	2440	0,10	9,84	9	1098	102	3	2	com	102	+	956
V3a	60B	1	5	2	185	370	0,15	6,49	2	370	830	1	1	com	830	+	0
V3a	60B	4	5	19	122	2318	0,10	9,84	9	1098	102	3	2	com	102	+	1078
V4a	60B	4	5	19	122	2318	0,10	9,84	9	1098	102	3	2	com	102	+	1078
V5a	60B	1	5	2	162	324	0,14	7,41	2	324	876	1	1	com	876	+	0
V5a	60B	3	5	7	854	5978	0,71	1,41	1	854	346	7	7	com	346	+	0
V6a	60B	4	5	22	122	2684	0,10	9,84	9	1098	102	3	2	com	102	+	712
V14a	60B	1	5	2	260	520	0,22	4,62	2	520	680	1	1	com	680	+	0
V14a	60B	3	5	12	118	1416	0,10	10,17	10	1180	20	2	1	com	20	+	964
VE1=VE2=VE3 (3X)	60B	3	5	27	116	3132	0,10	10,34	10	1160	40	3	2	com	40	+	388

Tabela 16: Agrupamento das barras de 5mm

Uma estimativa de reaproveitamento foi criada para determinação das quantidades totais de barras a serem compradas. Para tanto, somaram-se todas as quantidades de sobra, acima e abaixo de 150 cm, e verificou-se o quanto em porcentagem representava do total.

Depois disso, a mesma porcentagem foi aplicada às sobras com comprimento superior a 150cm que determinou o quanto seria perda efetivamente e o quanto poderia ser reaproveitado. O resumo pode ser observado na Tabela 17.

Resumo das Barras de 5 mm			
Nº de barras necessárias (antes do reaproveitamento)		Peso Total (Kg)	
181		338,83	
Σ Comprimento das sobras (cm)		Peso Sobras (Kg)	% de sobra
27472		42,86	12,65%
Σ Comprimento das sobras c>150 cm		14692	
Aproveitamento sobras c>150 (14692 -12,65%)		12834	
Aproveitamento aproximado em barras		11	
Nº de barras necessárias (após reaproveitamento)		Peso Total	
170		318,81	
Perdas		Σ Peso c < 150 (cm)	% Σ c < 150 (cm)
Σ c<150 cm	12780	19,9368	6,25%
12,65% de c>150	1858	2,90	0,91%
Total Perdas (Kg)		% total de perdas	
22,84		7,16%	

Tabela 17: Resumo das barras de 5mm

8.1.2.9. Resumo das quantidades

As quantidades totais de aço, relacionadas para compra, suas perdas e sobras foram resumidas na Tabela 18 abaixo:

Resumo das quantidades				
Bitola	Compra total		Perda total	Esperando uso
	nº barras	Ton	Ton	Ton
5	127	0,238	0,021	0
6	299	0,789	0,029	0
8	115	0,552	0,033	0
10	122	0,903	0,052	0
12,5	240	2,880	0,165	0,073
16	62	1,190	0,134	0,017
20	150	4,500	0,020	1,755
25	336	16,128	0,000	7,242

Tabela 18: Quantidades totais de barras retas

As quantidades definidas como sobras e, esperando uso, não possuem garantia de utilização. Deve-se aguardar um novo projeto e fazer novamente um estudo de aproveitamento de barras, portanto, estas quantidades estão sujeitas a perdas.

8.2. MÃO DE OBRA PARA CORTE E DOBRA EM CANTEIRO

Os três projetos similares, armaduras positivas, negativas e vigas, que foram efetivamente cortados e dobrados em obra e que serviram de parâmetro de tempo da mão de obra estão apresentados abaixo:

O projeto de armaduras positivas possui apenas elementos com barras retas. A Tabela 19 mostra as quantidades totais de aço do projeto escolhido.

Elemento estrutural	Aço	Pos	BIT	Quant	Comprimento		Peso Total (Kg)
					unitário	total	
Arm. Positivas	50A	1	12,5	12	380	4560	45,60
Arm. Positivas	50A	2	12,5	12	230	2760	27,60
Arm. Positivas	50A	9	8	8	450	3600	14,40
Arm. Positivas	50A	10	8	20	175	3500	14,00
Arm. Positivas	50A	11	8	8	250	2000	8,00
Arm. Positivas	50A	12	8	15	261	3915	15,66
Arm. Positivas	50A	13	8	5	146	730	2,92
Arm. Positivas	50A	14	8	2	144	288	1,15
Arm. Positivas	50A	15	8	5	144	720	2,88
Arm. Positivas	50A	16	12,5	6	200	1200	12,00
Arm. Positivas	50A	17	12,5	12	450	5400	54,00
Arm. Positivas	50A	18	10	10	114	1140	7,03
Arm. Positivas	50A	19	12,5	48	90	4320	43,20
Arm. Positivas	50A	20	12,5	16	140	2240	22,40
Arm. Positivas	50A	21	10	116	56	6496	40,08
Arm. Positivas	60B	22	6	64	50	3200	7,04
Arm. Positivas	60B	23	6	16	55	880	1,94
Arm. Positivas	50A	24	12,5	32	150	4800	48,00
Arm. Positivas	60B	25	6	32	68	2176	4,79

Tabela 19: Quantidades – Armaduras positivas

Os elementos das posições de 3 a 8 foram excluídos, pois são barras corridas e não foram cortadas.

O projeto de armaduras negativas foi cortado simultaneamente com as armaduras positivas. Abaixo, a Tabela 20, apresenta as quantidades de aço cortadas.

Elemento estrutural	Aço	Pos	BIT	Quant	Comprimento		Peso Total (Kg)
					unitário	total	
Arm. Negativas	50A	1	12,5	56	190	10640	106,40
Arm. Negativas	50A	2	12,5	80	160	12800	128,00
Arm. Negativas	50A	3	12,5	16	260	4160	41,60
Arm. Negativas	50A	4	10	22	250	5500	33,94

Arm. Negativas	50A	5	12,5	72	260	18720	187,20
Arm. Negativas	50A	6	8	14	200	2800	11,20
Arm. Negativas	50A	7	12,5	8	380	3040	30,40
Arm. Negativas	50A	8	12,5	8	230	1840	18,40
Arm. Negativas	50A	9	10	16	270	4320	26,65
Arm. Negativas	50A	10	12,5	32	260	8320	83,20
Arm. Negativas	50A	11	12,5	4	200	800	8,00
Arm. Negativas	50A	12	10	10	380	3800	23,45
Arm. Negativas	50A	13	12,5	32	300	9600	96,00
Arm. Negativas	50A	14	12,5	40	200	8000	80,00
Arm. Negativas	50A	15	10	65	160	10400	64,17
Arm. Negativas	60B	16	8	25	250	6250	25,00
Arm. Negativas	60B	17	10	32	140	4480	27,64
Arm. Negativas	50A	18	12,5	32	230	7360	73,60
Arm. Negativas	60B	19	8	64	200	12800	51,20
Arm. Negativas	50A	20	12,5	32	280	8960	89,60
Arm. Negativas	50A	21	12,5	8	450	3600	36,00

Tabela 20: Quantidades – Armaduras negativas

A quantidade total de aço cortada nesses dois projetos foi de 1.615 Kg. O tempo total necessário para corte foi de 15,83 horas de um oficial armador e um meio oficial. Portanto, para corte, a relação hora/homem/kg de aço foi de 0,009802. As armaduras negativas e positivas da laje são, em sua essência, apenas retas e, portanto, foram considerados apenas tempo de corte, desconsiderando-se tempos de dobra.

A Tabela 21 mostra, em resumo, as quantidades totais aço do projeto das vigas:

AÇO	BITOLA	COMPRIM (m)	PESO (Kg)
60B	5	357	57
60B	6	62	14
50A	8	250	100
50A	10	49	31
50A	12,5	165	165
50A	16	15	24
50A	20	202	506
50A	25	15	58
Total:			955

Tabela 21: Quantidades – Armadura das vigas

A quantidade total de aço cortado nesse projeto foi de 955 Kg. O tempo necessário para corte foi de 7,25 horas de um oficial armador e um meio

oficial. O tempo necessário para dobra foi de 14,75 horas de um oficial armador. Portanto, para corte deste projeto, quantidade foi de 0,007592 Hrs/Oficial/Kg e 0,007592 Hrs/MeioOficial/Kg. Para dobra, a quantidade foi de 0,015445 Hrs/O/Kg.

O tempo empregado, em ambos os casos, foi referente à busca do material no estoque de barras retas, seu transporte até a banca de corte, o corte propriamente dito, a identificação e agrupamentos dos elementos cortados e alocação das sobras e perdas. Não foi contabilizado tempo de transporte até ponto de utilização e nem a montagem dos elementos.

Os projetos foram previamente analisados pelo armador encarregado da obra.

8.3. CUSTOS

8.3.1. Formatação de preços ao cliente

A empresa fabricante de aço e prestadora de serviços de corte e dobra apresentou, para obra em estudo, a composição de preços para fornecimento destes serviços.

A figura 13 apresenta os custos para fornecimento de vergalhão em barras retas por tonelada.

Vergalhão	(R\$/t)
CA50 6,3mm R12M	2.637,09
CA50 8,0 mm R12M	2.635,48
CA50 10,0mm R12M	2.445,14
CA50 12,5mm R12M	2.328,69
CA50 16,0mm R12M	2.328,69
CA50 20,0mm R12M	2.328,69
CA50 25,0mm R12M	2.328,69
CA50 32,0mm R12M	2.657,83
CA25 6,3mm R12M	2.637,09
CA25 8,0mm R12M	2.635,48
CA25 10,0mm R12M	2.445,14
CA25 12,5mm R12M	2.328,69
CA25 16,0mm R12M	2.328,69
CA25 20,0mm R12M	2.328,69
CA25 25,0mm R12M	2.328,69
CA60 4,2mm R12M	2.554,10
CA60 5,0mm R12M	2.554,10

Figura 13: Proposta para fornecimento em barras retas
(Fonte: Gerdau Proposta C43169-CD16103)

A figura 14 apresenta o custo para entrega do aço industrializado por tonelada.

Vergalhão Cortado e Dobrado	(R\$/t)
CA50 6,3mm C/D	2.913,37
CA50 8,0mm C/D	2.911,78
CA50 10,0mm C/D	2.724,15
CA50 12,5mm C/D	2.609,38
CA50 16,0mm C/D	2.609,38
CA50 20,0mm C/D	2.609,38
CA50 25,0mm C/D	2.609,38
CA50 32,0mm C/D	2.933,81
CA60 4,2mm C/D	2.831,56
CA60 5,0mm C/D	2.831,56

Figura 14: Proposta para fornecimento em barras retas
(Fonte: Gerdau Proposta C43169-CD16103)

8.3.2. Custo do processo industrializado.

Através das quantidades totais obtidas da Tabela 1 foi elaborada a Tabela 22 que relaciona estas quantidades e os custos totais. Os valores foram obtidos através da tabela de formatação de preços para o cliente, figura 14.

Bitola (mm)	Quantidade (t)	Valor (R\$/ t)	Total (R\$)
5	0,224	R\$ 2.831,56	R\$ 634,27
6	0,771	R\$ 2.913,37	R\$ 2.246,21
8	0,509	R\$ 2.911,78	R\$ 1.482,10
10	0,882	R\$ 2.724,15	R\$ 2.402,70
12,5	2,728	R\$ 2.609,38	R\$ 7.118,39
16	1,071	R\$ 2.609,38	R\$ 2.794,65
20	2,724	R\$ 2.609,38	R\$ 7.107,95
25	8,983	R\$ 2.609,38	R\$ 23.440,06
TOTAL			R\$ 47.226,32

Tabela 22: Custo do processo industrializado

Portanto, o valor total do investimento em aço para execução dos projetos selecionados, para corte e dobra industrializado, é de R\$ 47.226,32.

8.4. CUSTOS DO PROCESSO DE CORTE E DOBRA EM OBRA.

8.4.1. Custo do aço

Através das quantidades de aço apresentadas pela tabela 18 foi elaborada a Tabela 23 que relaciona estas quantidades e os custos totais. Os

valores foram obtidos através da tabela de formatação de preços para o cliente, figura 13.

Bitola	nº barras	Ton Total	Preço/ ton	Total
5	127	0,238	R\$ 2.554,10	R\$ 607,22
6	299	0,789	R\$ 2.637,09	R\$ 2.081,61
8	115	0,552	R\$ 2.635,48	R\$ 1.454,78
10	122	0,903	R\$ 2.445,14	R\$ 2.208,67
12,5	240	2,880	R\$ 2.328,69	R\$ 6.706,63
16	62	1,190	R\$ 2.328,69	R\$ 2.772,07
20	150	4,500	R\$ 2.328,69	R\$ 10.479,11
25	336	16,128	R\$ 2.328,69	R\$ 37.557,11
Total:				R\$ 63.867,20

Tabela 23: Custo de aço em barras retas

Portanto, o valor total do investimento, em aço, para execução dos projetos selecionados, para corte e dobra em obra, é de R\$ 63.867,20.

As quantidades totais de perdas também foram transformadas em valores, conforme Tabela 24 abaixo.

Bitola	Ton Total	Preço/ ton	Total
5	0,021	R\$ 2.554,10	R\$ 54,38
6	0,029	R\$ 2.637,09	R\$ 76,29
8	0,033	R\$ 2.635,48	R\$ 86,00
10	0,046	R\$ 2.445,14	R\$ 112,48
12,5	0,165	R\$ 2.328,69	R\$ 383,07
16	0,134	R\$ 2.328,69	R\$ 310,88
20	0,020	R\$ 2.328,69	R\$ 45,99
25	0,000	R\$ 2.328,69	R\$ 0,00
Total:			R\$ 1.069,08

Tabela 24: Valor das perdas de aço

Isso significa que R\$ 1.069,08 dos R\$ R\$ 63.867,20 não tem utilidade no desenvolvimento das atividades da obra. Os 447 Kg de perdas podem ser destinados às usinas de reciclagem que pagam, em média, R\$ 0,15/Kg. Para este montante de aço, podemos considerar que R\$ 67, 05 pode retornar ao caixa.

As sobras, como dito anteriormente, não possuem garantia de reutilização. A Tabela 25 apresenta quanto capital se tornará estoque e que certamente terá perdas futuras.

