

REDE DE ENSINO DOCTUM
UNIDADE JOÃO MONLEVADE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PRISCILLA KARINE DE SOUZA
RAMON FIGUEIREDO COURA

**ANÁLISE COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE
ESTRUTURA METÁLICA E ESTRUTURA CONVENCIONAL 'ESTUDO DE
CASO: EDIFICAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL**

JOÃO MONLEVADE
2019

**PRISCILLA KARINE DE SOUZA
RAMON FIGUEIREDO COURA**

**ANÁLISE COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE
ESTRUTURA METÁLICA E ESTRUTURA CONVENCIONAL 'ESTUDO DE
CASO: EDIFICAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado para obtenção do grau de
bacharel em Engenheiro Civil no curso de
Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de
João Monlevade.

Orientador: Prof. Paulo Henrique Silva
Magalhães

JOÃO MONLEVADE

2019

**PRISCILLA KARINE DE SOUZA
RAMON FIGUEIREDO COURA**

**ANÁLISE COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE
ESTRUTURA METÁLICA E ESTRUTURA CONVENCIONAL 'ESTUDO DE
CASO: EDIFICAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado para obtenção do grau de
bacharel em Engenheiro Civil no curso de
Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de
João Monlevade.

João Monlevade

2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Paulo Henrique Silva Magalhães - Faculdade Doctum de João Monlevade

Prof. Me. Ladir Antônio da Silva Júnior - Faculdade Doctum de João Monlevade

Prof. Me. Patrick Ferreira dos Santos - - Faculdade Doctum de João Monlevade

Dedicamos a Deus, aos nossos familiares, amigos, professores e orientador.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, o maior Mestre que alguém pode conhecer.

Aos nossos pais pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Aos nossos cônjuges, pelo incentivo e compreensão.

Ao nosso orientador, Paulo Magalhães.

As pessoas que confiaram em nosso potencial e sempre incentivaram para que lutássemos para alcançar nossos objetivos, em especial aos nossos professores e amigos.

“Nenhuma engenharia constrói caráter, mas o caráter se faz os melhores engenheiros”.

Jordan Lucas

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de aço, sendo que boa parte deste aço é destinado à construção civil, sendo empregado na estrutura de concreto armado. Esta pesquisa apresenta um estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria convencional, utilizando colunas e vigas em concreto armado e fechamentos em blocos cerâmicos e a estrutura metálica, utilizando perfis metálicos para colunas e vigas e com o sistema de fechamento em placas cimentícias e de gesso. Este estudo tem a finalidade de comparar o custo benefício dos métodos. De acordo com o comparativo entre as estruturas, foi definido que o método mais vantajoso a ser executado é a estrutura metálica com o sistema de fechamento em placas.

Palavras-chave: Construção Rápida, Estudo Comparativo, Perfis Metálicos, Alvenaria Convencional.

ABSTRACT

Brazil is one of the biggest manufactures of steel, and much of this steel is have being employed conventionally into civil construction. This research shows a comparison between conventional masonry using reinforced concrete columns and beams with block closures by ceramic and the steel structures for columns and beams with the plate closures system in cementitious and plasterboard. The goal here is to clarify the cost of both methods. The estimate of cost these structures, it was defined that the most advantageous method to be performed is the metal structure with the plate closing system.

Keywords: Fast Construction, Comparative Study, Steel Structures Profile, Conventional Masonry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Poste construída em 1779 em Coalbrookdale sobre o rio Severn, Inglaterra	19
Figura 2 - Empire State Building na cidade de Nova York, John Hancock Center e Sears Towers na cidade de Chicago.....	19
Figura 3 - Forma heterogênea do concreto convencional composto de granulados.	23
Figura 4 - Relação entre resistências a 7 dias de idade em relação a água /cimento de concretos feitos com cimento ARI.	26
Figura 5 -Distribuição de aço no Brasil.....	29
Figura 6 - Vendas em milhões de toneladas de cimento nos anos de 2016 e 2017.	30
Figura 7 - Comparação do valor final das estruturas.....	41
Figura 8 - Comparação do valor final do sistema de fechamento	42
Figura 9 - Comparação do tempo da obra em dias	43
Figura 10 - Valor total da obra.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de cimentos e suas respectivas normas.....	23
Tabela 2- Quantitativo e orçamento dos pilares	34
Tabela 3 - Quantitativo e orçamento das vigas	35
Tabela 4 -Quantitativo e orçamento do sistema de fechamento	36
Tabela 5 - Quantitativo e orçamento dos pilares	37
Tabela 6 - Quantitativo e orçamento das vigas	38
Tabela 7 - Quantitativo e orçamento do fechamento externo.....	39
Tabela 8 - Quantitativo e orçamento do fechamento interno.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

PMPF Prefeitura Municipal de Passo Fundo

PMJM Prefeitura Municipal de João Monlevade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivos Específicos	18
1.2	JUSTIFICATIVA	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	ESTRUTURAS METÁLICAS	19
2.1.1	Principais propriedades do aço	20
2.1.2	Vantagens de utilizar estrutura metálica	21
2.1.3	Desvantagens de utilizar a estrutura metálica	22
2.2	ESTRUTURAS DE CONCRETO CONVENCIONAL	22
2.2.1	Propriedades do concreto fresco	23
2.2.1.1	Trabalhabilidade	23
2.2.1.2	Segregação	24
2.2.1.3	Exsudação	24
2.2.2	Propriedades do concreto endurecido	25
2.2.2.1	Concreto de cimento liso	26
2.2.2.2	Concreto de cimento reforçado	27
2.2.2.3	Concreto protendido	27
2.2.3	Vantagens da utilização do concreto	27
2.2.4	Desvantagens da utilização do concreto	28
2.3	PRODUÇÃO DE AÇO NO BRASIL E SUA APLICAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS	28
2.3.1	Aplicação do aço	28
2.4	PRODUÇÃO DE CONCRETO NO BRASIL E SUA APLICAÇÃO	29

2.4.1	Aplicação do concreto	30
2.5	OS FATORES MAIS PRECISOS NA DECISÃO DO USO DE ESTRUTURAS METÁLICAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	30
3	METODOLOGIA	31
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	31
3.2	PLANO DE COLETA E INTERPRETAÇÃO DE DADOS	31
3.2.1	Escolha da região para aplicar o estudo	32
3.2.2	Desenvolvimento de projeto residencial	32
3.2.3	Levantamento e orçamento dos materiais e mão de obra	32
3.2.4	Estudo de viabilidade do projeto	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	ESCOLHA DA REGIÃO PARA APLICAR O ESTUDO	33
4.2	DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PARA UMA CASA POPULAR	33
4.2.1	Quantitativa e financeiro da estrutura em concreto convencional	34
4.2.1.1	Pilar	34
4.2.1.2	Vigas	34
4.2.1.3	Sistema de fechamento	36
4.2.2	Quantitativa e financeiro da estrutura metálica	37
4.2.2.1	Pilares	37
4.2.2.2	Vigas	38
4.2.2.3	Fechamento externo	39
4.2.2.4	Fechamento Interno	40
4.3	COMPARAÇÃO DE VALORES	41
4.3.1	Comparação estrutural	41
4.3.2	Comparação do fechamento	42
4.3.3	Comparação em tempo de obra	43

4.3.4 Comparação do valor final da obra	44
5 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46
7 ANEXOS	49
7.1 ANEXO A – PLANTA BAIXA, CORTES, FAIXADA, COBERTURA E LOCAÇÃO	Erro! Indicador não definido.
7.2 ANEXO B – CÁLCULO ESTRUTURAL	Erro! Indicador não definido.
7.3 ANEXO C – DIMPERFIL	Erro! Indicador não definido.

1 INTRODUÇÃO

O concreto e aço são os materiais de construção mais comuns na edificação civil nos dias de hoje. Entretanto, a escolha correta desses materiais em grandes obras imputa ao meio técnico a preocupação em relação a sua qualidade e custo-benefício. Ambos materiais possuem características predefinidas, como por exemplo, o módulo de elasticidade, resistência à compressão, trabalhabilidade, atendimento aos requisitos de desempenho e segurança estrutural impostos nas normas vigentes.

O concreto convencional é o material predominante na construção civil brasileira devido às suas características. A estrutura de concreto é capaz de suportar tensões de compressão com muita eficácia, ainda que não seja capaz de suportar tensões de tração. Outros fatores importantes são a durabilidade, a compatibilidade, o custo e o fato de ser moldado em qualquer formato. Entretanto, o alto desperdício em estruturas envolvendo o uso de concreto e qualidade dos componentes da mistura na sua preparação, faz com que o mercado repense o uso de novos procedimentos (ALBUQUERQUE; PINHEIRO, 2002). Uma alternativa seria o uso de estruturas metálicas utilizando o aço.

O aço já é bem sucedido nas construções de galpões e foi introduzido nas construções residenciais como forma de reduzir o custo-benefício da obra devido às suas propriedades físicas. Esse material possui uma alta capacidade de suportar carga (RODRIGUES, 2006), fácil fabricação e produção em massa, diminui o tempo de construção e sua sucata possui um valor apreciável, podendo em alguns casos ser aproveitada em outras estruturas (ADDIS,2009). Entretanto, esse material também apresenta as suas desvantagens, como exemplos: corrosão, o alto custo do aço e a mão de obra especializada no trabalho com esse material.

O emprego das estruturas metálicas e de estruturas de concretos tem possibilitado aos arquitetos, engenheiros e construtores, soluções diferenciadas, eficientes e de alta qualidade. Entretanto, uma dúvida comum da área é qual dessas estruturas é a mais vantajosa do ponto de vista do custo-benefício.

A Constituição Federal garante moradia ao cidadão, em seu artigo 6º: Art.6º São direitos sociais a educação, a saúde, o trabalho, a **moradia**, o lazer, a segurança, a previdência social,

a proteção à maternidade e à infância, assistências aos desamparados, na forma desta constituição. (BRASIL, 1988, Art. 6).

Desta maneira, visando a atender as necessidades da sociedade carente a construção de residências populares é de extrema importância. Pode-se fazer um comparativo das estruturas, e ver quais delas tem o melhor custo benefício e atendem às necessidades da população.

O objetivo da monografia é responder qual dessas estruturas é a mais vantajosa na construção de residências sociais. Por exemplo, sabe-se que as construções comerciais no Brasil são feitas em sua maior parte de concreto armado. Fato que chega a ser contraditório quando analisa o potencial de fabricação de aço no país (PINHO, 2015; FALEIROS, JUNIOR e SANTANA, 2010). Entretanto, países como Estados Unidos e Inglaterra, apresentam uma diferente configuração. Nos Estados Unidos 50% das construções comerciais são de estruturas metálicas utilizando o aço. Já a Inglaterra, onde as construções metálicas também dominam as construções comerciais, esse número sobe para cerca de 70% (ALBUQUERQUE; PINHEIRO, 2002). Naturalmente, nos perguntamos qual a causa dessa discrepância no uso de construções metálicas. A resposta é devido simplesmente a um problema financeiro onde as construções metálicas apresentam maior custo? Alguns autores, como por exemplo Fernando Ottoboni, acreditam que essa não é a melhor resposta, uma vez que as reduções do tempo e da mão de obra equilibram a diferença (PINHO, 2015). Portanto, o custo financeiro não justifica a predominância do concreto armado. Logo, mais algum fator deve ser levado em conta. Sabe-se que estruturas metálicas requerem uma mão de obra mais especializada. Isso seria um diferencial na escolha pelo concreto? Esse é um fator pouco discutido na literatura.