Bitola	Ton Total	Preço/ ton	Total
12,5	0,073	R\$ 2.328,69	R\$ 169,99
16	0,017	R\$ 2.328,69	R\$ 39,49
20	1,755	R\$ 2.328,69	R\$ 4.086,85
25	7,242	R\$ 2.328,69	R\$ 16.863,44
Total:			R\$ 21.159,78

Tabela 25: Capital estocado em aço

8.4.2. Custo da mão de obra

Para determinação dos custos da mão de obra, foi solicitado ao contador da construtora o valor em R\$/Hr do oficial armador e meio oficial, já contabilizados seus encargos. A Tabela 26 mostra esses números com detalhes.

	MEIO OFICIAL	OFICIAL ARMADOR
Salário Base	4,38 R\$/h	6,10 R\$/h
Horas Normais (183h)	R\$ 801,54	R\$ 1.116,30
Horas DSR (44h)	R\$ 192,72	R\$ 268,40
Horas Extras (40h)	R\$ 262,80	R\$ 366,00
Ref DSR Extras	R\$ 63,19	R\$ 88,00
TOTAL/mês	R\$ 1.320,25	R\$ 1.838,70
FÉRIAS (1/12)	R\$ 146,69	R\$ 204,31
13º SALÁRIO (1/12)	R\$ 110,02	R\$ 153,23
TOTAL COM PROVISÕES	R\$ 1.576,96	R\$ 2.196,24
INSS	R\$ 362,70	R\$ 505,13
FGTS	R\$ 126,16	R\$ 175,70
TOTAL GERAL	R\$ 2.065,82	R\$ 2.877,07
Custo por hora	9,07 R\$/h	12,63 R\$/h

Tabela 26: Custo da mão de obra em R\$/h

Como as sobras não são cortadas e dobradas, a quantidade considerada para cálculo do tempo empregado para corte e dobra será feito apenas sobre o peso de aço do projeto, desconsiderando-se perdas e sobras.

Para o projeto das vigas e dos pilares, que, como nas vigas, também possuem armadura longitudinal e estribos, será adotada a relação Hrs/h/Kg obtida através quantidade de tempo do corte e dobra do projeto de referência de vigas.

Para o projeto de armaduras negativas será adotada a relação Hrs/h/Kg obtida através quantidade de tempo do corte e dobra do projeto de referência de armaduras positivas e negativas.

Para determinação dos custos de mão de obra para corte e dobra em canteiro foi criada a Tabela 27 que relaciona o peso total do projeto, a mão de obra utilizada, o custo desta mão de obra conforme Tabela 26, e a relação de Hrs/h/Kg obtidos pelos projetos referência.

Custos de mão de obra					
		Peso do Projeto (Kg)	13331		
Pilares	Mão de obra	Custo Mão de obra (R\$/h)	Relação Hrs/h/Kg	Tempo necessário (h)	Custo Total
Corte	Oficial	12,63	0,007592	101	R\$ 1.278,27
	Meio Oficial	9,07	0,007592	101	R\$ 917,97
Dobra	Oficial	12,63	0,015445	206	R\$ 2.600,48
Total Pilares					R\$ 4.796,72
		Peso do Projeto (Kg)	2191		
Vigas	Mão de obra	Custo Mão de obra (R\$/h)	Relação Hrs/h/Kg	Custo Total	
Corte	Oficial	12,63	0,007592	17	R\$ 210,09
	Meio Oficial	9,07	0,007592	17	R\$ 150,87
Dobra	Oficial	12,63	0,015445	34	R\$ 427,40
Total Vigas					R\$ 788,36
		Peso do Projeto (Kg)	2370		
Armaduras Negativas	Mão de obra	Custo Mão de obra (R\$/h)	Relação Hrs/h/Kg	Custo Total	
Corte	Oficial	12,63	0,009802	23	R\$ 293,40
	Meio Oficial	9,07	0,009802	23	R\$ 210,70
Total Armaduras Negativas					R\$ 504,11
Para execução dos três projetos					
Tempo total empregado (h)		Oficial	381		
		Meio Oficial	141		
Custo Total					R\$ 6.089,18

Tabela 27: Custo total da mão de obra

É possível perceber, que, pelos parâmetros de tempo e custo definidos, serão necessárias 381 horas de oficial armador e 141 horas de meio oficial para realização do corte e dobra do aço em canteiro. Aliado a estes tempos, estão os R\$ 6.089,18 de mão de obra necessários.

8.5. COMPARATIVOS ENTRE PROCESSOS

8.5.1. Quantidade de aço

É possível perceber, através desse estudo, que a quantificação do aço necessário à execução dos projetos selecionados é muito mais simples para o processo industrializado, pois, o que está expresso em projeto, é exatamente o necessário e o quanto será comprado.

Para compra de aço através de barras retas essa quantificação é muito mais complexa. A tabela 28 abaixo apresenta quanto era esperado de aço por projeto e o quanto deveria ser comprado para sua execução.

Bitola	Esperado (Kg)	Necessário (Kg)	Diferença
5	224	238	6,25%
6	771	789	2,33%
8	509	552	8,45%
10	882	903	2,38%
12,5	2728	2880	5,57%
16	1071	1190	11,11%
20	2724	4500	65,20%
25	8983	16128	79,54%

Tabela 28: Relação do aço esperado pelo aço necessário

O processo de otimização de corte através de planilhas criado nesse trabalho não é comum nas obras. Geralmente o trabalho de aproveitamento de sobras fica a encargo de operadores de policorte na bancada. Portanto, o nível atingido nesse trabalho não exprime a realidade.

A elaboração das planilhas mostra como é importante a análise dos projetos para compra. Devido ao baixo nível de aproveitamento de algumas barras, a quantidade total da compra chegou a quase 80% a mais que o previsto em projeto e, no volume total de aço, isso representa 51,19%.

8.5.2. Custo

Observou-se, através da planilha de formatação de preços ao cliente, apresentadas nas figuras 13 e 14, que o fornecimento de vergalhão cortado e dobrado é, em média, 11,43% mais caro em comparação os fornecimento através de barras retas.

Ainda assim, o investimento necessário para o processo de corte e dobra industrializado, como visto anteriormente, para os três projetos selecionados, seria de R\$ 47.226,32. O investimento necessário para corte e dobra em obra seria, de no mínimo, R\$ 69.956,38 que é a soma da compra do aço com a mão de obra para corte e dobra. Falando-se em desembolso, para realização de corte e dobra em canteiro, o valor é 48,13% maior do que o processo industrializado.

Dentro do valor investido no corte e dobra em canteiro ainda existem as quantidades de aço que ficaram estocadas e ainda podem ser reaproveitadas. Porém, estas estão sujeitas a novas perdas, extravios e danos.

8.5.3. Mão de Obra

Pode-se observar que a mão de obra para corte e dobra no processo industrializado fica sob responsabilidade do fornecedor do serviço, não comprometendo a equipe de obra. A análise do projeto é feita por engenheiros e as operações de corte e dobra, mecanizados, por funcionários de nível técnico e médio.

As operações de corte e dobra no canteiro têm muitas atividades de transporte, demandam mão de obra disponível e especializada. Essa mão de obra, que poderia estar empregada em atividades de montagem, fica comprometida, exigindo maior número de funcionários. Além disso, no caso da obra estudada, a análise de projeto ficou sob responsabilidade de um oficial armador que não possui qualquer formação técnica, nem mesmo nível médio.

8.6. VANTAGENS E DESVANTAGENS

8.6.1. Processo industrializado

Segundo dados da Gerdau, em 2012 a Usina Guaíra, em Araucária-PR, teve produção diária média de 60 toneladas de corte e dobra. Isso mostra que este processo tem ganhado força e suas vantagens tem se evidenciado.

Como foi possível observar no estudo, a determinação das quantidades necessárias de aço a execução de projetos é extremamente facilitada, gerando

melhor administração do estoque de aço. Para a solicitação de corte e dobra basta o preenchimento de formulário simples e encaminhar, via e-mail, arquivo digital dos projetos.

Pode-se observar também que a necessidade de capital de giro é menor, pois é possível trabalhar apenas com as atuais necessidades da obra.

As reduções de perdas e sobras de material podem ser listadas como vantagem, porém, desde que não haja alteração de projeto após solicitação ou recebimento do material em obra.

Carlott (2012) lista como uma das vantagens do processo a eliminação de bancadas, equipamentos e ferramentas improdutivas, porém, para grandes obras, é equivocado pensar nessa opção. Além das possibilidades de alteração de projeto, existe também a necessidade de confecção de espaçadores metálicos ou itens não especificados em projeto. O exemplo da obra estudada, numa situação não ideal, alguns projetos não chegaram com tempo hábil à confecção de corte e dobra industrializado e tiveram que ser executados em obra.

A mão de obra especializada em corte e dobra pode ser alocada em outros serviços e sua quantidade total pode ser reduzida. Há também uma redução significativa nas atividades de transporte, agrupamentos e identificação das peças. Como a análise de projeto é feita por engenheiros e o corte e dobra mecanizados, a possibilidade de erros é reduzida.

Pode-se listar também, como vantagem, que a logística do material recebido cortado e dobrado é facilitada devido às suas dimensões reduzidas e entrega em fardos, desde que, para descarga, utilize-se de meios mecanizados.

A atividade de corte de aço pode ser considerada perigosa, dessa maneira, a terceirização deste serviço em ambiente industrial pode reduzir os riscos de acidente em canteiro.

O corte do material possui grande qualidade dimensional, suas dobras são feitas conforme ABNT e o Certificado ISO 9001:2008 é entregue junto com o material. Isso promove garantias. Além disso, pessoal técnico é disponibilizado para a empresa contratante em caso de dúvidas ou necessidade.

O controle no recebimento do material, o rastreamento e localização das peças podem ser considerados simples e ágeis, pois as peças são bem identificadas através de etiquetas e do romaneio de entrega.

Como desvantagem, pode-se considerar que todos os projetos precisam estar concluídos, em sua última revisão e entregues ao cliente em tempo suficiente à solicitação ao fornecedor de aço cortado e dobrado. O prazo para entrega do material, dependendo da localidade, pode ser superior a 10 dias. Para a obra estudada, alguns projetos não chegaram em tempo hábil e tiveram que ser cortados e dobrados em obra, a exemplo dos projetos de vigas, armaduras positivas e negativas similares que também foram objetos de estudo. Existe ainda, mesmo que pequena, possibilidade de erro no planilhamento na fábrica e limitações de dimensões e formatos.

A figura 15 apresenta materiais recebidos cortados e dobrados industrialmente fora de especificação.



Figura 15: Aço cortado e dobrado industrialmente fora de especificação
(Fonte: O autor)

Carlott (2012) considera que o aço cortado e dobrado industrialmente exige uma área maior para armazenamento e que existem dificuldades gerenciais das diferentes peças no canteiro. Porém, todo material, após cortado e dobrado em obra, precisa ser estocado antes da sua utilização, portanto, o espaço necessário é o mesmo, e as necessidades de gerenciamento e de identificação e localização das peças são equivalentes.

8.6.2. Processo de corte e dobra em canteiro

Apesar de ser considerado um serviço especializado, o corte e dobra de aço em canteiro é uma atividade com técnicas bem difundidas e mão de obra, ainda que escassa, disponível. Os equipamentos e ferramentas são baratos e de fácil operação.

A velocidade no fornecimento de barras retas, devido a grande disponibilidade de fornecedores, pode suprir facilmente qualquer falta emergencial de material, evitando-se prejuízo aos prazos de obra.

É possível estocar grandes quantidades de material, independente de disponibilidade de projeto, aproveitando-se assim de poder de negociação e evitando as altas do mercado.

A necessidade de espaço e as dificuldades no descarregamento de material podem ser consideradas como desvantagens, pois devido às dimensões das barras e dos caminhões de transporte muitas vezes o local de descarga, estoque e bancas de corte e dobra, por questões de limitação de canteiro, podem estar afastadas. A conferência das quantidades, usualmente compradas em massa, são de difícil conferência.

Muitas vezes, para suprir as necessidades de corte e dobra em canteiro, existe uma probabilidade de estoque de mão de obra e, em alguns casos, isso gere ociosidade. Além disso, fica muito difícil mensurar o custo que os serviços de corte e dobra impactam no valor total do aço.

A qualidade final das peças depende do empenho e capacidade dos funcionários. Dificilmente a obra utiliza os diâmetros de dobramento especificados pela ABNT o que pode comprometer o produto final.

A falta de controle e de otimização de corte pode gerar resíduos em excesso, acarretando em prejuízos. Como pode ser observado neste trabalho, o desembolso, que pode ser um gargalo, pode ser maior para execução de um mesmo projeto. As sobras podem ser perdidas, por danos e extravios, se mal geridas.

9. CONCLUSÃO

Através deste estudo comparativo entre processos de corte e dobra, foi possível entender melhor a importância do gerenciamento do aço no canteiro. Uma análise antecipada dos projetos pode prever sobras excessivas no corte e dobra por barras retas e a elaboração de um plano de corte pode reduzir drasticamente as perdas.

Os custos com mão de obra podem variar conforme profissional ou equipe, mas, independente da produtividade, mensurar este valor é muito difícil. Os dados obtidos neste estudo referem-se apenas ao tempo produtivo, portanto, num balanço final, este valor pode ser muito maior.

Verificou-se que, para a realidade da obra estudada, o processo de corta e dobra industrializado mostrou-se mais vantajoso. Uma vez que a quantidade de aço, em barras, necessária para corta e dobra em canteiro, é 51,91% maior, o que, somado aos custos com mão de obra, representa um investimento de 48,13% a mais que para utilização do sistema de corta e dobra industrializado.

Independente do parecer favorável ao corte e dobra industrializado, para o caso particular estudado, listar as variáveis de projeto, recursos financeiros, mão de obra, logística, qualidade, equipamento e outros pode definir a melhor opção para cada caso.

10. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugerem-se, abaixo, proposições para novos trabalhos relacionados ao presente estudo:

- Desenvolvimento de software ou planilhas de auxílio na elaboração de plano de corte de vergalhões;
- Análise da qualidade de vergalhões cortados e dobrados em canteiro;
- Custos relacionados à logística nas atividades de corte e dobra de vergalhões.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L. O. C., MONARI, C. Corta e Dobra de aço em canteiro. **Revista Techné**. 112, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**, NBR 6118. Rio de Janeiro, ABNT, 2007, 221p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado**, NBR 7480. Rio de Janeiro, ABNT, 2007, 13p.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do Concreto Armado - Notas de Aula**. Disponível em:<
<http://www.feb.unesp.br/pbastos/Sistemas%20Estruturais/Fund%20Concreto.pdf>>.
Acesso em: 07 ago 2012.

BELGO. **Dobramento de Aço para Construção Civil**. Disponível em:<
<https://www.belgo.com.br/solucoes/artigos/pdf/dobramento.pdf>>. Acesso em: 10 ago 2012.

BOTELHO, M. H. C. **Concreto Armado: Eu Te Amo**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda. 1995.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 18 – Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção. Redação dada pela Portaria nº 4, 4 de julho de 1995. **Manuais de Legislação – Segurança e Medicina do Trabalho**, Ed. Atlas, São Paulo, 61ª Ed., v.2. p. 246-307, 2007.

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

CASTELO, A.M. **Custo da mão de obra pressiona a construção Civil**. Disponível em <
<http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzena/custo-da-mao-de-obra-pressiona-construcao-civil>>. Acesso em 05 ago 2012.

CHAIM, J. R. L. **Ferramenta para Comparação entre Processos Produtivos Tradicional e Industrializado de Preparação de Armaduras para Estruturas de Concreto**. 2001. 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

COLOMBO, C.R., BAZZO, W.A. Desperdício na construção civil e a questão habitacional: um enfoque CTS. In: XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais..** Salvador, outubro de 2001.

ESPINELLI, U. A gestão do consumo de materiais como instrumento para a redução da geração de resíduos nos canteiros de obras. In: **Seminário de Gestão e Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição – Avanços e Desafios**. São Paulo. PCC USP, 2005. CD-ROM.

GERDAU. **Serviços de Corta e Dobra de Aço.** Disponível em: <<http://www.comercialgerdau.com.br/servicos/index.asp>>. Acesso em: 10 ago 2012.

GROHMANN, M. Z. Redução do desperdício na construção civil: levantamento das medidas utilizadas pelas empresas de Santa Maria. In: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, **Anais..** Niterói, Rio de Janeiro, 1998.

LEONHARDT, F., MÖNNIG, E. **Construções de concreto – Princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**, v. 1. Rio de Janeiro, Ed. Interciência, 1997.

MARDER, T. S., FORMOSO, C. T. Oportunidades de melhorias na cadeia de suprimentos do aço cortado e dobrado para a construção civil. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente construído, 10., 2004, São Paulo. **Anais..**São Paulo: ANTAC. P.1-14.1 CD-ROM.

NARBAL, A. M. **Concreto Armado.** Disponível em: <http://www.narbal.ecv.ufsc.br/Concreto_ENS_EPS/Introducao.pdf>. Acesso em: 08 ago 2012.

PINHEIRO, L. M., SANTOS, A. P., MUZARDO, C. D., SANTOS, S. P. **Estruturas de Concreto.** Disponível em: <[ftp://ftp.unilins.edu.br/emilio/concreto1-2004Rev%202010/03%20Acos%20\(1\).pdf](ftp://ftp.unilins.edu.br/emilio/concreto1-2004Rev%202010/03%20Acos%20(1).pdf)>. Acesso em: 07 ago 2012.

PINTO, T.P. **Perda de materiais em processos construtivos convencionais.** Universidade Federal de São Carlos, 1989.