1.1 OBJETIVOS

Busca-se fazer uma comparação das estruturas metálicas e de concreto armado, além, do sistema de fechamento e dizer qual dessas é a mais vantajosa na construção civil utilizando fatores como custo financeiro, tempo e mão de obra.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Apresentar as propriedades das estruturas metálicas e estruturas de concreto convencional;
- Fazer uma pesquisa com relação a produção de aço no Brasil e sua aplicação na construção civil;
- Fazer uma pesquisa com relação a produção do concreto armado no Brasil e sua aplicação;
- Obter fatores para a decisão do uso de estruturas metálicas e estruturas de concreto armado.

1.2 JUSTIFICATIVA

O fator financeiro não é conclusivo na escolha do tipo de estrutura. A resistência que ainda prossegue para a substituição do concreto pelo aço em algumas construções não se justifica apenas pelo preço. A dominância do concreto armado no Brasil parece ser um fator cultural, o que é contraditório devido ao alto potencial de fabricação de aço no país.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ESTRUTURAS METÁLICAS

A estrutura metálica é utilizada desde o século XII, em forma de tirantes e pendurais de ferro fundido. Sendo muito utilizada em construções de pontes e galpões e hoje tem-se como opção usá-la também em construções comerciais e residenciais. Exemplos destes tipos de construções são mostrados nas Figura 1 e Figura 2.

Figura 1: Ponte construída em 1779 em Coalbrookdale sobre o rio Severn, Inglaterra



Fonte: Histórico, (CEAM, UFMG)

Figura 2 - Empire State Building na cidade de Nova York, John Hancock Center e Sears Towers na cidade de Chicago.



Fonte: Histórico, (CEAM, UFMG)

2.1.1 Principais propriedades do aço

Os materiais metálicos são considerados substâncias inorgânicas, possui uma estrutura cristalina e seus átomos estão arranjados de maneira ordenada. São considerados bons condutores térmicos e elétricos. Em sua grande maioria são mecanicamente resistentes, dúcteis e muitos mantêm sua resistência mesmo em altas temperaturas podem ser submetidos a diversos estados de sollicitação, tração, compressão, flexão etc. É composto por um ou mais elementos metálicos como aço, cobre, alumínio, níquel e titânio. O carbono, nitrogênio e oxigênio, podem também ser encontrados em materiais metálicos compondo assim os elementos não-metálicos.

De acordo com Ferraz (2003), as principais propriedades do aço são:

elasticidade: Propriedade do metal de retornar à forma original, uma vez removida a força externa atuante; [...]

plasticidade: Propriedade do material não voltar à sua forma inicial após a remoção da carga externa, obtendo-se deformações permanentes. A deformação plástica altera a estrutura de um metal, aumentando sua dureza;

ductilidade: É a capacidade do material de se deformar sob a ação de cargas antes de se romper, daí sua grande importância, já que estas deformações constituem um aviso prévio à ruptura final do material, o que é de extrema importância para prevenir acidentes em uma construção, por exemplo;

fragilidade: É a característica dos materiais que rompem bruscamente, sem aviso prévio (um dos principais fatores responsáveis por diversos tipos de acidentes ocorridos em pontes e navios);

resiliência: É a capacidade de absorver energia mecânica em regime elástico, ou seja, a capacidade de restituir a energia mecânica absorvida. Já a tenacidade é a energia total, plástica ou elástica, que o material pode absorver até a ruptura. Assim, um material dúctil com a mesma resistência de um material frágil irá requerer maior energia para ser rompido, portanto é mais tenaz;

fluência: Acontece em função de ajustes plásticos que podem ocorrer em pontos de tensão, ao longo dos contornos dos grãos do material. Estes pontos de tensão aparecem logo após o metal ser sollicitado por uma carga constante, e sofrer a deformação elástica. Após esta fluência ocorre a

deformação continua levando a uma redução da área do perfil transversal da peça (denominada estrição). Tem relação com a temperatura a qual o material está submetido: quanto mais alta, maior ela será, porque facilita o início e fim da deformação plástica. Nos aços, é significativa para temperaturas superiores a 350° C, ou seja, em caso de incêndios;

fadiga: É a ruptura de um material sob esforços repetidos ou cíclicos. A ruptura por fadiga é sempre uma ruptura frágil, mesmo para materiais dúcteis;

dureza: É a resistência ao risco ou abrasão: a resistência que a superfície do material oferece à penetração de uma peça de maior dureza. Sua análise é de fundamental importância nas operações de estampagem de chapas de aço;

2.1.2 Vantagens de utilizar estrutura metálica

Ao se utilizar a estrutura metálica dispomos de vantagens e desvantagens quando comparadas à estrutura de concreto convencional, relacionadas a seguir:

- menor tempo de execução: sua montagem é rápida pois as peças são encomendadas sob medida, diminui as formas de escoramento reduzindo as frentes de trabalho;
- maior limpeza de obra: tem possibilidade de reaproveitamento da sobra de obras e do material em estoque, o que permite diminuir as perdas, além da ausência de entulhos como escoramento e formas;
- facilidade no manuseio e transporte: as peças podem ser sob encomendas, assim pode definir em tamanhos menores que facilitam de ser transportado e manuseado;
- flexibilidade de uso: é possível fazer adaptações, ampliações como também passagens de condutores elétricos, de água, ar condicionado, internet, telefonia etc.

2.1.3 Desvantagens de utilizar a estrutura metálica

- corrosão: deve-se fazer um tratamento superficial das peças para combater à oxidação devido o contato com o ar;
- fogo: a estrutura metálica é abalada em casos de incêndio, quando exposto a alta temperatura a sua resistência reduz.

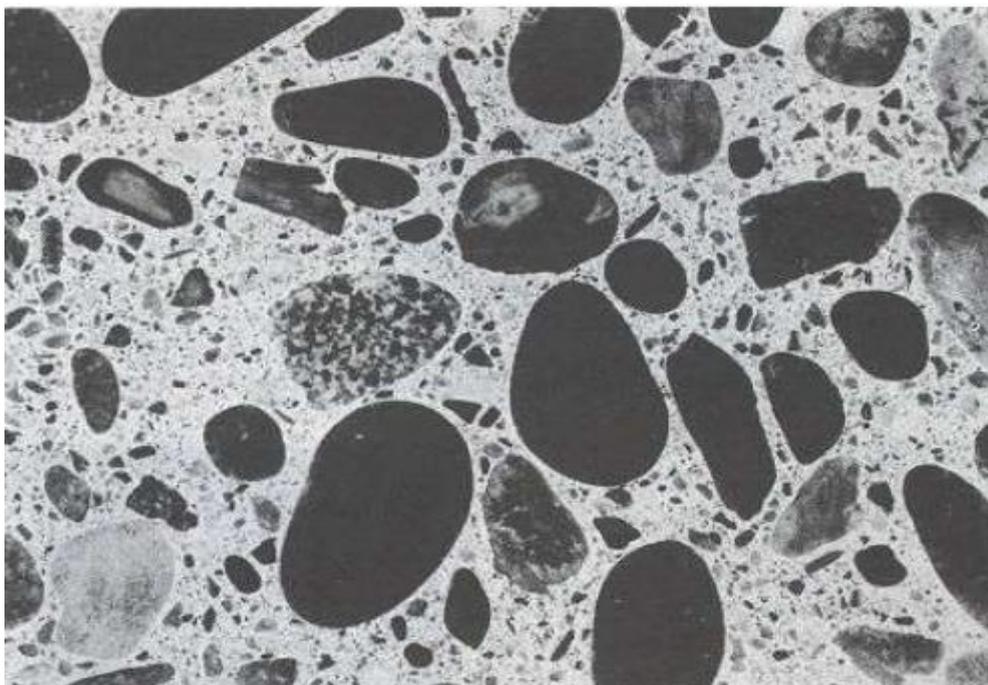
2.2 ESTRUTURAS DE CONCRETO CONVENCIONAL

O concreto denominado convencional é o material mais utilizado na construção civil. Ele é composto de cimento, agregados graúdo e miúdo, de maneira a ser hidratado pela água, e eventualmente, aditivos que quando recém misturados em proporções adequadas, resulta em um material plástico que permite o manuseio e resistência necessária para a obtenção das formas pré-definidas em uma obra civil. Um exemplo deste tipo de concreto é mostrado na Figura 3.

O aglomerante mais adequado é definido nas especificações de cada projeto, tendo em vista o tipo de estrutura, a sua função, e as condições de exposição. Os aglomerantes mais nobres são os de cimentos tipo Portland que se enquadram nas seguintes normas ABNT, cada composição apresenta características e suas especificidades vão de acordo com a obra como mostrado na Tabela 1.

A obtenção de um concreto durável, resistente, econômico e bem trabalhado, depende em sua maior parte dos materiais utilizados na mistura, dosagem do concreto, qualidade e quantidade de água que estabelece a reação química da pasta aglomerante. Entretanto, fatores como execução, preparação, transporte e endurecimento também possuem importante papel para a garantia das características desejadas (PETRUCCI, 1968).

Figura 3 - Forma heterogênea do concreto convencional composto de granulados.



Fonte: Seção polida de um corpo-de-prova de concreto (MEHTA e MONTEIRO, 1994:19)

Tabela 1 - Tipos de cimentos e suas respectivas normas.

CIMENTO	NORMA TÉCNICA
Portland Comum	NBR-05732
Portland de Alta Resistência Inicial	NBR-05733
Portland de Alto Forno	NBR-05735
Portland Pozoânico	NBR-05736
Portland Resistente a Sulfatos	NBR-05737

Fonte: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

2.2.1 Propriedades do concreto fresco

2.2.1.1 Trabalhabilidade

Na literatura, existem diversas definições sobre o conceito de trabalhabilidade. Segundo Neville (1997), o concreto é trabalhável à medida que pode ser adensado com facilidade, e seja de fácil lançamento com ausência de segregação, sendo propriedades fundamentais do concreto.

Entretanto, Petrucci caracteriza a trabalhabilidade como medida pela energia necessária a ocasionar em uma massa de concreto, uma deformação pré-estabelecida. O mesmo autor também coloca o abatimento causado pela própria

massa do concreto como uma propriedade de trabalhabilidade. O autor esses fatores como índices de trabalhabilidade.

Por último, Bauer (1994) acredita que a trabalhabilidade de um concreto não é somente definida do próprio concreto, como por exemplo, consistência. Para esse autor, os entendimentos relativos à classe da obra e o procedimento de execução são também importantes para o conceito de trabalhabilidade.

Adota-se a no trabalho o conceito de trabalhabilidade mais próximo ao descrito por Neville. Define-se trabalhabilidade “*como a máxima densidade praticável alcançada por esse concreto, ou seja, melhor adesão*”. O fato de utilizar máquinas de vibração no adensamento do concreto, isso já leva em conta o descrito por Petrucci em sua definição, onde essas máquinas fornecem a energia necessária para as deformações relatadas. De certa forma, também já incorpora o descrito por Bauer aqui, pois a execução do processo de adensamento é de suma importância.

2.2.1.2 Segregação

O conceito de segregação utiliza o mesmo adotado por Neville (1997). Define-se segregação como a separação dos materiais envolvidos na mistura heterogênea do concreto, de modo que a distribuição deixe de ser uniforme. As diferenças de tamanho das partículas, como também diferentes valores de massas específicas são as causas primárias da segregação.