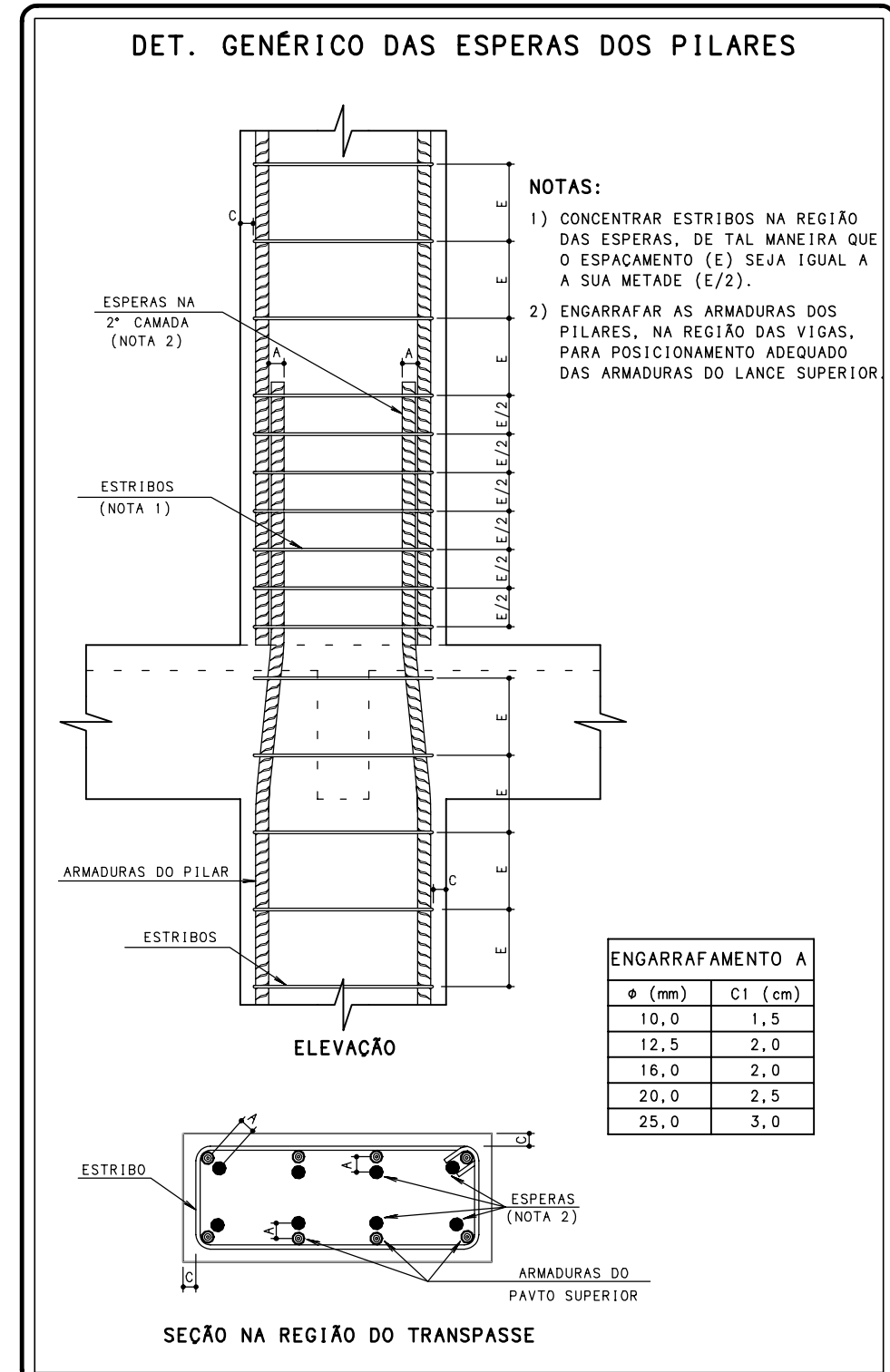
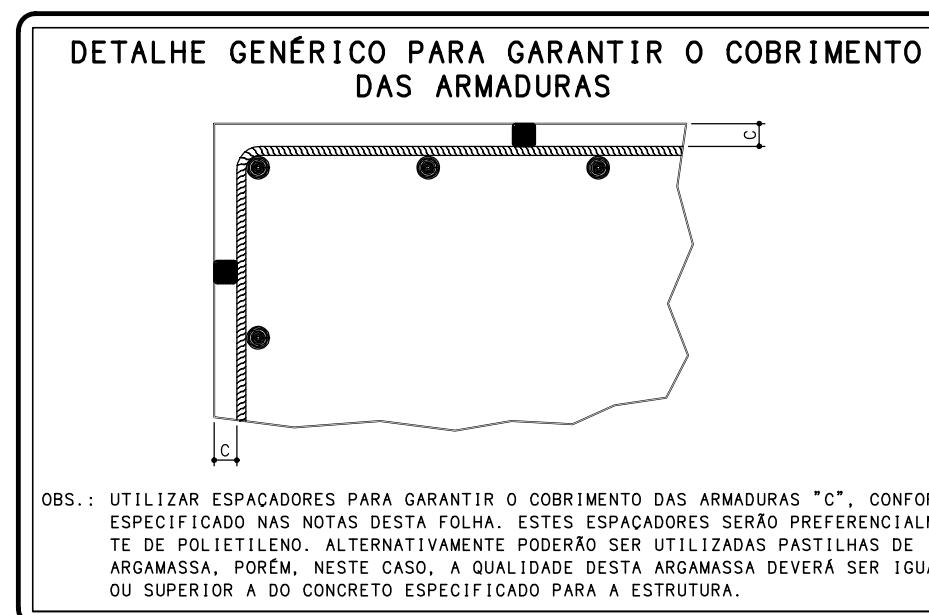
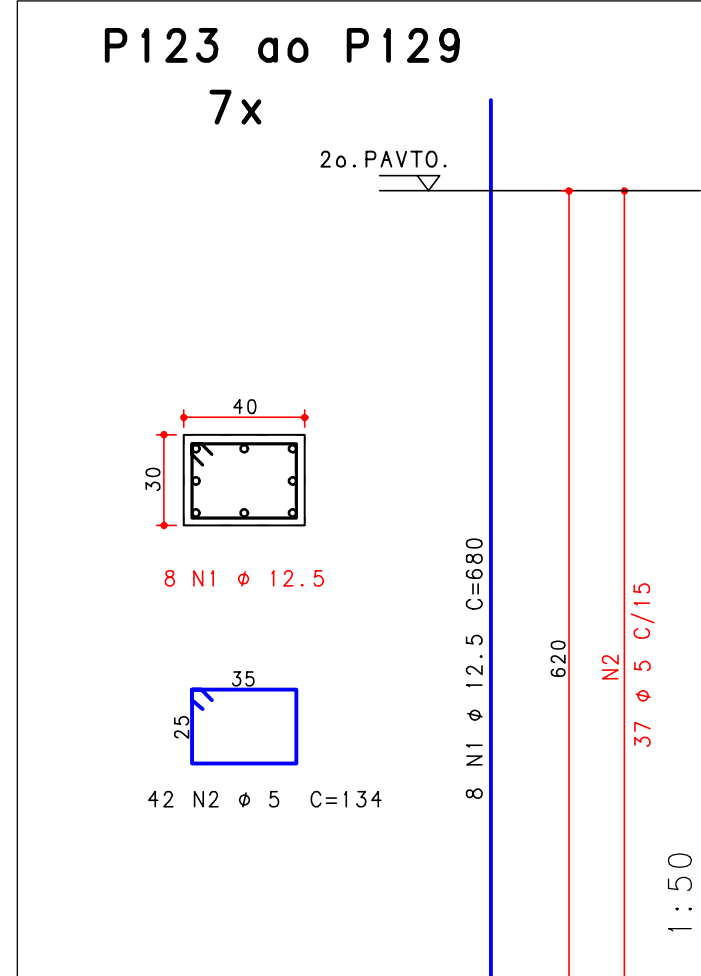
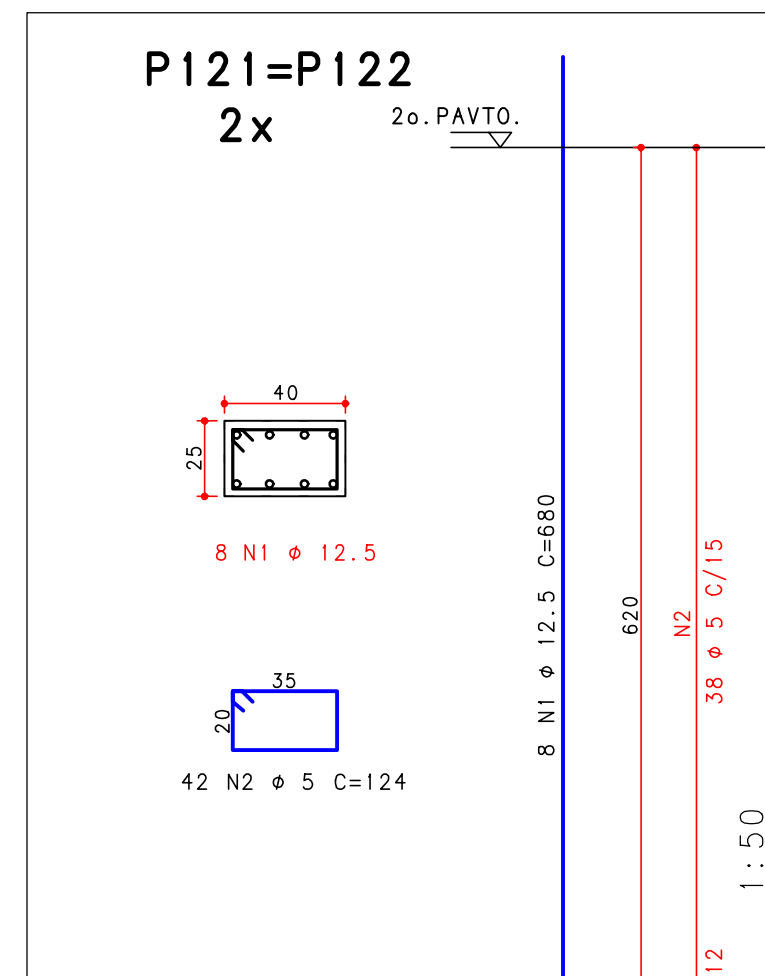
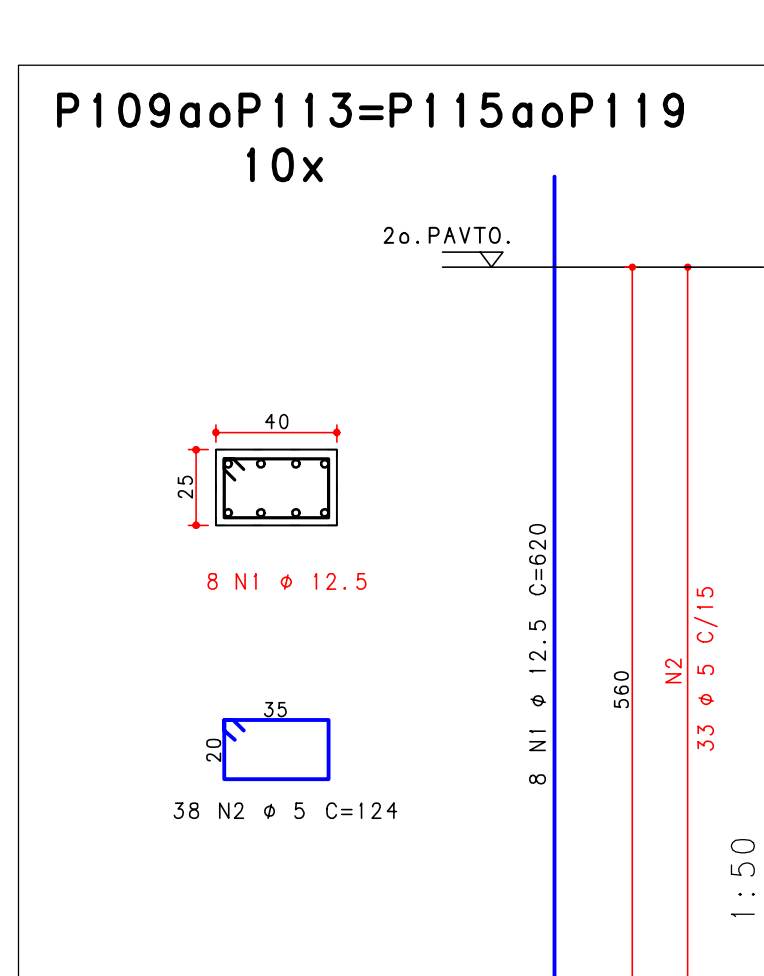
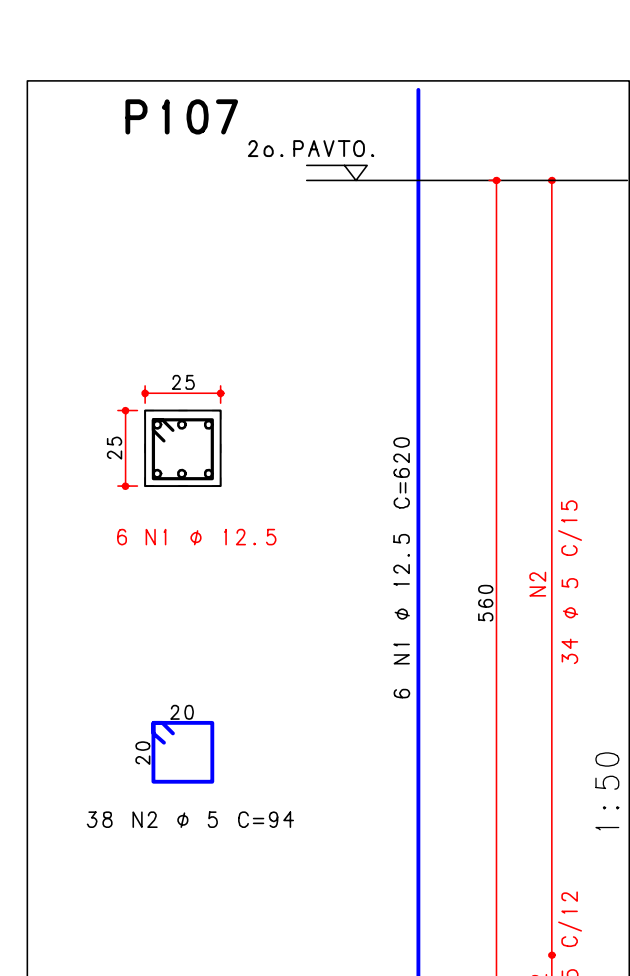
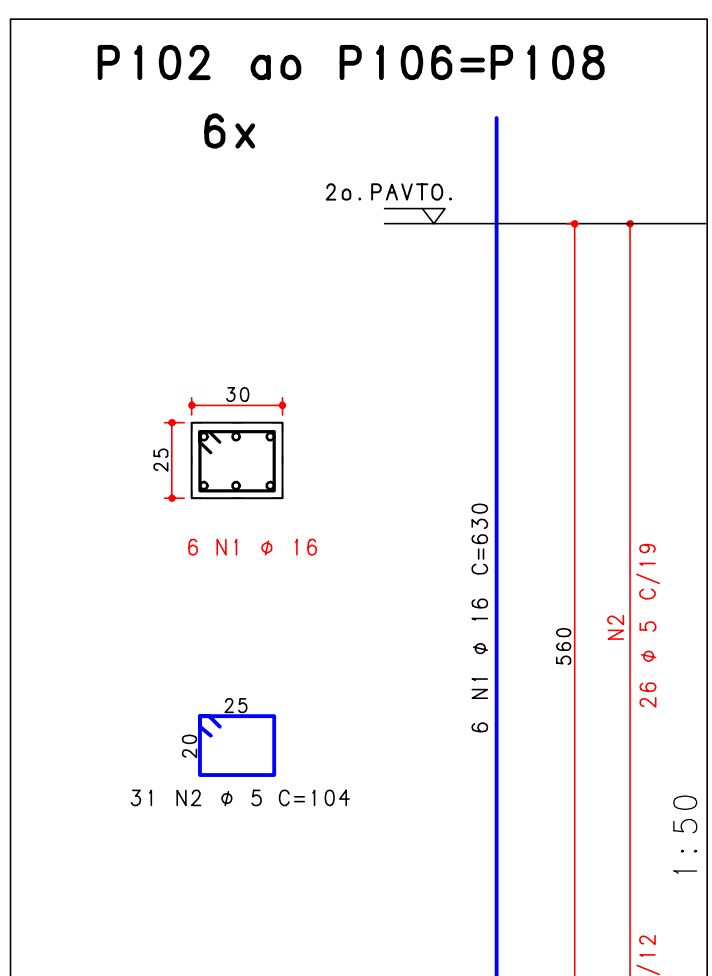
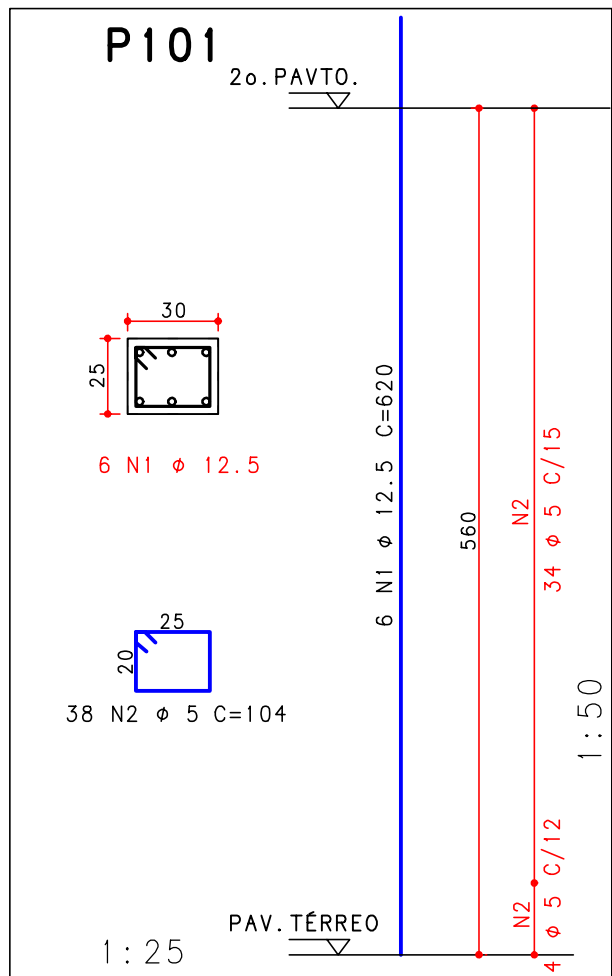
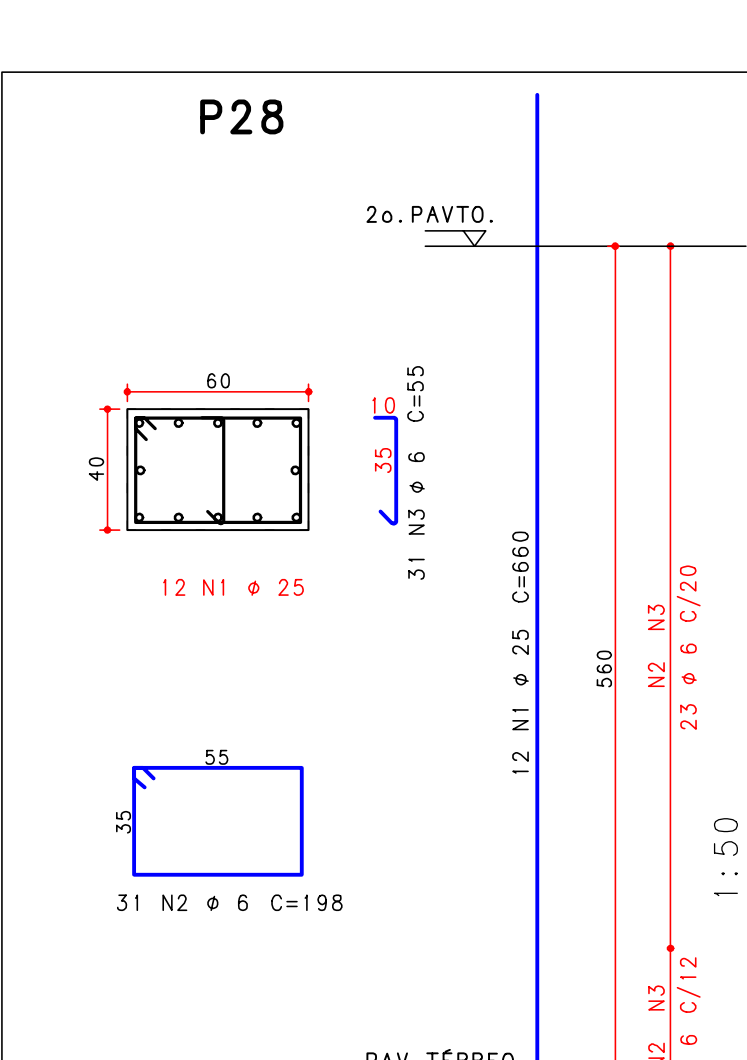
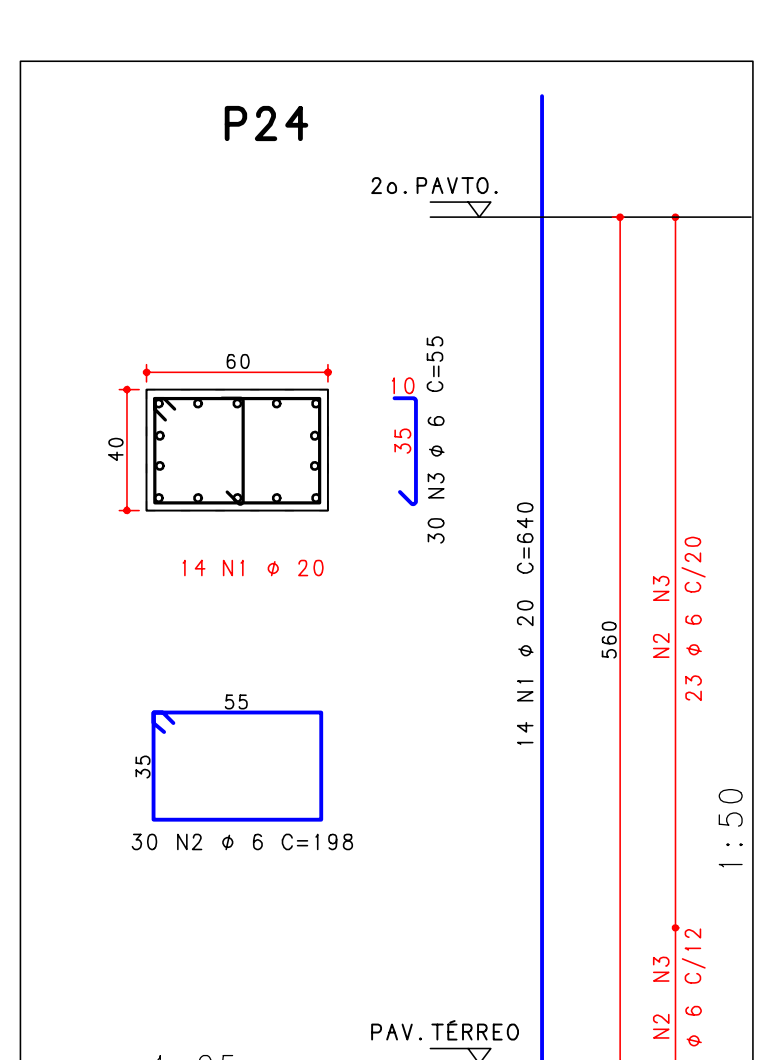
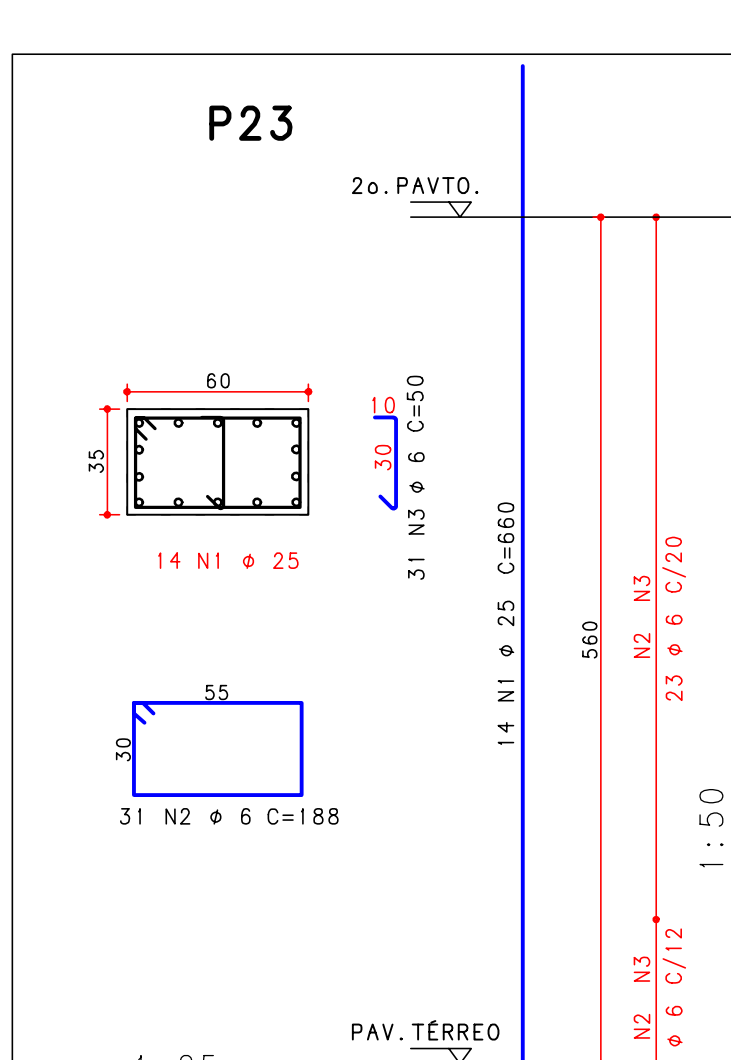
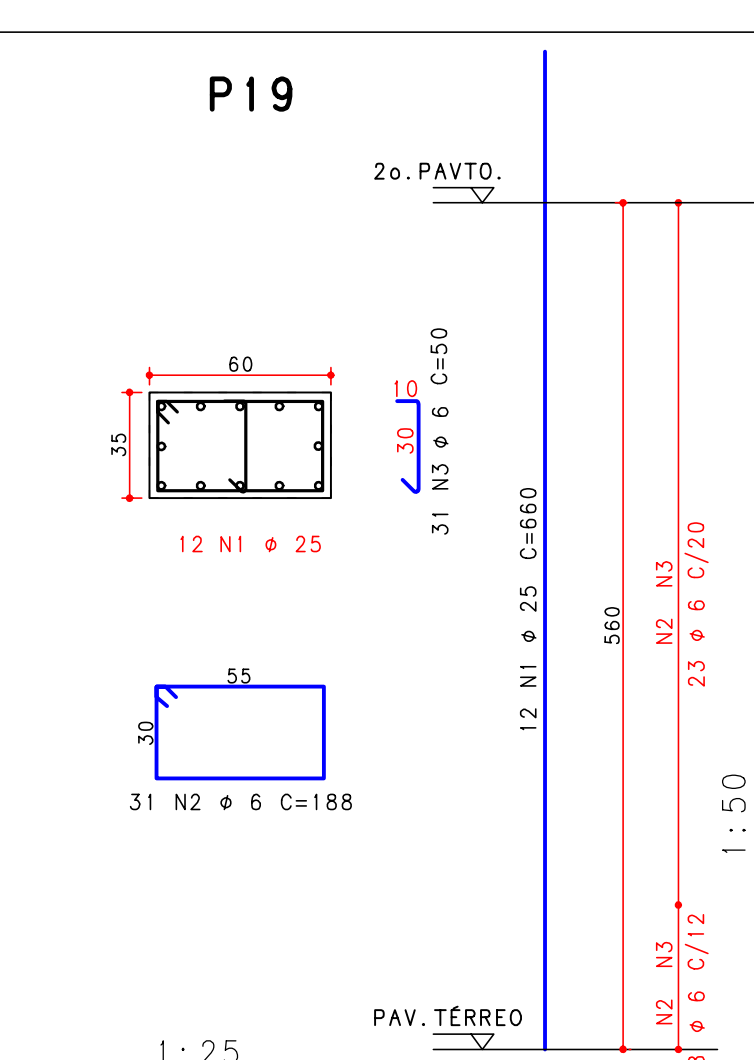
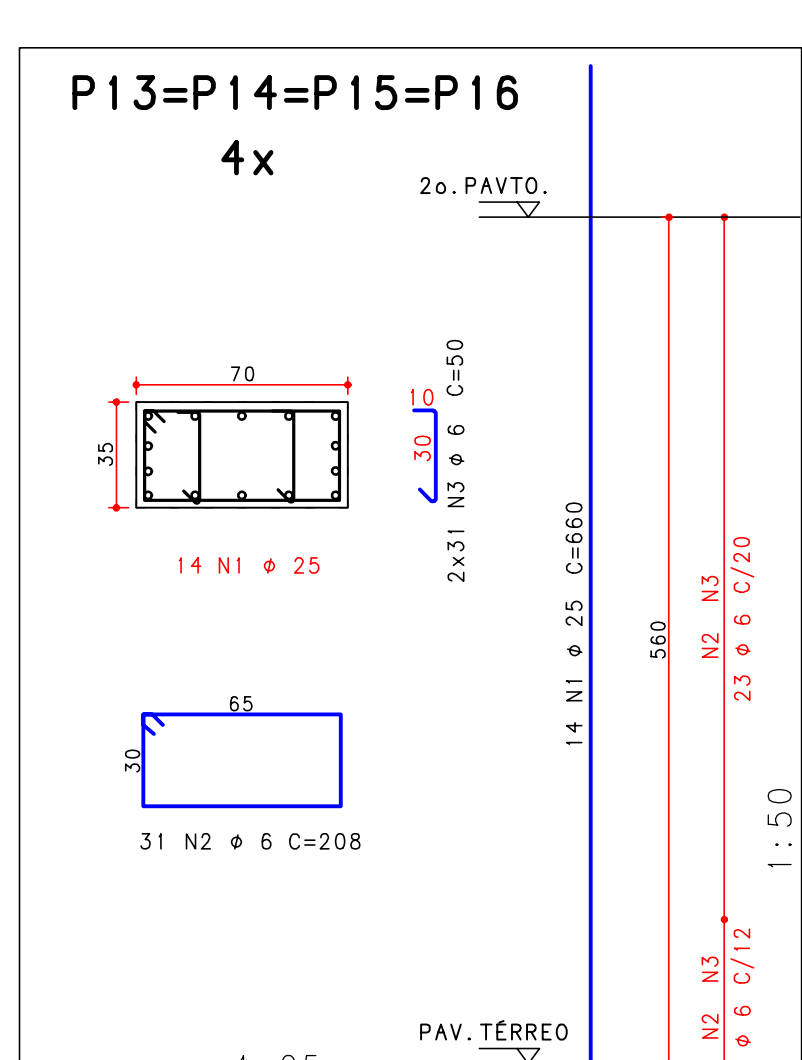
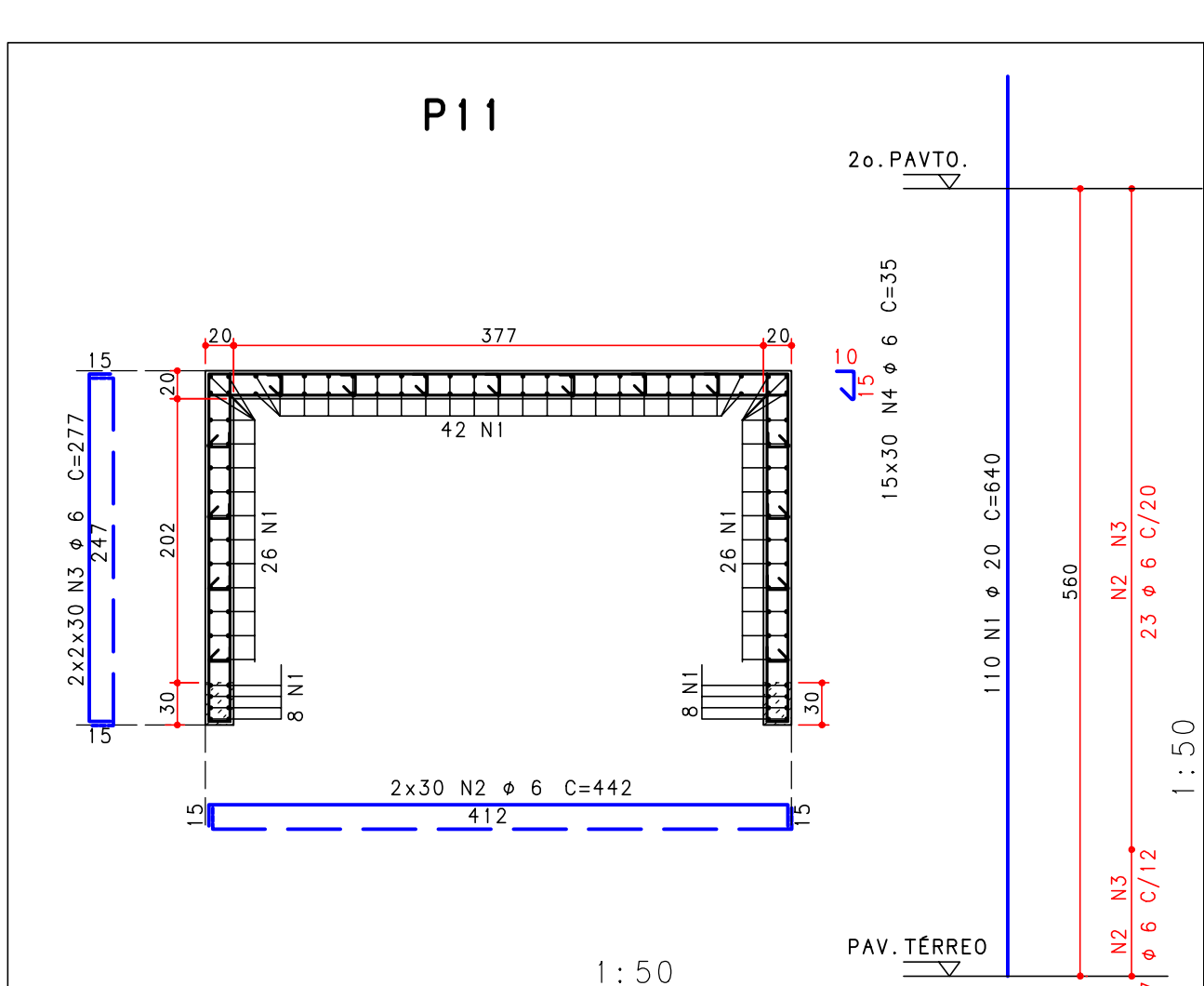
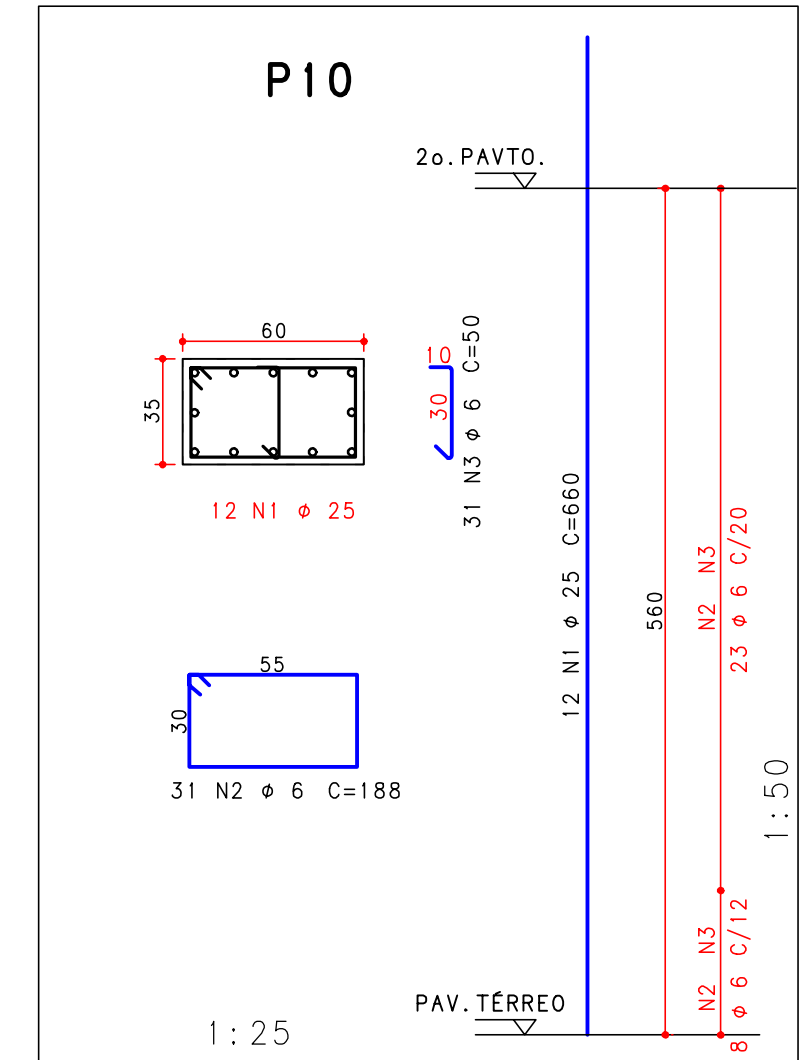
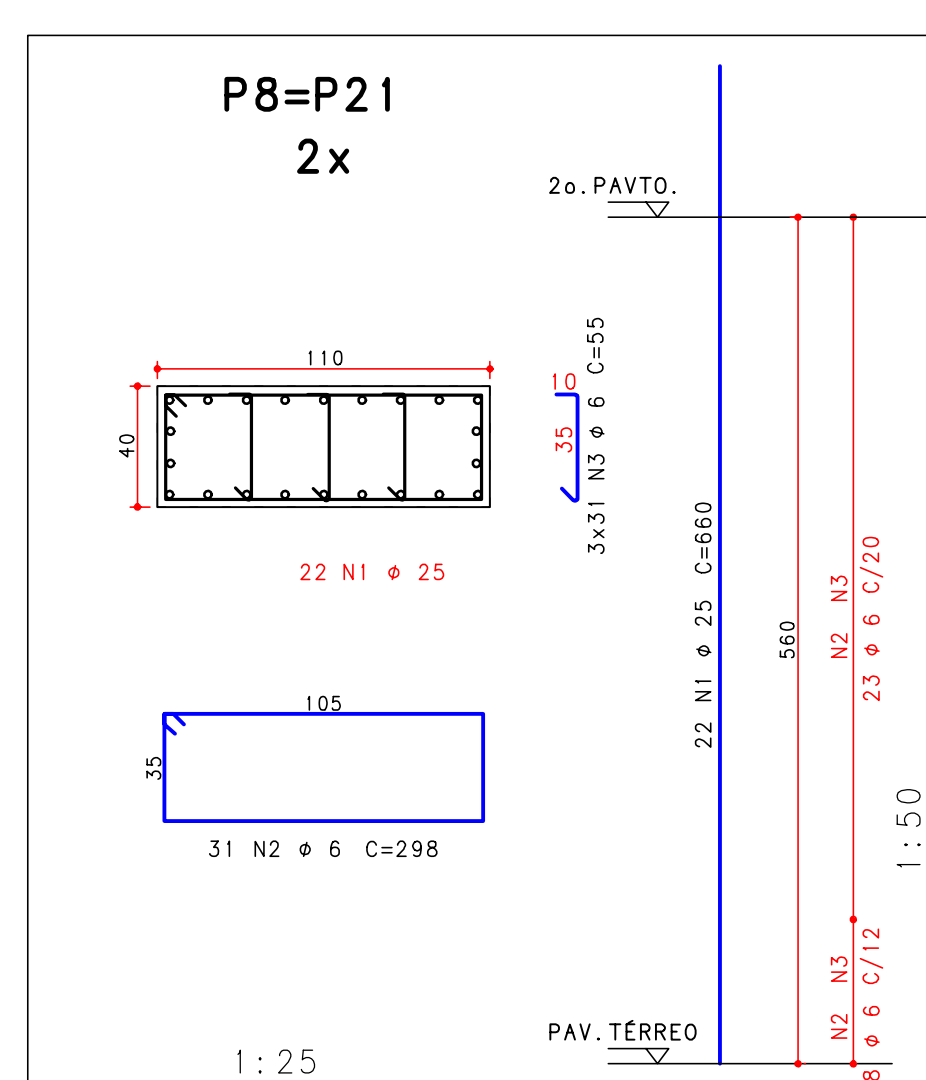
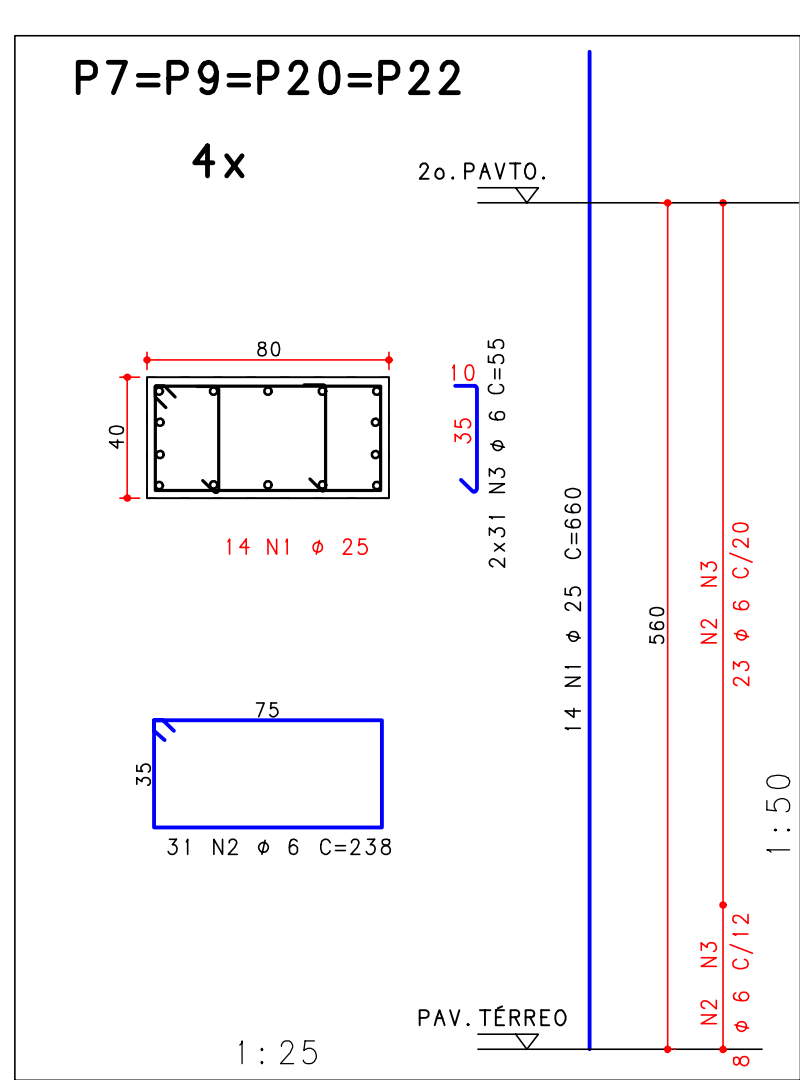
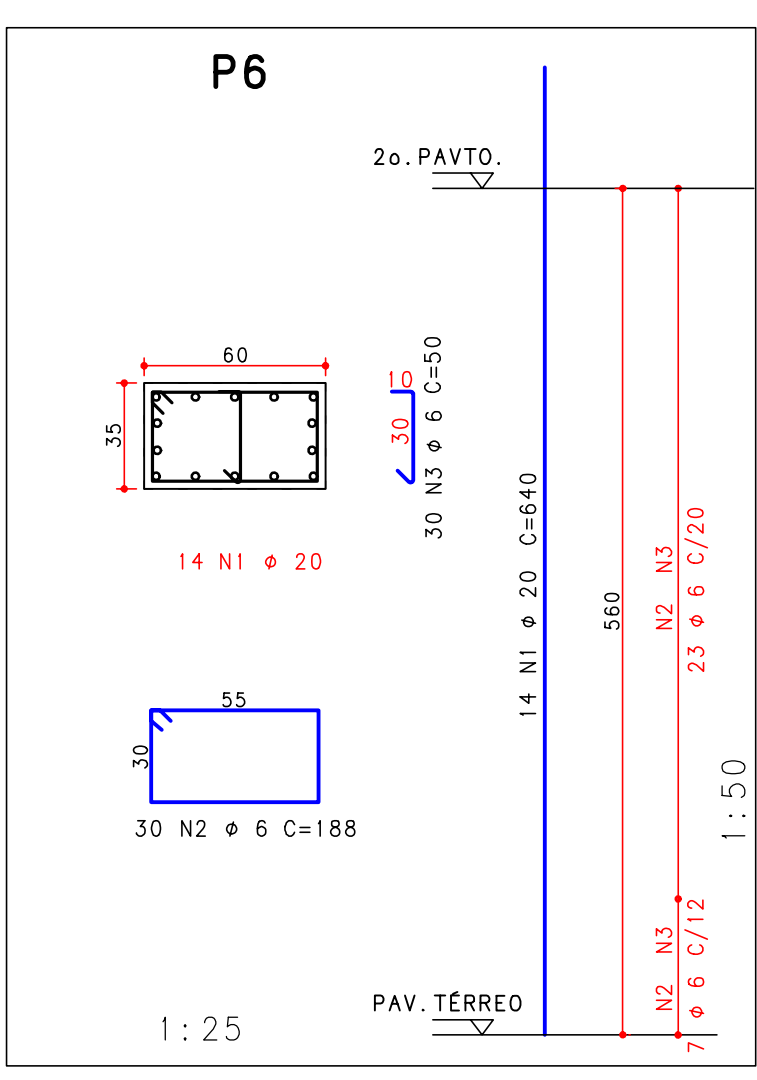
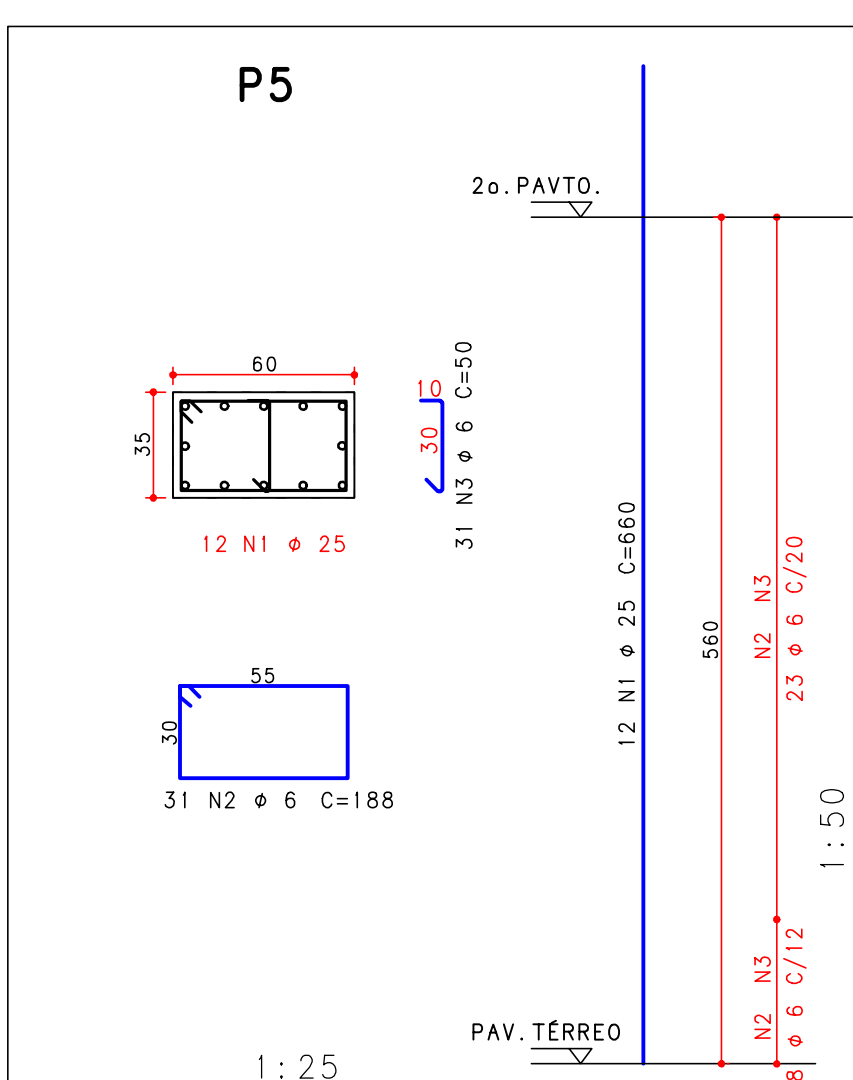
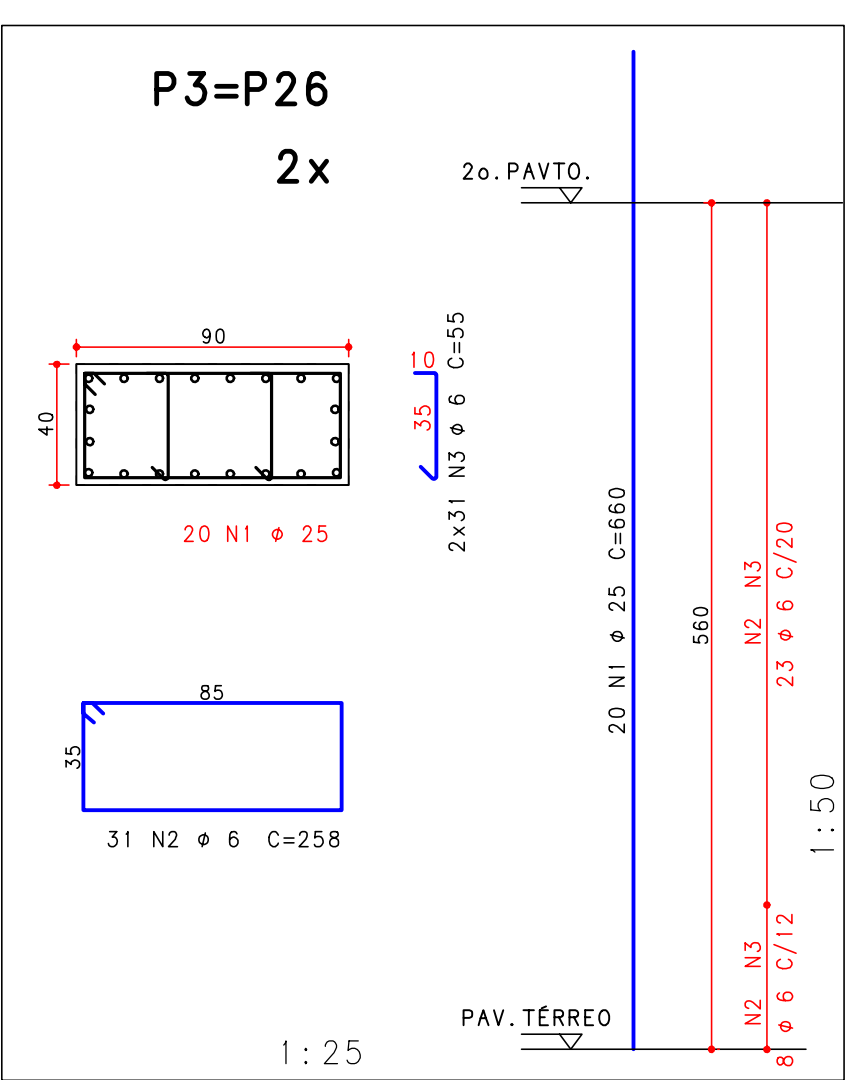