Deve-se considerar duas formas de segregação. Na primeira forma se deve quando fragmentos maiores dos agregados se sedimentam mais rápidos que partículas menores. A segunda forma de segregação se deve ao excesso de água, onde a pasta se desagrega.

2.2.1.3 Exsudação

A exsudação do concreto se deve a segregação da pasta de cimento, onde ocorre a separação da água. Parte da água da mistura vai para a superfície e faz com que os grãos mais pesados de areia sejam forçados pela força gravitacional da terra, levando a uma sedimentação e afloramento do excesso de água, expulso das porções

inferiores. Esse fenômeno ocorre no início da pega e pode prejudicar a uniformidade, resistência e durabilidade do concreto (BAUER, 1994).

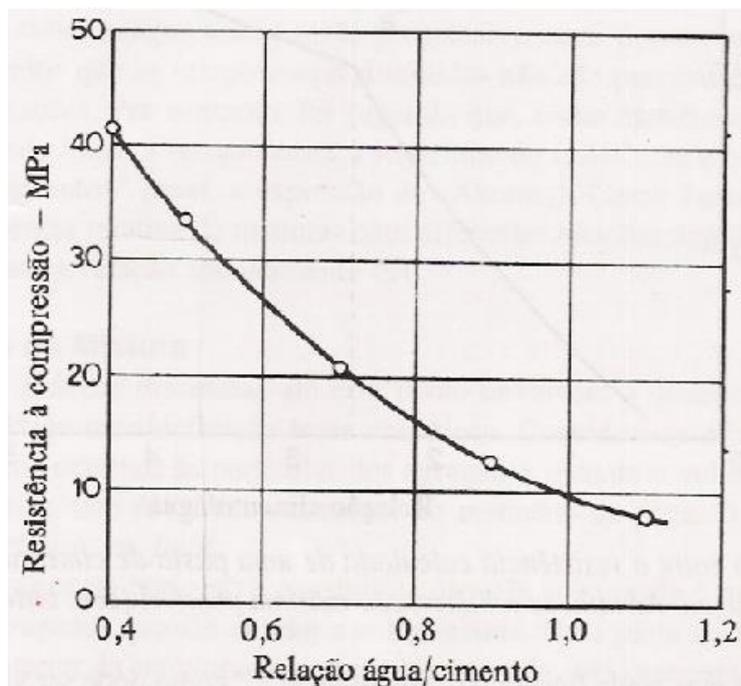
2.2.2 Propriedades do concreto endurecido

O concreto é considerado um sólido a partir da pega da pasta. O concreto é um material de constante evolução e susceptíveis alterações físicas mecânicas, químicas e térmicas impostas pelo meio ambiente, ocorrendo de maneira lenta. A durabilidade de um concreto é ligada diretamente à proteção da estrutura. Assim o concreto endurecido se torna impermeável, sendo esta uma propriedade essencial no estudo de concretos hidráulicos. Nas edificações civis esta propriedade também é de extrema importância nas características estruturais do concreto (BAUER, 1994).

O concreto é um material que responde bem às tensões de compressão. Essa propriedade pode ser explicada pela eficiência de operações de ensaio e controle dos materiais incorporados ao concreto. Entretanto, este não possui a mesma característica as tensões de tração e as tensões de cisalhamento (HELENE, TERZIAN, 2001).

Segundo Neville (1997), a resistência do concreto com o passar dos anos depende apenas do fator água/cimento e grau de adensamento. O autor mostra que a resistência do concreto é inversamente proporcional a relação água/cimento como mostrado na Figura 4. A resistência para qualquer grau de hidratação do cimento depende de vários fatores como a hidratação do cimento, propriedades físicas e químicas, temperatura, teor de impurezas, relação água/cimento efetiva e fissuração devida à exsudação.

Figura 4 - Relação entre resistências a 7 dias de idade em relação a água /cimento de concretos feitos com cimento ARI.



Fonte: Propriedades do Concreto de Adam M. Neville, 1997 (Neville, 1997).

A estrutura de concreto pode ser feita de muitas maneiras diferentes. Citaremos aqui três tipos de concreto em estruturas: concreto de cimento liso, concreto de cimento reforçado e concreto de pré-esforço.

2.2.2.1 Concreto de cimento liso

O concreto de cimento liso é uma massa endurecida obtida de uma mistura de cimento, areia, cascalho e água em proporção definida. A estrutura de concreto feita usando o concreto de cimento liso tem boa resistência à compressão, mas muito pouca resistência à tração, limitando assim seu uso na construção. O concreto liso é usado onde boa resistência à compressão e peso são o principal requisito e as tensões de tração são muito baixas. Suas principais aplicações são em estradas e blocos de paredes.

2.2.2.2 Concreto de cimento reforçado

Concreto de cimento liso tem resistência à tração muito baixa. Para melhorar a resistência à tração do concreto, é necessário algum tipo de requisito que possa absorver as tensões de tração desenvolvidas na estrutura. O tipo mais comum de reforço é na forma de barras de aço que são bastante fortes em tensão. O concreto armado tem inúmeras utilidades na construção. Exemplos desse tipo de concreto são construções civis e comerciais.

2.2.2.3 Concreto protendido

No concreto de cimento reforçado comum, as tensões de compressão são absorvidas por tensões de concreto e tração apenas pelo aço. O concreto abaixo do eixo neutro é ignorado, pois é fraco em tensão. Embora o aço absorva as tensões de tração, o concreto na zona de tração desenvolve pequenas fissuras. A capacidade de carga de tais seções de concreto pode ser aumentada se o aço e o concreto estiverem estressados antes da aplicação de cargas externas. Exemplos da utilização desse concreto são em estruturas onde a tensão se desenvolve ou a estrutura é submetida a vibrações, impactos e choques, como vigas mestras, pontes, dormentes e postes elétricos.

2.2.3 Vantagens da utilização do concreto

As principais vantagens na utilização do concreto são:

- 1) ingredientes utilizados em concreto, como cimento, agregados e água estão prontamente disponíveis e são baratos;
- 2) o concreto assume a forma de seu molde e pode ser moldado em qualquer formato;
- 3) o concreto, quando usado junto com o reforço, é capaz de suportar forças de flexão e tensão;
- 4) a resistência à compressão do concreto é muito alta, por isso, é confiável para ser usado em estruturas e componentes sob cargas compressivas;

- 5) a ruptura em aplicações de concreto protendido permite redução de tamanho e redução do peso próprio;
- 6) devido à natureza maciça, alto peso unitário e impermeabilidade, o concreto pode ser usado para estruturas de retenção de água como Barragens.

2.2.4 Desvantagens da utilização do concreto

As principais desvantagens ligadas ao concreto são:

- 1) devido ao encolhimento da secagem e à expansão da umidade, o concreto pode rachar. Portanto, juntas de construção são fornecidas para evitar esses tipos de rachaduras;
- 2) o concreto é fraco em tensão;
- 3) a própria carga do concreto nem sempre é favorável para estruturas sísmicas;
- 4) cargas sustentadas desenvolvem fluência em estruturas.

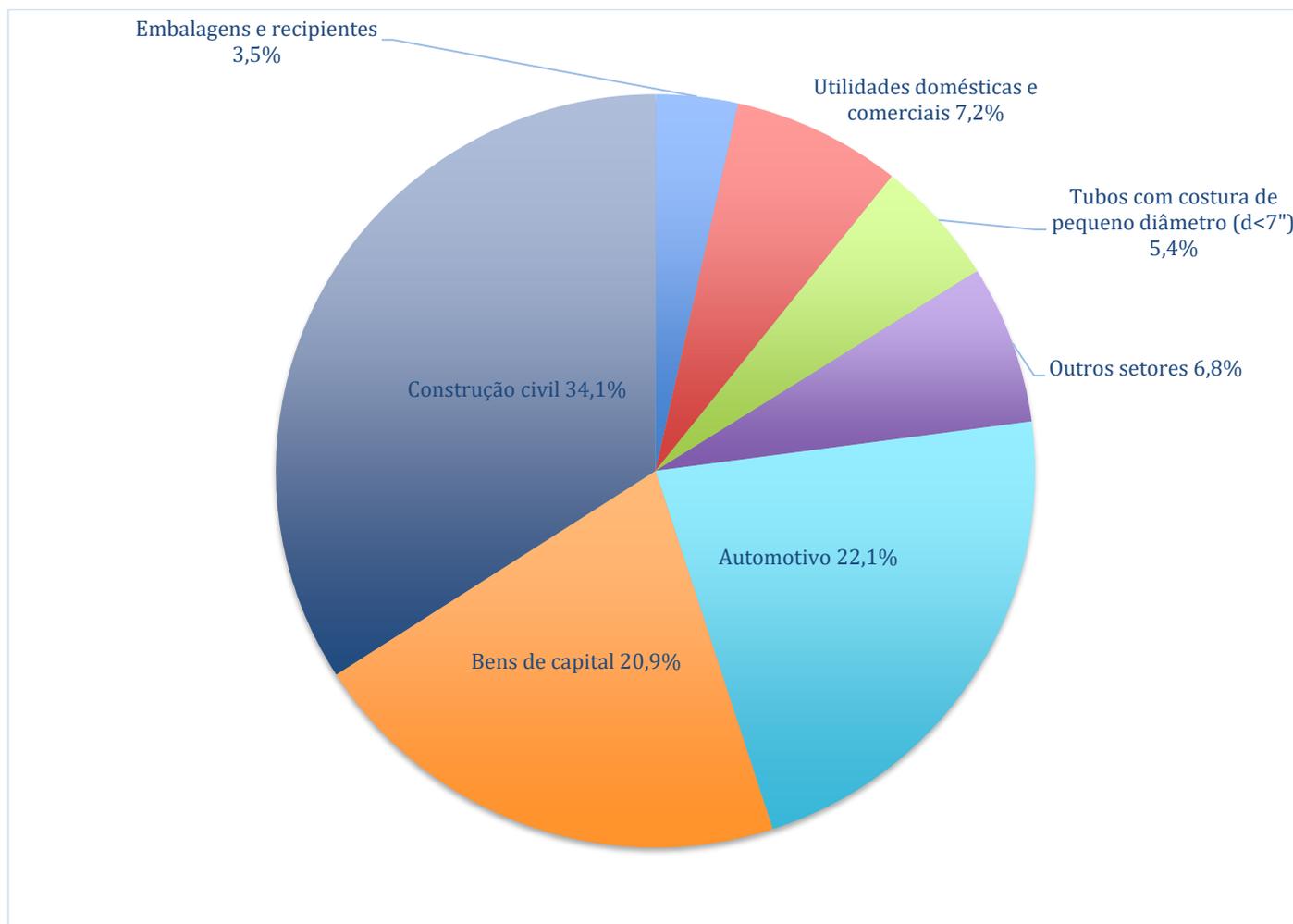
2.3 PRODUÇÃO DE AÇO NO BRASIL E SUA APLICAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS

A indústria do aço no Brasil produz cerca de 34 milhões de toneladas por ano e é representada por 14 empresas privadas, controladas por onze grupos empresariais e operando 29 usinas distribuídas por 10 estados brasileiros, levando o país a ocupar a 9ª posição no ranking da produção mundial (IAB, 2019).