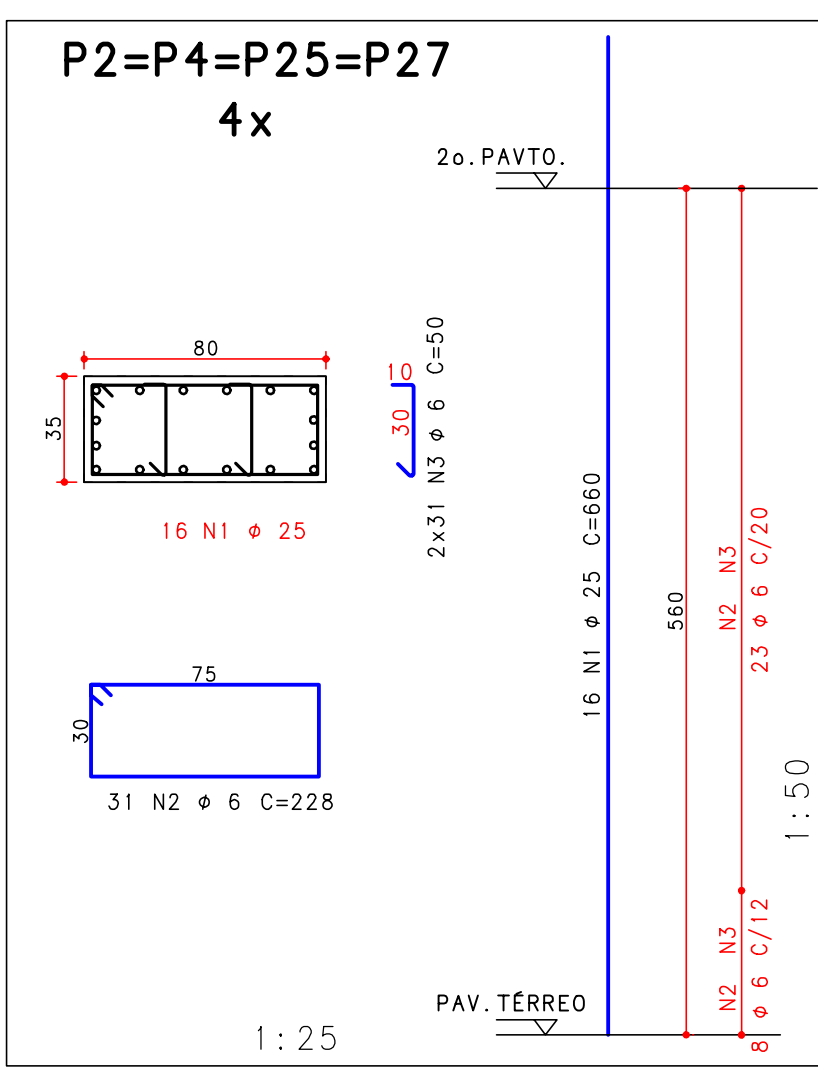
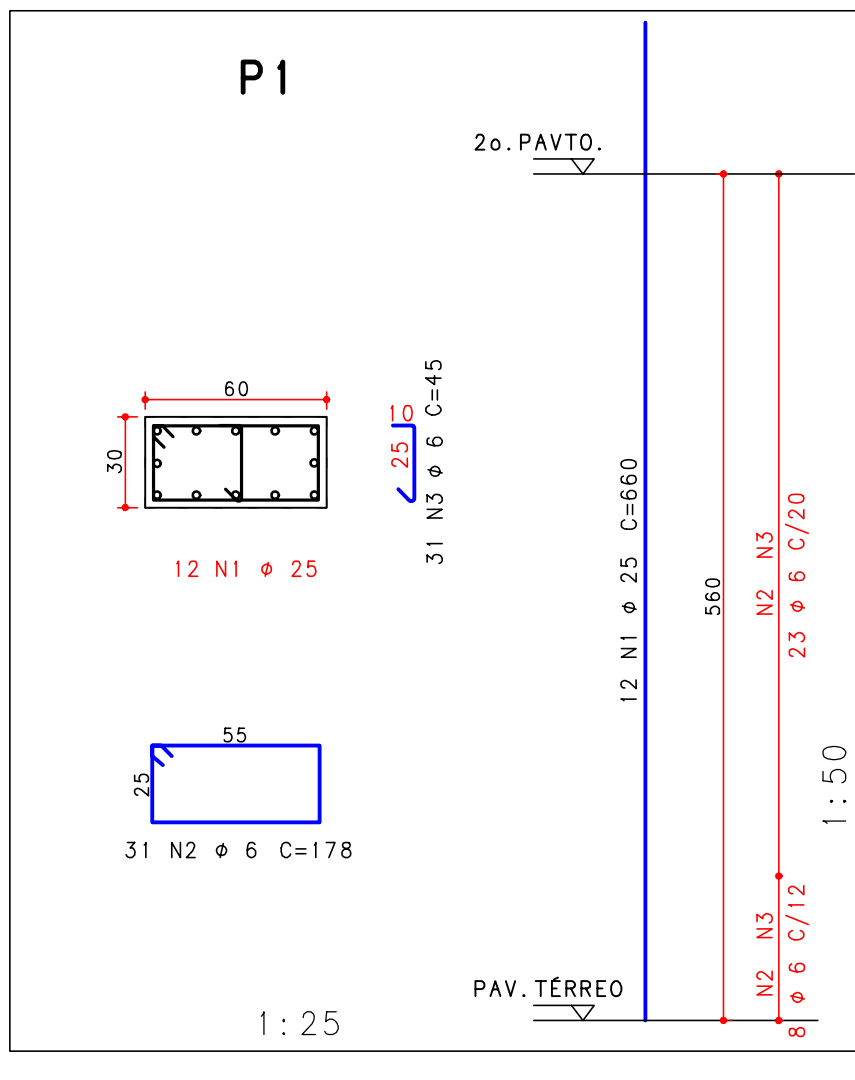
PRAÇA, E.R., BARROS NETO, J.P. estudo comparativo de custos do processo de preparação e execução de armaduras de aço tradicional em relação ao processo de fornecimento industrializado de aço moldado fora do canteiro de obras. In: XXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais..** Fortaleza, Ceará, 2001.