2.3.1 Aplicação do aço

O aço é utilizado em quase todos os setores industriais, seja na produção de bens de capital, seja na produção de bens de consumo duráveis. Tem-se como exemplo sua aplicação no setor automotivo, em embalagens e recipientes, no transporte, utilidades domésticas, agricultura, energia, entre outros. Sendo sua principal aplicação a construção civil, como mostra o gráfico da Figura 5.

Figura 5 -Distribuição de aço no Brasil.

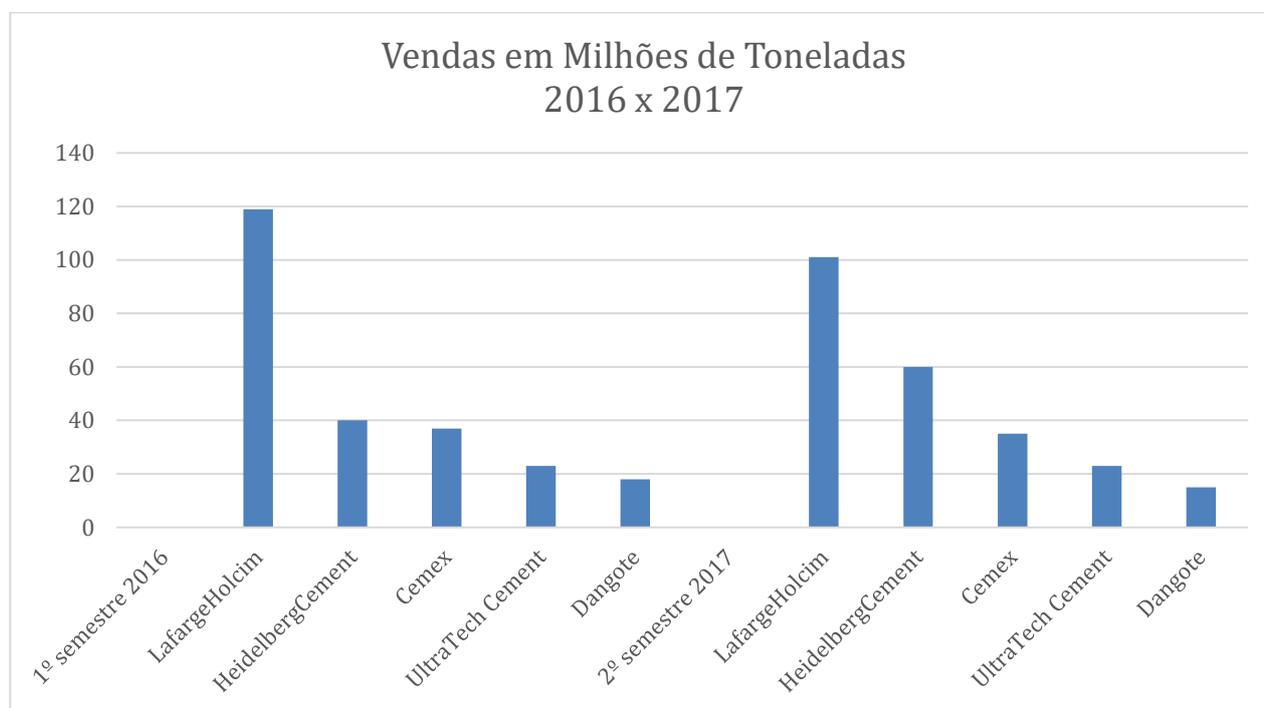


Adaptado: Instituto Aço Brasil, 2017.

2.4 PRODUÇÃO DE CONCRETO NO BRASIL E SUA APLICAÇÃO

Estima-se que em 2017 o Brasil tenha se produzido 100 milhões de toneladas de cimento, são registradas 24 empresas nacionais e estrangeiras espalhadas por toda a região brasileira. (OMC, 2017). Segue abaixo o gráfico da Figura 6, onde pode comparar a produção de cimento no primeiro semestre de 2016 e de 2017.

Figura 6 - Vendas em milhões de toneladas de cimento nos anos de 2016 e 2017.



Adaptado O Mundo do Cimento, 2017.

2.4.1 Aplicação do concreto

Atualmente o concreto é utilizado em diversos campos, em alguns casos em ambientes extremamente agressivos. É possível encontrar o concreto em diversos locais e variados fins, como: em plataformas petrolíferas, túneis, minas, fundações, arranha céus, entre outros.

2.5 OS FATORES MAIS PRECISOS NA DECISÃO DO USO DE ESTRUTURAS METÁLICAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Ainda é predominantemente a construção em concreto, o emprego das estruturas metálicas é mais comum em galpões. Quando analisada uma viga metálica e em concreto armado, fica claro a diferença entre a robustez da viga de concreto, prejudicando o aspecto visual da edificação.

3 METODOLOGIA

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Este estudo se caracteriza de acordo com a natureza em uma pesquisa aplicada, pois, tem a finalidade de investigar a alternativa mais vantajosa comparando a estrutura metálica a estrutura em concreto e o sistema de fechamento e assim direcionar a melhor opção.

De acordo com os objetivos, a pesquisa é do tipo exploratória e descritiva, buscando gerar conhecimentos, traduzidos em informações e análises (Gerhardt e Silveira, 2009).

Sua abordagem é do tipo quantitativa, visto que exige recursos técnicos como: tabelas, gráficos, porcentagens, médias e tudo que é possível mencionar em valores para traduzir os números em informações.

O trabalho corresponde ao estudo de caso. Ele começa fazendo um levantamento bibliográfico sobre as construções civis utilizando estruturas metálicas e de concreto armado, como também suas propriedades. O objetivo do trabalho é descrever qual a estrutura mais vantajosa na construção civil, levando fatores importantes como custo financeiro, mão de obra e tempo.

3.2 PLANO DE COLETA E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

O desenvolvimento do trabalho foi feito de acordo com as seguintes etapas:

- escolha da região para aplicar o estudo;
- desenvolvimento de projeto para uma casa popular;
- levantamento e orçamento dos materiais e mão de obra;
- estudo de viabilidade do projeto;

3.2.1 Escolha da região para aplicar o estudo

Nessa etapa foi escolhido a cidade de João Monlevade para a aplicação do estudo.

3.2.2 Desenvolvimento de projeto residencial

Nesta etapa foi desenvolvido os projetos arquitetônico e estrutural para a construção de uma casa popular, com 49.21 m². Feita em estrutura metálica e estrutura de concreto. Com o sistema de fechamento em tijolo cerâmico e placas.

3.2.3 Levantamento e orçamento dos materiais e mão de obra

Nesta fase foi realizado o levantamento quantitativo e financeiro dos materiais que serão utilizados, e mão de obra.

3.2.4 Estudo de viabilidade do projeto

Após todos os dados levantados foi feito um estudo onde irá definir qual a melhor estrutura nos pontos de vista, financeiro, tempo e mão de obra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se um projeto de sistema construtivo de residência para interesse social. Com a finalidade de comparar quais das estruturas será mais vantajosa, levando em consideração o tempo, viabilidade econômica e as necessidades.

4.1 ESCOLHA DA REGIÃO PARA APLICAR O ESTUDO

O estudo foi desenvolvido para um terreno plano, apresentando solo de boa qualidade e sem aterro, com uma área mínima de 115m². De acordo com as normas de construção municipal da cidade de João Monlevade é necessário um afastamento frontal de 3m, laterais e fundo de 1.50m (PMJM, 1996. 1.358).

4.2 DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PARA UMA CASA POPULAR

Foi elaborado um projeto arquitetônico utilizando o software Autocad, para a realização de planta baixa, cortes, faixada, cobertura e locação conforme o anexo A. Após esta etapa foi realizado o cálculo estrutural utilizando o software Cypecad, segundo o anexo B. Para a estrutura em perfis metálicos foi utilizado as cargas extraídas do Cypecad e substituídas no software Dimperfil conforme o anexo C, sendo assim foi possível definir qual o melhor perfil metálico para as vigas e pilares.

De acordo com os dados coletados, foi feito um levantamento quantitativo e financeiro dos materiais e mão de obra a serem comparados: pilar, vigas e sistemas de fechamento.

A fundação, esquadrias, portas, laje, telhado, sistemas hidráulico e elétrico não foram usados para efeito de comparação, levando em consideração que será adotado o mesmo para ambos os métodos construtivos.

4.2.1 Quantitativa e financeiro da estrutura em concreto convencional

Para residência em estrutura de concreto convencional, será necessários os seguintes itens:

4.2.1.1 Pilar

A Tabela 2 é referente a 11 pilares em concreto armado 15cm x 30cm, com 4 barras aço CA50 de 10mm com 3m, estribos em aço CA60 de 5mm com espaçamento de acordo com o projeto anexado. Os demais materiais, são referentes as formas e mão de obra dos pilares.

Tabela 2- Quantitativo e orçamento dos pilares

Pilar				
Quantidade	Unidades	Material	Valor Unitário	Valor Total
12	UN	Tabua pinus 30cm	R\$ 24,20	R\$ 290,40
12	UN	Tabua pinus 20cm	R\$ 11,90	R\$ 142,80
1	Kg	Prego 17 x 27	R\$ 10,40	R\$ 10,40
2	Kg	Arame recozido	R\$ 7,00	R\$ 14,00
88	H	Servente	R\$ 11,82	R\$ 1.040,16
24	H	Carpinteiro	R\$ 18,42	R\$ 442,08
32	H	Armador	R\$ 18,44	R\$ 590,08
32	H	Pedreiro	R\$ 18,57	R\$ 594,24
1,75	M ³	Concreto	R\$ 250,00	R\$ 437,50
11	UN	Barra 10mm CA50	R\$ 28,50	R\$ 313,50
19	UN	Barra 5,0mm CA60	R\$ 9,80	R\$ 186,20
Valor total				R\$ 4.061,36
Valor por pilar				R\$ 369,21

Fonte: Comercio local e planilha SETOP, dados 2019.

4.2.1.2 Vigas

A Tabela 3 é referente a 8 vigas em concreto armado 15cm x 35cm, com barras aço CA50 de 8mm e reforços de 6.3mm, estribos em aço CA60 de 5mm com

espaçamento de acordo com o projeto anexado. Os demais materiais, são referentes as formas e mão de obra das vigas.

Tabela 3 - Quantitativo e orçamento das vigas

Vigas				
Quantidade	Unidades	Material	Valor Unitário	Valor Total
26	UN	Tabua pinus 20cm	R\$ 11,90	R\$ 309,40
20	UN	Tabua pinus 15cm	R\$ 9,95	R\$ 199,00
1	Kg	Prego 17 x 27	R\$ 10,40	R\$ 10,40
40	UN	Escoras	R\$ 6,00	R\$ 240,00
5	Kg	Arame de forma	R\$ 9,90	R\$ 49,50
120	H	Servente	R\$ 11,82	R\$ 1.418,40
40	H	Carpinteiro	R\$ 18,42	R\$ 736,80
40	H	Armador	R\$ 18,44	R\$ 737,60
40	H	Pedreiro	R\$ 18,57	R\$ 742,80
2,4	M ³	Concreto	R\$ 250,00	R\$ 600,00
16	UN	Barra 8mm CA50	R\$ 24,70	R\$ 395,20
2	UN	Barra 6,3 CA50	R\$ 14,90	R\$ 29,80
18	UN	Barra 5,0mm CA60	R\$ 9,80	R\$ 176,40
Valor total				R\$ 5.645,30
Valor por viga				R\$ 705,66

Fonte: Comercio local e planilha SETOP, dados 2019.

4.2.1.3 Sistema de fechamento

A Tabela 4 é referente ao fechamento com 119,36m² de tijolo cerâmico e argamassa de assentamento, 238,72m² de chapisco, 238,72m² de rebolco o valor da mão de obra necessária já está embutido no valor do assentamento e do chapisco, sendo calculado 160 horas para cada serviço.

Tabela 4 -Quantitativo e orçamento do sistema de fechamento

Fechamento				
Quantidade	Unidades	Descrição	Valor Unitário	Valor Total
119,36	M ²	Alvenaria de vedação com tijolo cerâmico furado, Esp. 14cm, para revestimento, inclusive para assentamento	R\$ 39,53	R\$ 4.718,30
238,72	M ²	Chapisco com argamassa, traço 1:3 (cimento e areia), Esp. 5mm, aplicado em alvenaria/estrutura de concreto com colhe, preparo mecânico	R\$ 5,63	R\$ 1.343,99
238,72	M ²	Reboco com argamassa, traço 1:2:9 (cimento, cal e areia), com aditivo impermeabilizante, Esp. 20mm, aplicação manual, preparo mecânico	R\$ 26,70	R\$ 6.373,82
Valor total				R\$ 12.436,12
Valor por m ²				R\$ 158,56

Fonte: Planilha SETOP, dados 2019.

4.2.2 Quantitativa e financeiro da estrutura metálica

Para residência em estrutura metálica, são necessários os seguintes itens

4.2.2.1 Pilares

A Tabela 5 é referente a 11 pilares em perfil metálico enrijecido com seguintes medidas 100 x 50 x 17 cm, 125 x 50 x 17 cm, variando a espessura de acordo com a carga que cada um recebe, com comprimento 3m. Os demais itens são referentes a montagem e mão de obra.

Tabela 5 - Quantitativo e orçamento dos pilares

Pilar				
Quantidade	Unidades	Material	Valor Unitário	Valor Total
7	UN	Perfil UE 100 x 50 x 17 x 2	R\$ 85,26	R\$ 596,82
2	UN	Perfil UE 100 x 50 x 17 x 2,25	R\$ 94,00	R\$ 188,00
1	UN	Perfil UE 100 x 50 x 17 x 2,65	R\$ 110,00	R\$ 110,00
1	UN	Perfil UE 125 x 50 x 17 x 3,35	R\$ 150,00	R\$ 150,00
16	H	Servente	R\$ 11,82	R\$ 189,12
8	H	Serralheiro	R\$ 18,46	R\$ 147,68
2	Kg	Eletrodo	R\$ 5,00	R\$ 10,00
2	UN	Disco de corte 7"	R\$ 7,00	R\$ 14,00
3,6	LT	Fundo	R\$ 28,00	R\$ 100,80
Valor Total				R\$ 1.506,42
Valor para cada pilar (11 pilares)				R\$ 136,95

Fonte: Comercio local e planilha SETOP, dados 2019.

4.2.2.2 Vigas

A Tabela 6 é referente a 8 vigas em perfil metálico enrijecido com seguintes medidas 75 x 40 x 15 cm, e medidas conforme o projeto estrutural. Os demais itens são referentes a montagem e mão de obra.

Tabela 6 - Quantitativo e orçamento das vigas

Vigas				
Quantidade	Unidades	Material	Valor Unitário	Valor Total
8	UN	Perfil UE 75 x 40 x 15 x 2	R\$ 77,00	R\$ 616,00
24	H	Servente	R\$ 11,82	R\$ 283,68
16	H	Serralheiro	R\$ 18,46	R\$ 295,36
2	Kg	Eletrodo	R\$ 5,00	R\$ 10,00
2	UN	Disco de corte 7"	R\$ 7,00	R\$ 14,00
3,6	LT	Fundo	R\$ 28,00	R\$ 100,80
Valor Total				R\$ 1.319,84
Valor por viga				R\$ 164,98

Fonte: Comercio local e planilha SETOP, dados 2019.

4.2.2.3 Fechamento externo

A Tabela 7 é referente ao fechamento externo, foi utilizado placas cimentícias de 10mm fixadas com parafuso auto brocante em perfis guias, fita e massa para acabamento das juntas e a mão de obra.

Tabela 7 - Quantitativo e orçamento do fechamento externo

Fechamento Externo				
Quantidade	Unidades	Material	Valor Unitário	Valor Total
1	CX	Parafuso auto brocante	R\$ 36,90	R\$ 36,90
14	LT	Massa para junta	R\$ 3,10	R\$ 43,40
20	UN	Perfil guia 3m x 70mm	R\$ 12,29	R\$ 245,80
2	UN	Fita para junta 50m x 10cm	R\$ 65,90	R\$ 131,80
23	UN	Placa cimentícia 1,20 x 3,0	R\$ 123,90	R\$ 2.849,70
32	H	Servente	R\$ 13,38	R\$ 428,16
32	H	Pedreiro	R\$ 18,57	R\$ 594,24
Valor Total				R\$ 4.330,00
Valor por m ²				R\$ 55,21

Fonte: Comercio local e planilha SETOP, dados 2019.

4.2.2.4 Fechamento Interno

A Tabela 8 é referente ao fechamento interno, foi utilizado placas gesso acartonado e placas de gesso resistente a umidade para o fechamento do banheiro. Ambas foram fixadas com parafuso auto brocante em perfis guias, fita para acabamento das juntas e a mão de obra.

Tabela 8 - Quantitativo e orçamento do fechamento interno

Fechamento Interno				
Quantidade	Unidades	Material	Valor Unitário	Valor Total
50	UM	Placa de gesso 1,20 x 2,40	R\$ 42,00	R\$ 2.100,00
8	UM	Placa de gesso rest. Umidade 1,2 x 1,8	R\$ 60,90	R\$ 487,20
24	UM	Perfil guia 3m x 70mm	R\$ 12,29	R\$ 294,96
1	UM	Fita para junta 150m x 50mm	R\$ 27,00	R\$ 27,00
24	H	Gesseiro	R\$ 18,44	R\$ 442,56
24	H	Servente	R\$ 13,38	R\$ 321,12
2	CX	Parafuso auto brocante	R\$ 36,90	R\$ 73,80
Valor Total				R\$ 3.746,64
Valor por m ²				R\$ 47,77

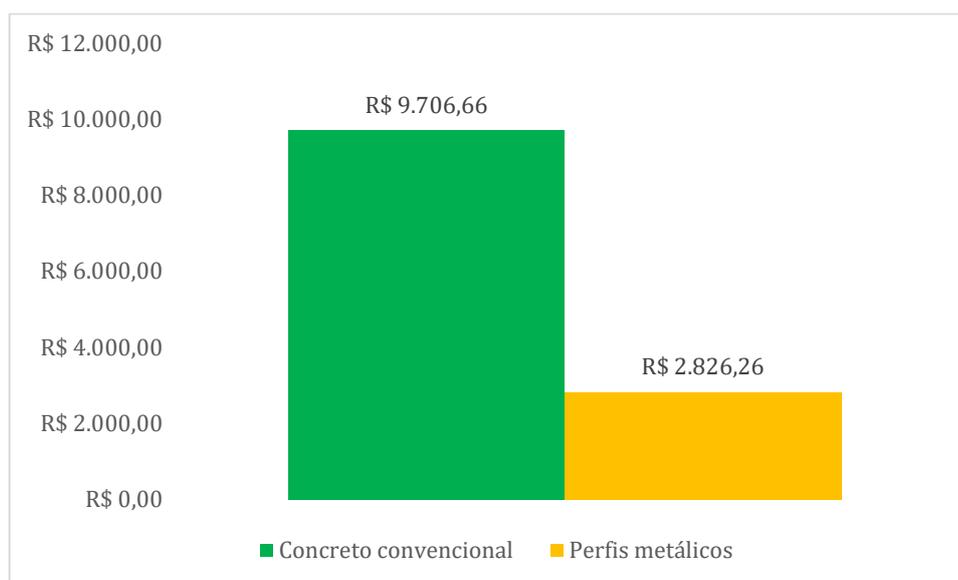
Fonte: Comercio local e planilha SETOP, dados 2019.

4.3 COMPARAÇÃO DE VALORES

4.3.1 Comparação estrutural

Após dados levantados, foi possível comparar a diferença do valor das estruturas, segundo o gráfico da Figura 7.

Figura 7 - Comparação do valor final das estruturas



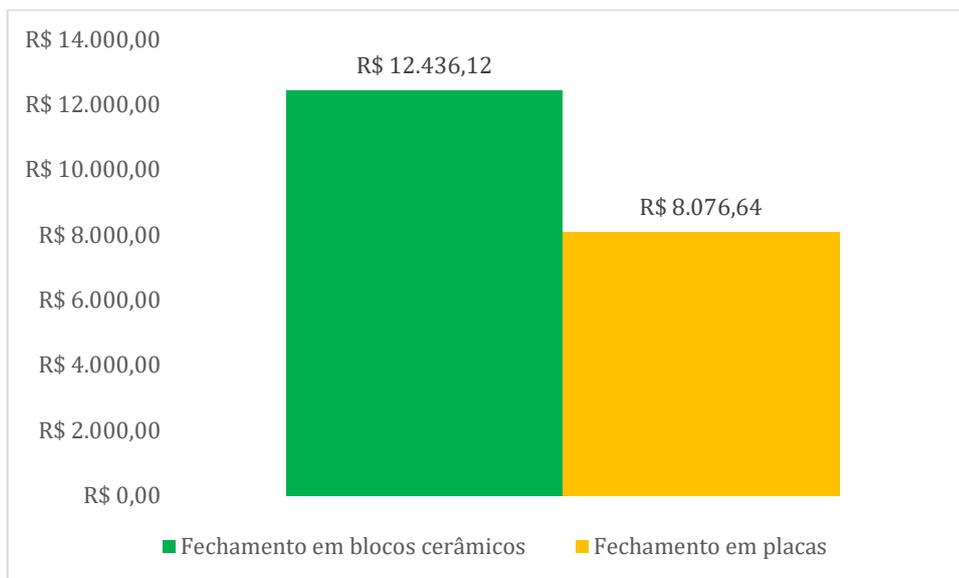
Fonte: Os autores (2019)

Neste gráfico fica claro o quanto é significativo a diferença entre a estrutura em concreto armado e estrutura metálica, isso devido principalmente ao tempo necessário para execução.

4.3.2 Comparação do fechamento

Na Figura 8 é possível verificar a diferença do valor do sistema de fechamento.