SALIM NETO, J. J. **Diretrizes de projeto para melhoria da Produtividade na Montagem de Componentes pré-cortados e pré-dobrados de Aço para Estruturas de Concreto Armado de Edifícios.** 2009. 242p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, universidade de São Paulo, 2009.

SANTOS, A.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E.; LANTELEM, E. **Método de intervenção para a redução de perdas na construção civil: manual de utilização.** Porto Alegre, SEBRAE/RS, 1996.

PROJETO DE ARQUITETURA - TORRE DE CEZANNE - JMCHEUIRE/PTOM6802/2311ST032-PT

ACO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO (cm)	TOTAL (cm)
50A	1	25	12	660	7920
60B	2	6	31	178	5518
60B	3	6	31	45	1395
50A	1	25	64	660	42240
60B	2	6	124	228	28272
60B	3	6	248	50	12400

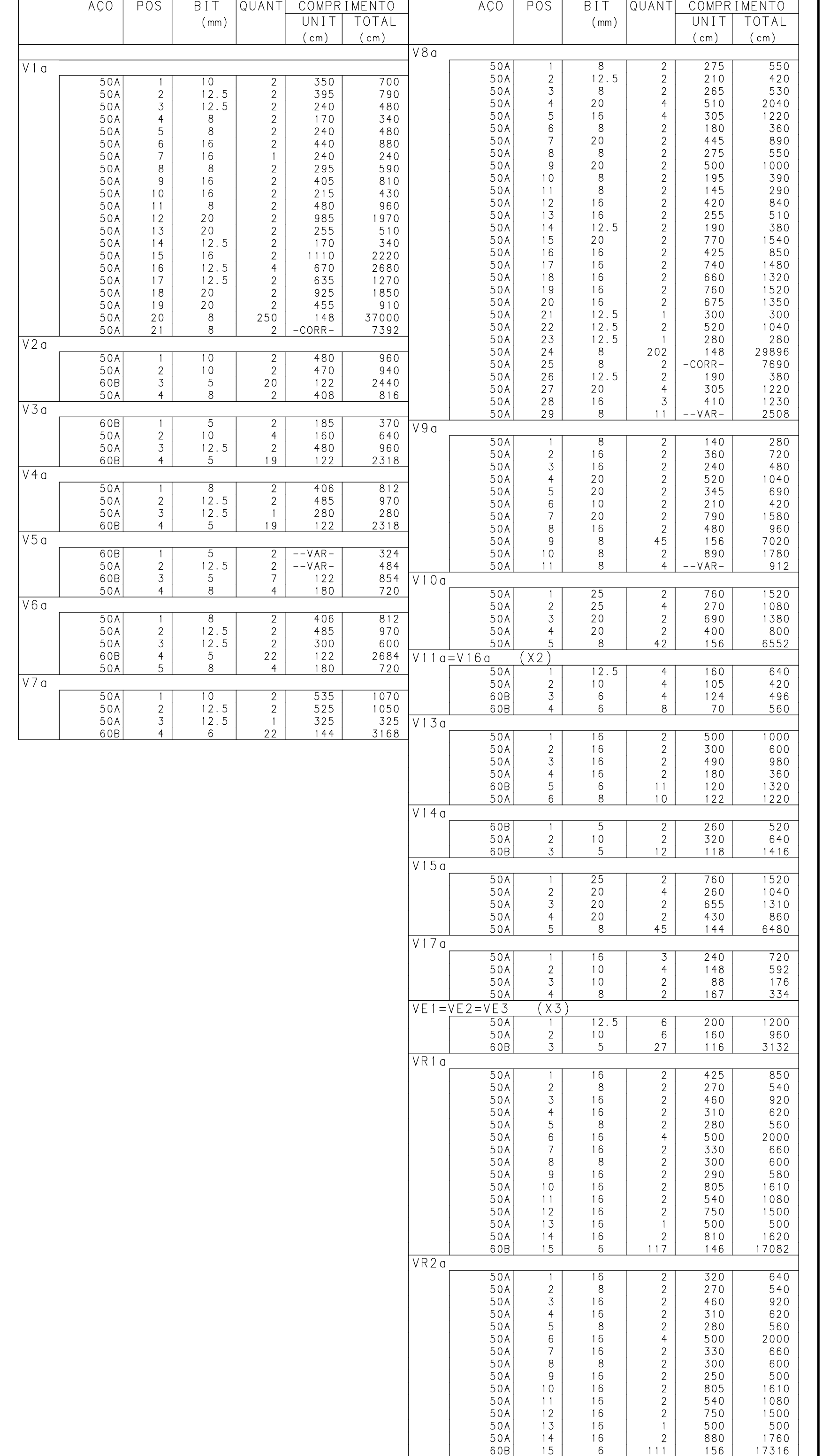


NOTAS:

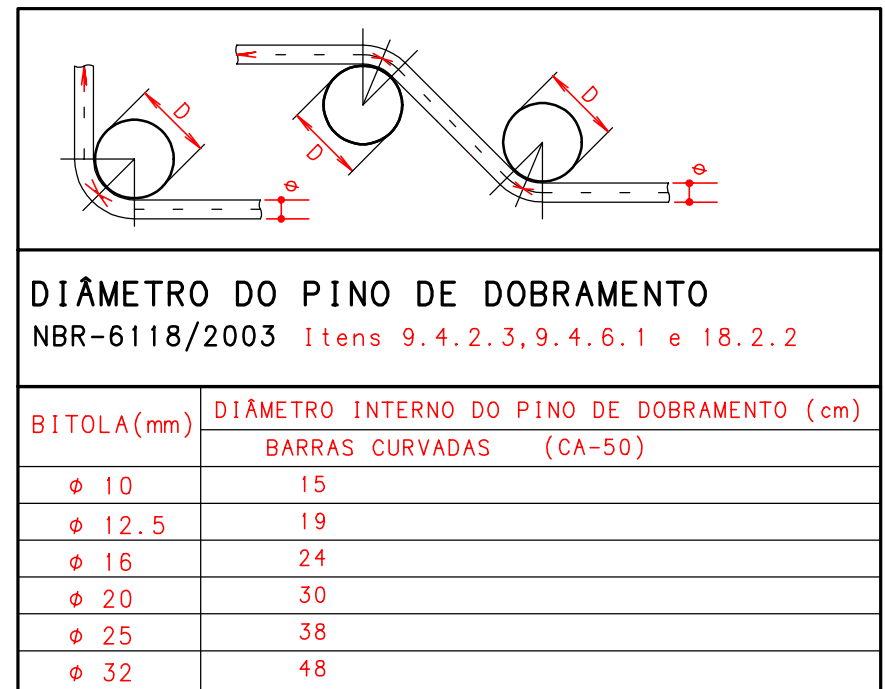
- 1)- AS MEDIDAS CONSTANTES NESTE PROJETO SÃO EM CENTÍMETROS, EXCETO AS INDICADAS.
- 2)- VERIFICAR AS MEDIDAS NO PROJETO E NA OBRA, HAVENDO DIVERGÊNCIA COMUNICAR A TÉCNICALC.
- 3)- EXECUTAR A ESTRUTURA EM CONFORMIDADE COM AS NORMAS DA ABNT E EM CONJUNTO COM OS PROJETOS: ARQUITETÔNICO, HIDRÁULICO, ELÉTRICO, ETC.
- 4)- AS BARRAS E FIOS DE AÇO UTILIZADOS DEVEM ATENDER AS ESPECIFICAÇÕES DAS NORMAS BRASILEIRAS DA ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS), ESPECIALMENTE A NBR-7480.
- 5)- NO RESUMO DE AÇO NÃO ESTÃO COMPUTADAS AS PERDAS.
- 6)- USAR PASTILHAS PARA GARANTIR COBRIMENTO DE 2,5cm NAS ARMADURAS.

ROO	EMIÇÃO INICIAL	22/06/2012
REVISÃO	DISCRIMINAÇÃO	DATA

OBRA:	NÚMERO:
EDIFÍCIO TORRE DE CEZANNE	
RUA: MARQUES DE SOUZA (PONTA GROSSA - PR)	ARQUIVO:
	2311ST032R00
J. M. CHUEIRE	
ARQUITETURA: DÓRIA LOPES FIOZA	
DATA:	1:25 1:50
22/06/2012	
REFERÊNCIA:	(TORRE: B)
ARMADURAS DOS PILARES QUE SUPORTAM O 2o. PAVTO.	
DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS - PROIBIDA A REPRODUÇÃO OU UTILIZAÇÃO SEM AUTORIZAÇÃO	
032R00	



RESUMO AÇO CA 50-60			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60B	5	164	26
60B	6	399	89
50A	8	1214	486
50A	10	75	47
50A	12,5	158	158
50A	16	445	711
50A	20	206	516
50A	25	41	165
Peso Total		608 =	115 kg
Peso Total		50A =	2083 kg



NOTAS:

- 1)- AS MEDIDAS CONSTANTES NESTE PROJETO SÃO EM CENTÍMETROS, EXCETO AS INDICADAS.
- 2)- VERIFICAR AS MEDIDAS NO PROJETO E NA OBRA, HAVENDO DIVERGÊNCIA COMUNICAR A TÉCNICA.
- 3)- EXECUTAR A ESTRUTURA EM CONFORMIDADE COM AS NORMAS DA ABNT E EM CONJUNTO COM OS PROJETOS: ARQUITETÔNICO, HIDRAULICO, ELÉTRICO, ETC.
- 4)- AS BARRAS E FIOS DE AÇO UTILIZADOS DEVEM ATENDER AS ESPECIFICAÇÕES DAS NORMAS BRASILEIRAS DA ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS), ESPECIALMENTE A NBR-7480.
- 5)- NO RESUMO DE AÇO NÃO ESTÃO COMPUTADAS AS PERDAS.
- 6)- USAR PASTILHAS PARA GARANTIR COBERTURA DE 2,5cm NAS ARMADURAS.