Figura 8 - Comparação do valor final do sistema de fechamento



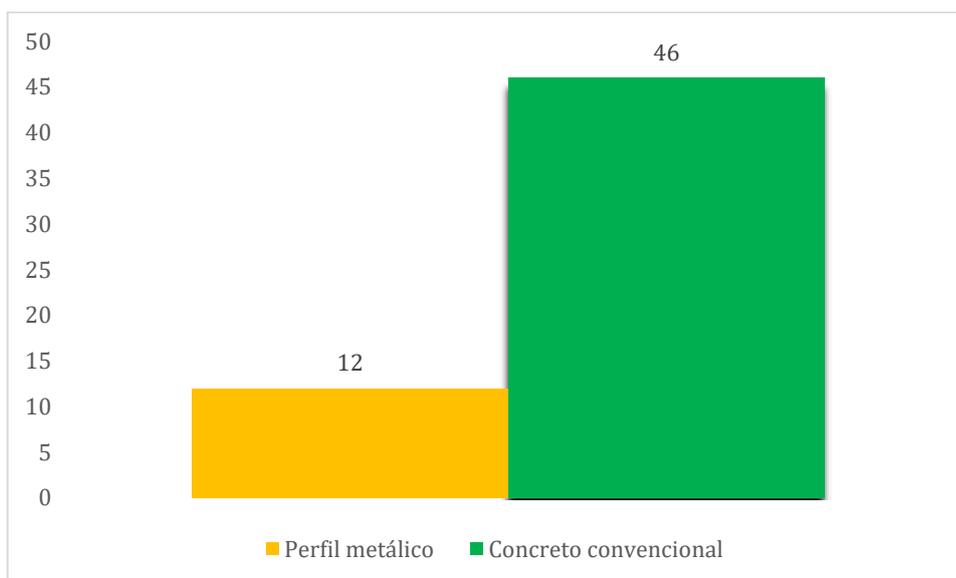
Fonte: Os autores (2019)

Quando analisados os sistemas de fechamento existe uma redução no sistema de placas devido ao custo do material e o tempo de execução, sendo também necessário relatar o baixo índice de perdas.

4.3.3 Comparação em tempo de obra

Segundo dados coletados, foi possível comparar o tempo de obra mostrado no gráfico em dias, conforme a Figura 9.

Figura 9 - Comparação do tempo da obra em dias



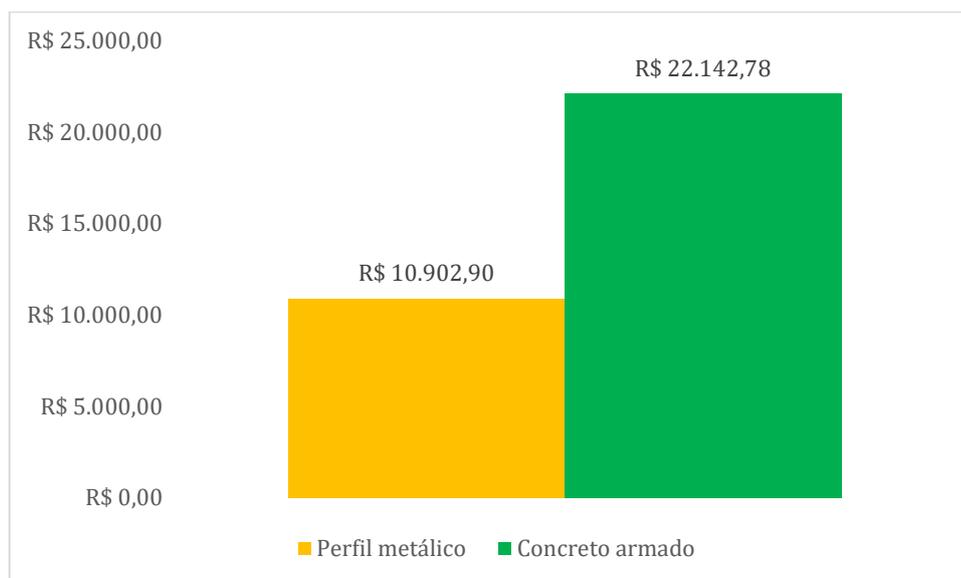
Fonte: Os autores (2019)

Em todos os métodos construtivos foram relacionados 1 profissional e 1 ajudante, foram considerados apenas dias uteis trabalhados, havendo assim uma diferença de 34 dias a mais em se tratando de alvenaria convencional, essa diferença impacta diretamente no comparativo econômico entre as duas opções.

4.3.4 Comparação do valor final da obra

Em conformidade com os dados, foi possível analisar o valor total da obra em cada estrutura. Conforme o gráfico da Figura 10.

Figura 10 - Valor total da obra



Fonte: Os autores (2019)

De acordo com o gráfico acima, pode se perceber uma diferença de aproximadamente 50%, quando comparado juntos, o sistema de fechamento e o estrutural.

5 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos nesse trabalho pode-se concluir que a construção de uma casa popular em perfis metálicos e fechamento em placas, torna-se mais econômico comparado ao sistema convencional. Além de proporcionar menor prazo de entrega, reduzindo 34 dias a menos na execução da obra. O método é uma inovação sustentável, de fácil execução, podendo ser realizado em qualquer localidade.

O estudo foi de grande importância para atender as necessidades sociais, devido ao baixo custo e sua rápida execução.

Este trabalho pode ser utilizado em pesquisas futuras, como critério de construções alternativas. Podendo ser agregado a ele outros módulos, finalizando assim a residência.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 14323: **Projeto de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio**. Rio de Janeiro, 2013.

_____ NBR 16697: **Cimento Portland - Requisitos**. Rio de Janeiro, p. 12. 2018.

_____ NBR 8800: **Projeto de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, p. 237. 2008.

ADDIS, Bill. **Reuso de materiais e elementos de construção**. Oficina de Textos, São Paulo, 2009.

ALBUQUERQUE, Augusto Teixeira e PINHEIRO, Libânio Miranda. **Viabilidade econômica de alternativas estruturais de concreto armado para edifícios**. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, n. 19, p. 1-19, 2002.

BASSON, Edwin. World steel in figures 2018. **Worldsteel Association**. 9p, 2018.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção**, 5.ed. Rio de Janeiro: ABDR Afiliada, 1994. v.1.

BGP (2019) **Brasil Gerador de Preços**. Disponível em: <http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra_nova/Estruturas/Metalicas/Montagens_industriais/EAM010_Estrutura_metalica_realizada_com_po.html>. Acesso em 26 de maio de 2019.

BGP (2019) **Brasil Gerador de Preços**. Disponível em: <http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra_nova/Estruturas/Concreto_armado/Vigas/Viga_de_concreto_armado.html>. Acesso em 26 de maio de 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_07.05.2015/art_6_.asp>

FALEIROS, João Paulo Martin, JUNIOR, Job Rodrigues Teixeira e SANTANA, Bruno Marques. **Crescimento da indústria brasileira de estruturas metálicas e o boom da construção civil: um panorama do período 2001-2010. Estruturas Metálicas.** BNDES, 35 P. 47-84, 2012.

FERRAZ, H. **O aço na Construção civil. Revista Eletrônica de Ciências, Arquitetura e Urbanismo**, São Carlos: Universidade de São Paulo, n 22, 2003.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GERHARDT, Tatiana Engel e SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa.** Porto Alegre: UAB/UFRGS, 2009.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto.** São Paulo: Pini, 2001. 349p.

IAB (2019) **Instituto Aço Brasil.** Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/parque.asp>>. Acesso em: 26 de maio de 2019.

Prefeitura Municipal de João Monlevade, Lei 1358, 1996. Disponível em :<<https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro38549/documento%201%20-%20lei%201%20358-96%20-%20c%C3%B3digo%20obras.pdf>>. Acesso em: 11 de novembro de 2019.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M., **Concreto: Estrutura, Propriedades, Materiais.** São Paulo, Pini, 1994.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto.** Trad. Salvador E. Giammusso. 2.ed. São Paulo: Pini, 1997.

OMC (2017) **O Mundo do Cimento.** Disponível em: <<https://cimento.org/cimento-no-brasil/>>. Acesso em: 26 de maio de 2019.

PETRUCCI, Eládio G. **Concreto de Cimento Portland.** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1968.

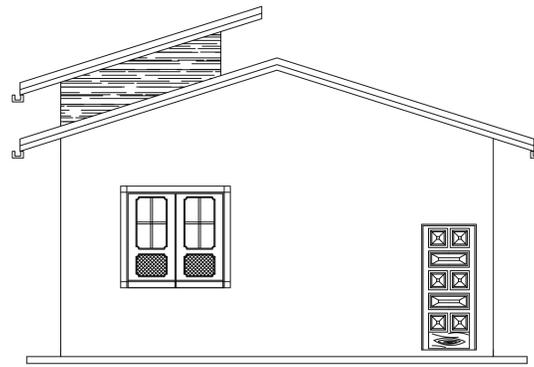
PINHO, Fernando Ottoboni. **Análise da viabilidade técnica e econômica de um sistema estrutural com perfis laminados em empreendimentos habitacionais de interesse social. Revista Metal.** Rio de Janeiro: FOP ENGENHARIA, 2015. 18 p.

RODRIGUES, F.C. **Steel Framing: Engenharia,** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006, 127p. ISBN 85-89819-11-6

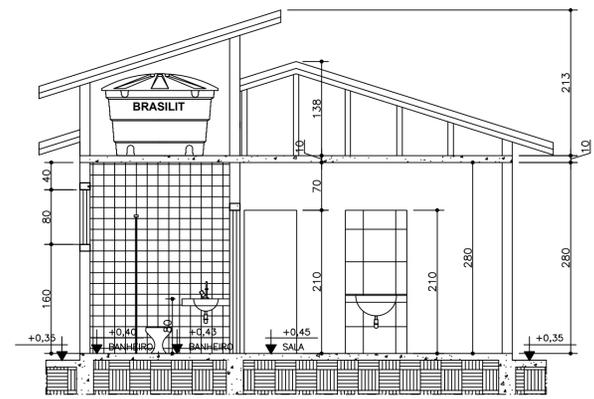
Planilha SETOP, Região Central, Minas Gerais. Disponível em:<
http://www.infraestrutura.mg.gov.br/images/documentos/precosetop/2019/08-ago/com-desoneracao/201908_SETOP_CENTRAL_COM_DESONERACAO.pdf>

7 ANEXOS

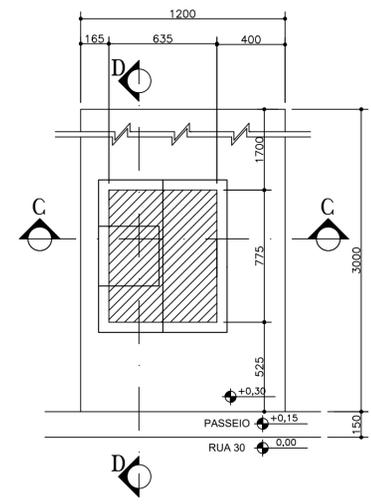
7.1 ANEXO A – PLANTA BAIXA, CORTES, FAIXADA, COBERTURA E LOCAÇÃO



FACHADA
ESC. 1:50

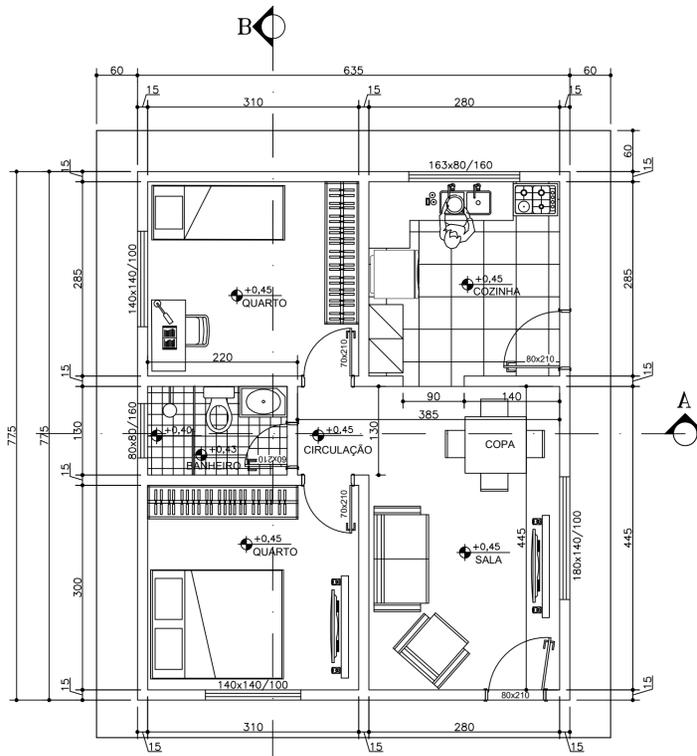


CORTE "A.A"
ESC. 1:50



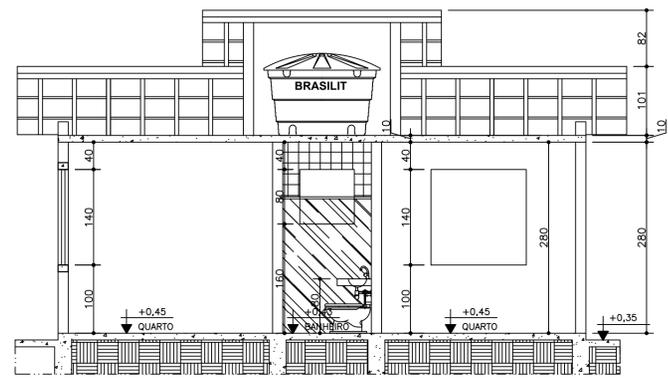
LOCAÇÃO
ESC. 1:200

- LEGENDA PERFIL DO TERRENO
- PERFIL NATURAL DO TERRENO
 - CORTE DO TERRENO
 - ATERRO DO TERRENO
 - TERRENO NATURAL

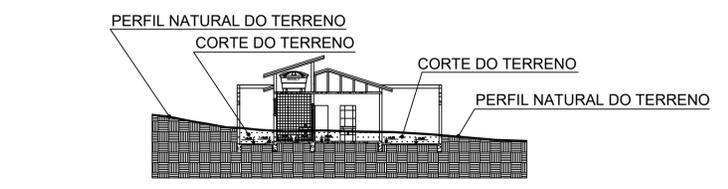


PLANTA
ESC. 1:50

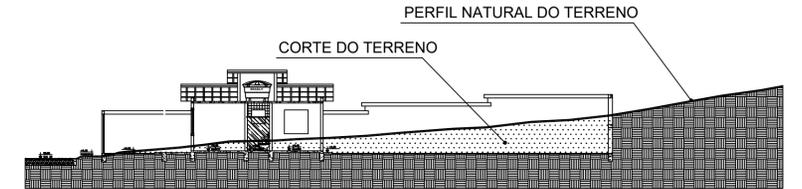
ÁREA ÚTIL = 49,21m²



CORTE "B.B"
ESC. 1:50



PERFIL TRANSVERSAL - CORTE "C.C"
ESC. 1:200



PERFIL LONGITUDINAL - CORTE "D.D"
ESC. 1:200

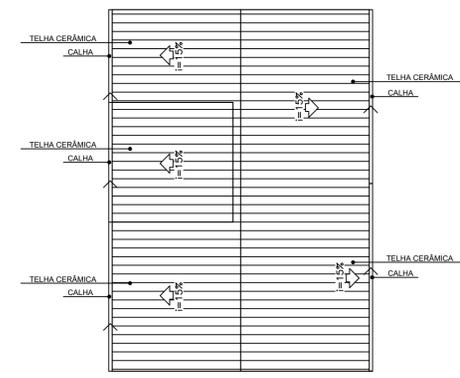
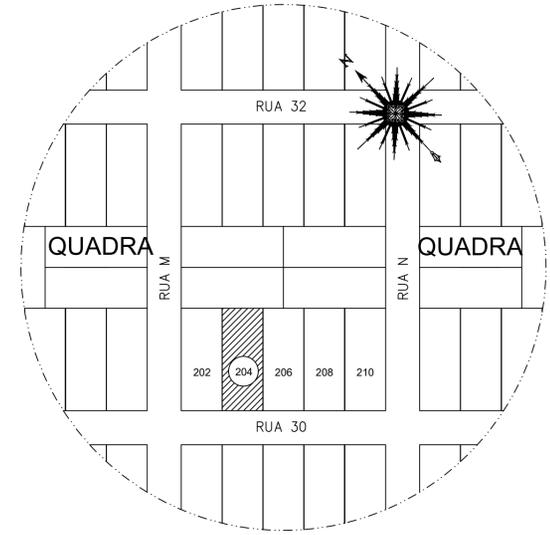


DIAGRAMA DE COBERTURA
ESC. 1:100

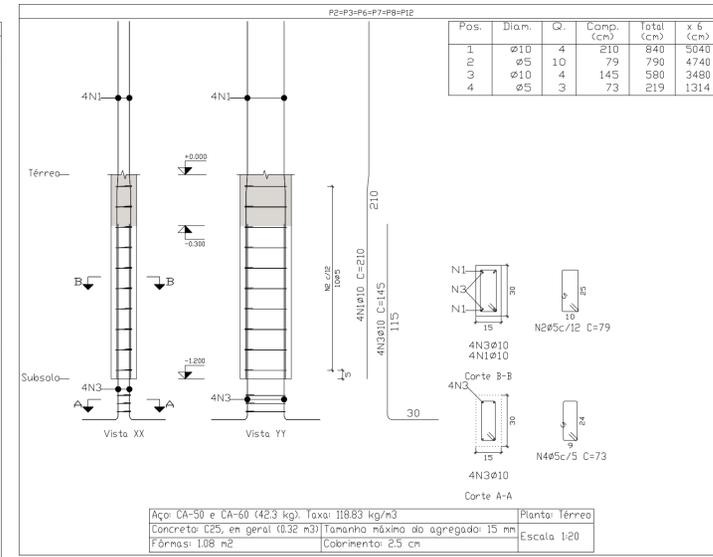
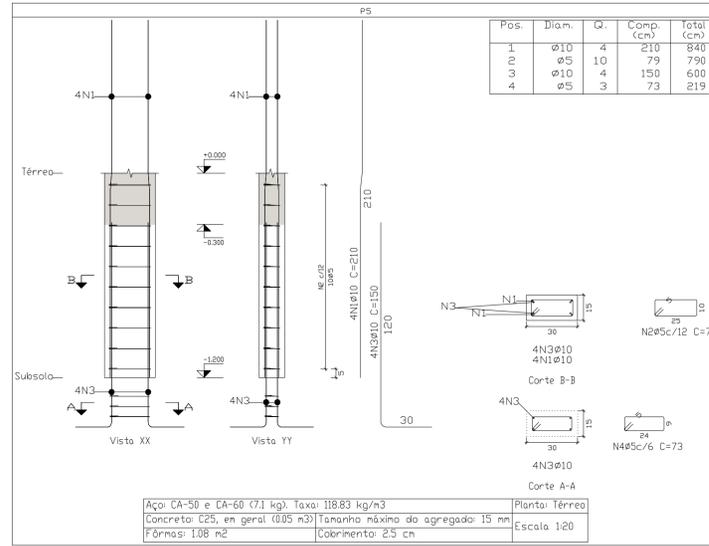
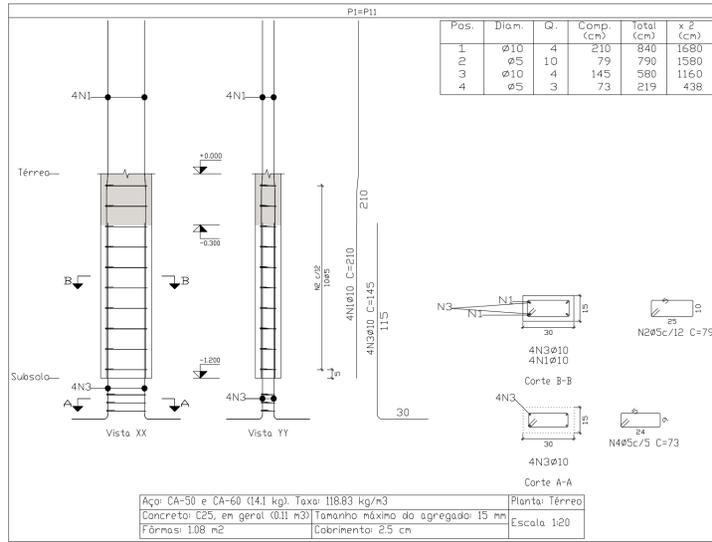


SITUAÇÃO
ESC. 1:1000

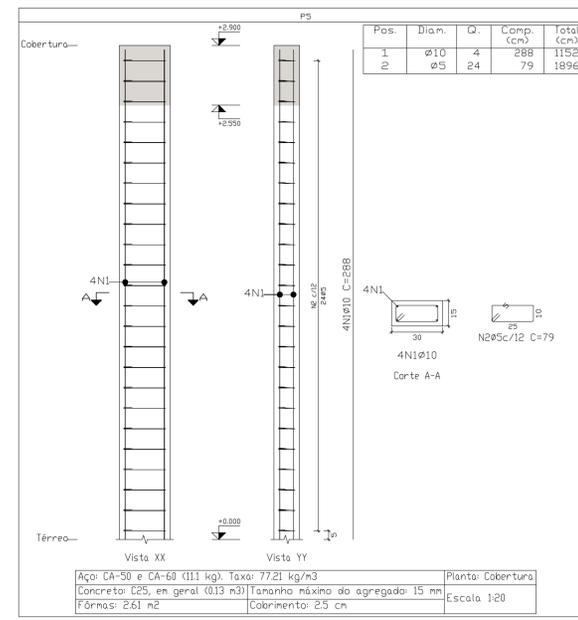
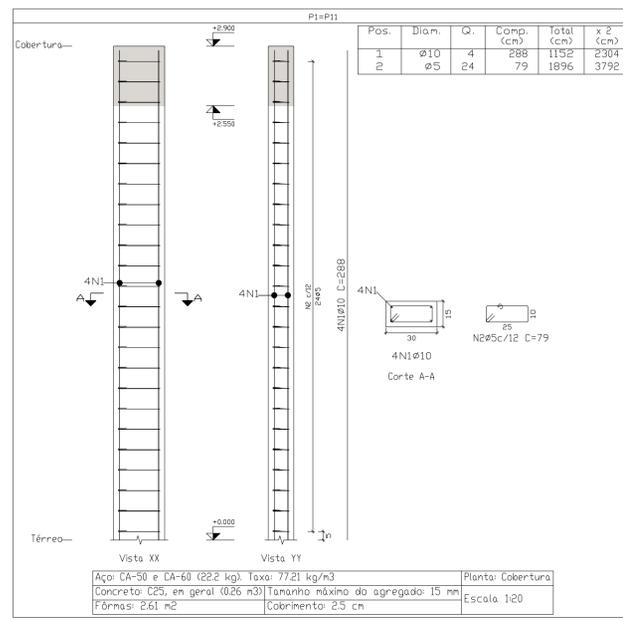
TÍTULO:	PROJETO ARQUITETÔNICO		PROC.:	
USO:	RESIDENCIAL A CONSTRUIR	ZONA:	ZUD1	
ENDEREÇO:		ÁREA TERRENO:		
PROP.:		ÁREA CONSTRUÍDA:		
R.T.:		TAXA OCUPAÇÃO:		
		COEFICIENTE APROVEITAMENTO:		
		DESENHO:		
		DATA:	00/00/00	FOLHA: 01/01