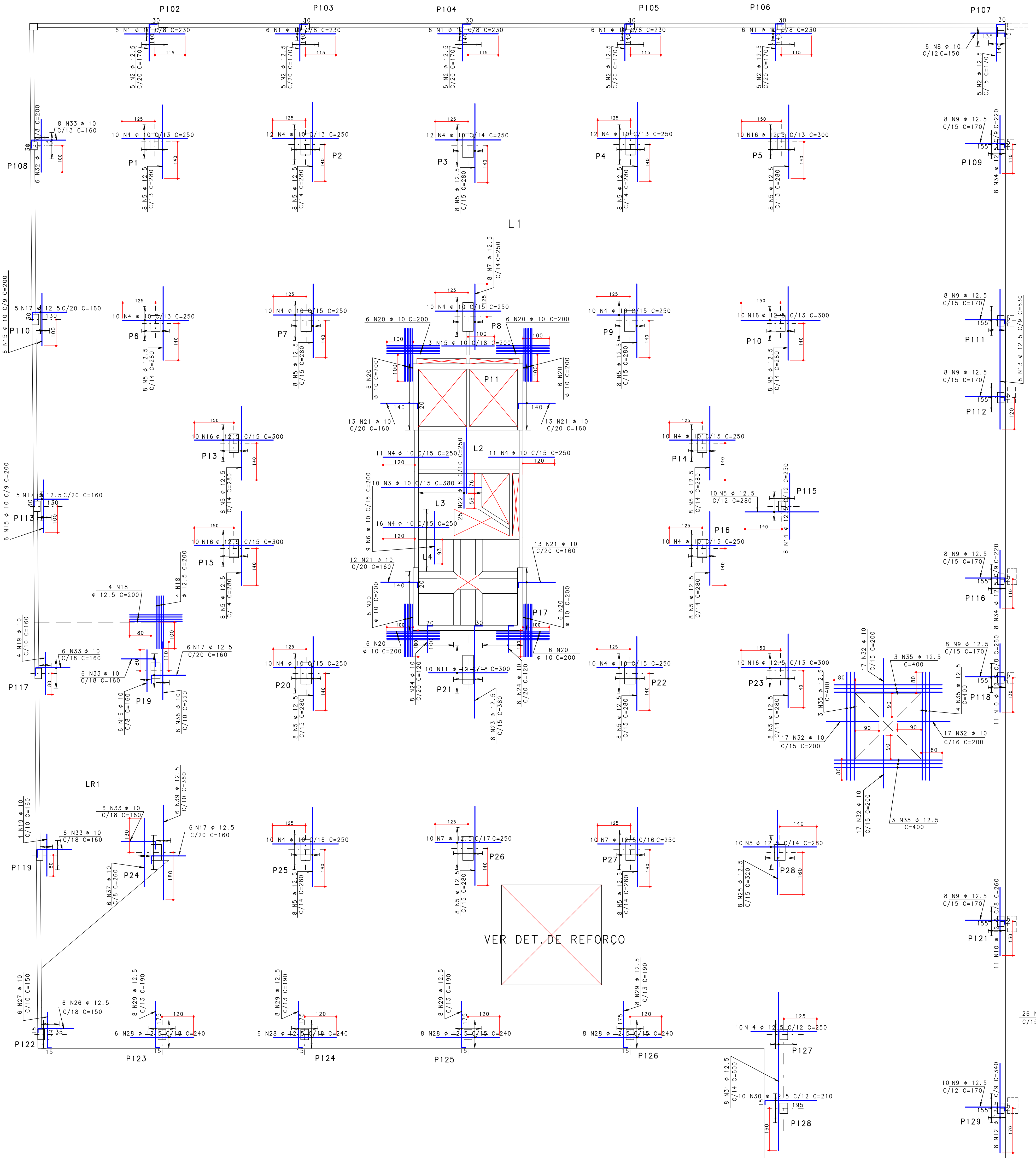
R01	REVISADO A V8-VR.1C	05/09/2012
R00	EMISSÃO INICIAL	24/08/2012
REVISÃO	DISCRIMINAÇÃO	DATA

OBRA:	EDIFÍCIO TORRE DE CEZANNE		NÚMERO:	
	RUA: MARQUES DE SOUZA (PONTA GROSSA - PR)		ARQUIVO:	23115T05R01
J. M. CHUEIRE				
ARQUITETURA: DÓRIA LOPES FIOZA				
DATA:	24/08/2012		1:25	1:50
REFERÊNCIA:	(TORRE: B)			
ARMADURAS DAS VIGAS DO 2o. PAVTO.				
DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS - PROIBIDA A REPRODUÇÃO SEM AUTORIZAÇÃO			FOLHA/REV.: 050/R01	

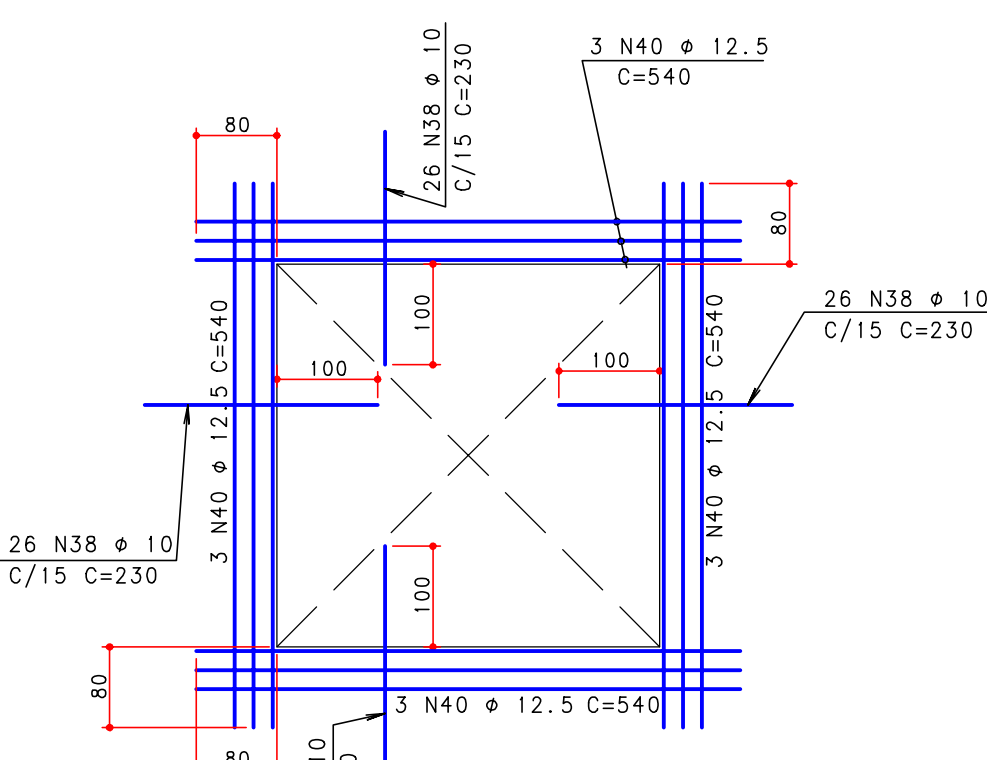
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

ARMADURAS NEGATIVA (superior)

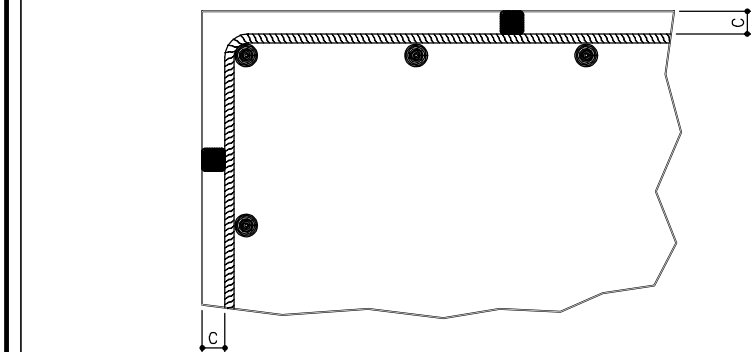
ESQ: 1:75



DET. DE REFORÇO



DETALHE GÊNICO PARA GARANTIR O COBRIMENTO DAS ARMADURAS

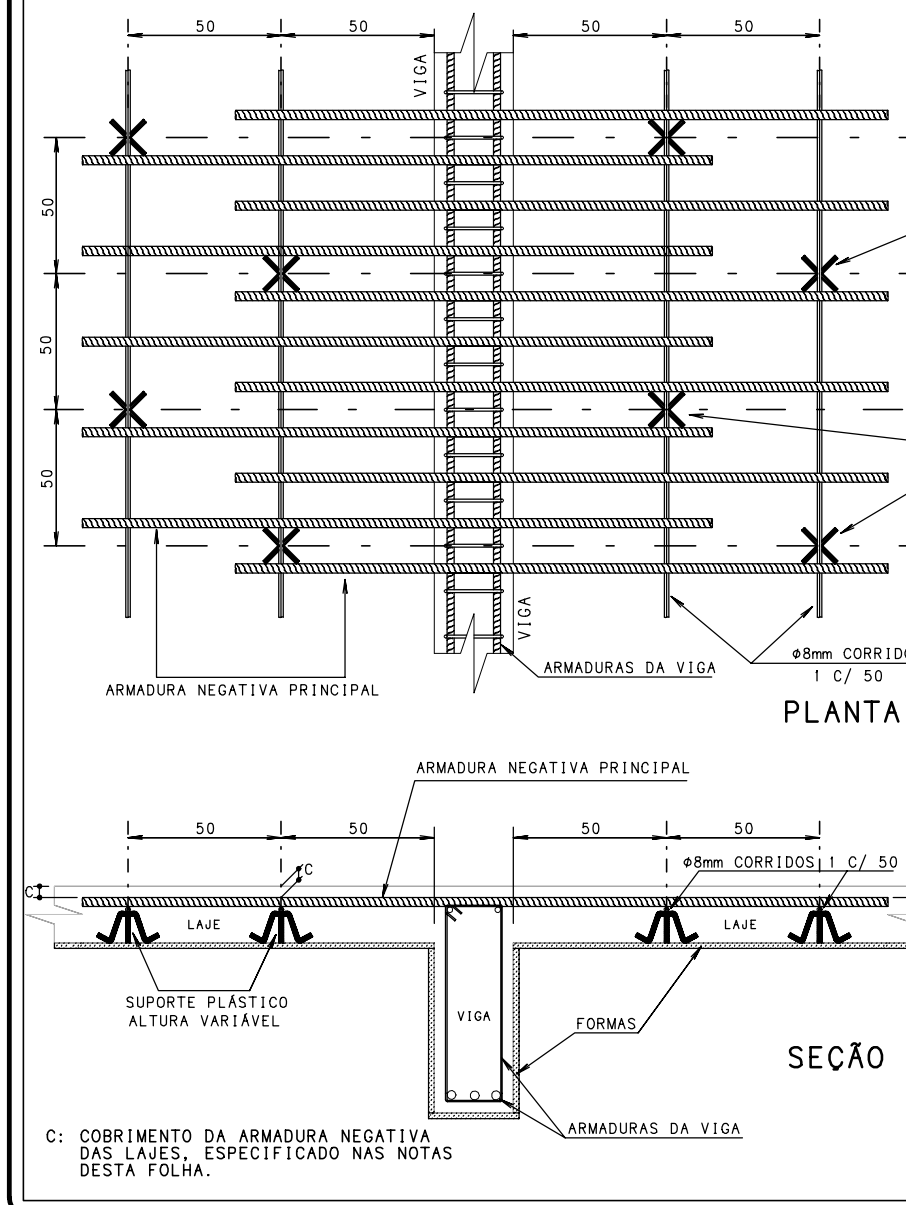


Obs.: UTILIZAR ESPACADORES PARA GARANTIR O COBRIMENTO DAS ARMADURAS "G", CONFORME ESPECIFICADO NAS NOTAS DESTA FOLHA. ESTES ESPACADORES SERÃO PREFERENCIALMENTE DE POLIETILENO. ALTERNATIVAMENTE PODERÃO SER UTILIZADAS PASTILHAS DE ARAMASSA. PORÉM, NESTE CASO, A QUALIDADE DESTA ARAMASSA DEVERÁ SER IGUAL OU SUPERIOR À DO CONCRETO ESPECIFICADO PARA A ESTRUTURA.

NOTAS:

- 1)- AS MEDIDAS CONSTANTES NESTE PROJETO SÃO EM CENTÍMETROS, EXCETO AS INDICADAS. A TECNICAL.
- 2)- VERIFICAR AS MEDIDAS NO PROJETO E NA OBRA, HAVENDO DIVERGÊNCIA COMUNICAR A TECNICAL.
- 3)- EXECUTAR A ESTRUTURA EM CONFORMIDADE COM AS NORMAS DA ABNT E EM CONJUNTO COM OS PROJETOS: ARQUITETÔNICO, HIDRÁULICO, ELÉTRICO, ETC.
- 4)- AS BARRAS E FIOS DE AÇO UTILIZADOS DEVEM ATENDER AS ESPECIFICAÇÕES DAS NORMAS BRASILEIRAS DA ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS), ESPECIALMENTE A NBR-7480.
- 5)- NO RESUMO DE AÇO NÃO ESTÃO COMPUTADAS AS PERDAS.
- 6)- USAR PASTILHAS PARA GARANTIR COBRIMENTO DE 2,0cm NAS ARMADURAS.

DETALHE GÊNICO DO SUPORTE PARA GARANTIR O COBRIMENTO DA ARMADURA NEGATIVA DAS LAJES



OBRA:	EDIFÍCIO TORRE DE CEZANNE	NÚMERO:	
RUA:	MARQUÊS DE SOUZA (PONTA GROSSA - PR)	ARQUIVO:	2311ST052R00
ARQUITETURA:	J. M. CHUEIRE		
DATA:	24/08/2012		
REFERÊNCIA:	(TORRE:B) ARMADURAS NEGATIVA DAS LAJES DO 2o. PAVTO.		
DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS - PROIBIDA A REPRODUÇÃO OU UTILIZAÇÃO SEM AUTORIZAÇÃO			

FOLHA/REV.: 05/2R00