7.2 ANEXO B – CÁLCULO ESTRUTURAL

Pilares que nascem em Térreo e chegam em Cobertura
 Concreto: C25, em geral
 Aço das barras: CA-50 e CA-60
 Aço dos estribos: CA-50 e CA-60



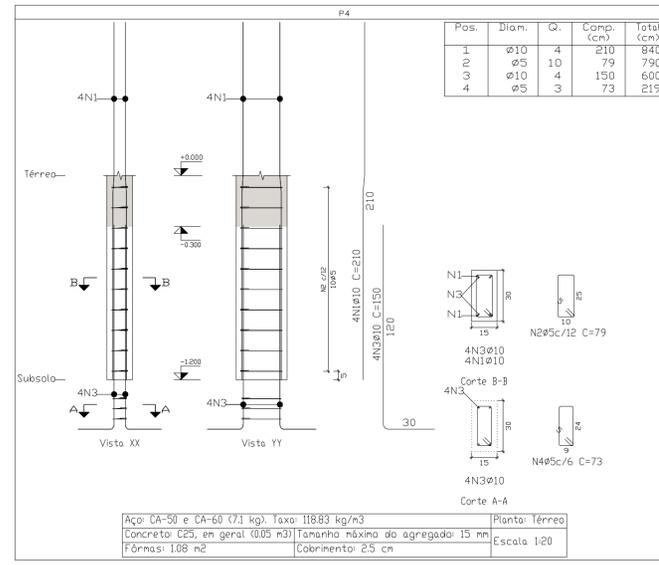
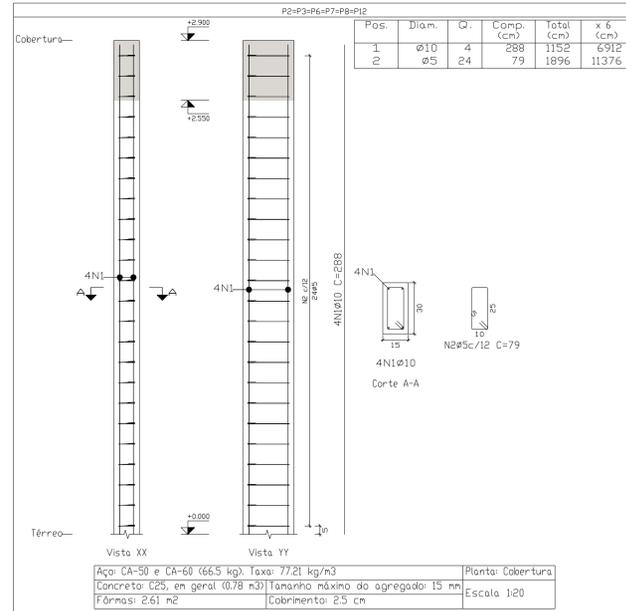
Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Esquema (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)	CA-60 (kg)
P1=P11	1	Ø10	4	110 10 90	210	840	5,2	
	2	Ø5	10	25	79	790		1,2
	3	Ø10	4	115	145	580	3,6	
	4	Ø5	3	24	73	219		0,3
Total+10% (x2)							9,7	1,7
Total+10% (x2)							19,4	3,4
P1=P11	1	Ø10	4	288	288	1152	7,1	
	2	Ø5	24	25	79	1896		3,0
Total+10% (x2)							7,8	3,3
Total+10% (x2)							15,6	6,6
P5	1	Ø10	4	110 10 90	210	840	5,2	
	2	Ø5	10	25	79	790		1,2
	3	Ø10	4	115	150	600	3,7	
	4	Ø5	3	24	73	219		0,3
Total+10%							9,8	1,7
P2=P3=P6=P7=P8=P12	1	Ø10	4	110 10 90	210	840	5,2	
	2	Ø5	10	25	79	790		1,2
	3	Ø10	4	115	145	580	3,6	
	4	Ø5	3	24	73	219		0,3
Total+10% (x6)							9,7	1,7
Total+10% (x6)							58,2	10,2
P5	1	Ø10	4	288	288	1152	7,1	
	2	Ø5	24	25	79	1896		3,0
Total+10%							7,8	3,3
Total+10%							0,0	25,2
Total+10%							110,8	0,0
Total+10%							110,8	25,2



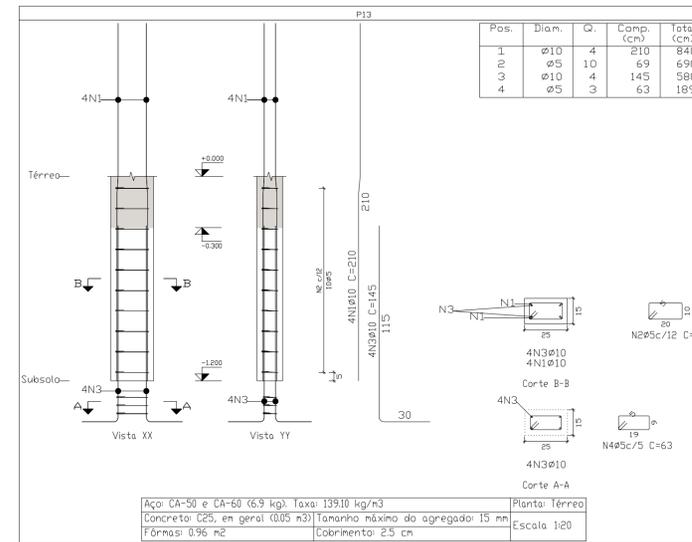
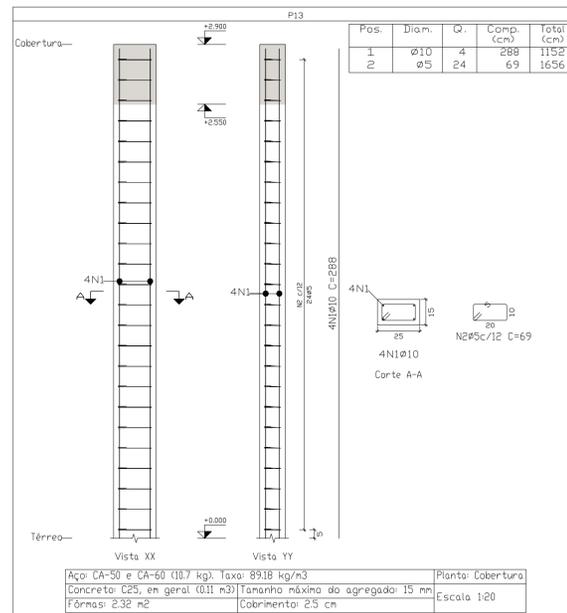
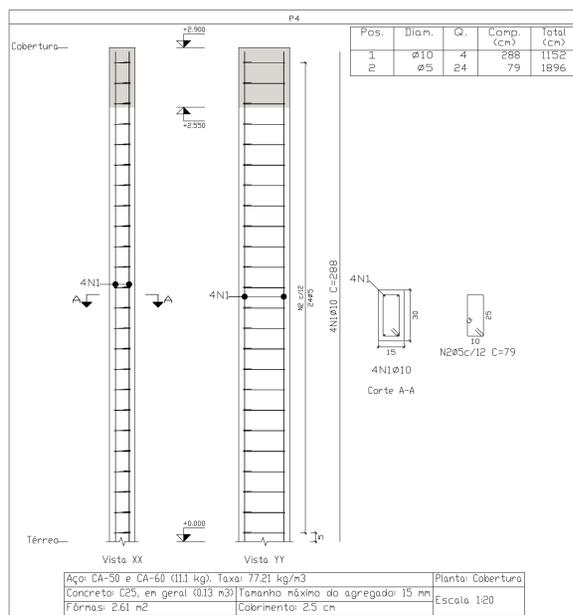
PRD:	
TÍTULO:	PROJETO ESTRUTURAL
USO:	RESIDENCIAL A CONSTRUIR
ZONA:	ZUDI
ENDECO:	AREA TERRENO: XXXXX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX AREA CONSTRUIDA: XXXXXX
PRD:	TAXA DE OCUPAÇÃO: XXXXXX
	COEFICIENTE APROVEITAMENTO: XXXXX
RT:	DESENHO: ALUNDS DOCTUM JEFFERSON WENDER DOS SANTOS (01/09/2009) DATA: 01/09/2009 FILIA: PROJETO ESTRUTURAL

Pilares que nascem em Térreo e chegam em Cobertura
 Concreto: C25, em geral
 Aço das barras: CA-50 e CA-60
 Aço dos estribos: CA-50 e CA-60

Resumo Aço Pilares	Comp. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
CA-50 ϕ 10	283.3	192	192
CA-60 ϕ 5	315.9	55	55
Total			247



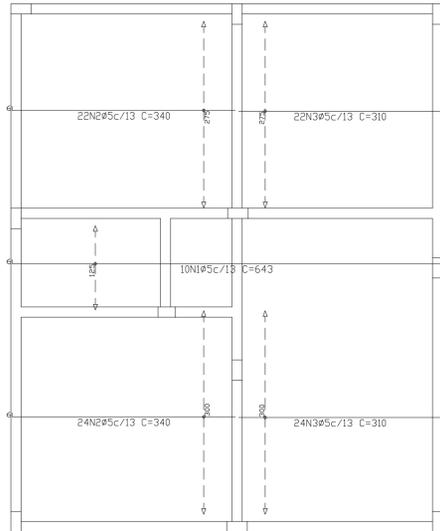
Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Esquema (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)	CA-60 (kg)	
P2-P3-P6-P7-P8-P12	1	ϕ 10	4	288	288	1152	7.1		
	2	ϕ 5	24	79	79	1896		3.0	
Total+10% (x6)							7.8	3.3	
P4	1	ϕ 10	4	210	210	840	5.2		
	2	ϕ 5	10	79	79	790		1.2	
	3	ϕ 10	4	150	150	600	3.7		
	4	ϕ 5	3	73	73	219		0.3	
Total+10%							9.8	1.7	
P4	1	ϕ 10	4	288	288	1152	7.1		
	2	ϕ 5	24	79	79	1896		3.0	
Total+10%							7.8	3.3	
P13	1	ϕ 10	4	288	288	1152	7.1		
	2	ϕ 5	24	69	69	1656		2.6	
Total+10%							7.8	2.9	
P13	1	ϕ 10	4	210	210	840	5.2		
	2	ϕ 5	10	69	69	690		1.1	
	3	ϕ 10	4	145	145	580	3.6		
	4	ϕ 5	3	63	63	189		0.3	
Total+10%							9.7	1.5	
							ϕ 5:	0.0	
							ϕ 10:	81.9	
							Total:	81.9	29.2



PRD:	
TÍTULO:	PROJETO ESTRUTURAL
USO:	RESIDENCIAL A CONSTRUIR
ZONA:	ZUDI
ENDEVED:	AREA TERRENO: XXXXXX X X X X X X X X X X X X X X X X
PRD:	AREA CONSTRUIDA: XXXXXX
PRD:	TAXA DE PAÇAO: XXXXXX
PRD:	COEFICIENTE APROVEITAMENTO: XXXXX
PRD:	ALUNDS DOCTUM
R.T.:	DESENHO: JEFFERSON WENDER DOS SANTOS (04/09/2004) DATA: 02/01/2009 FILIA: PROJETO ESTRUTURAL

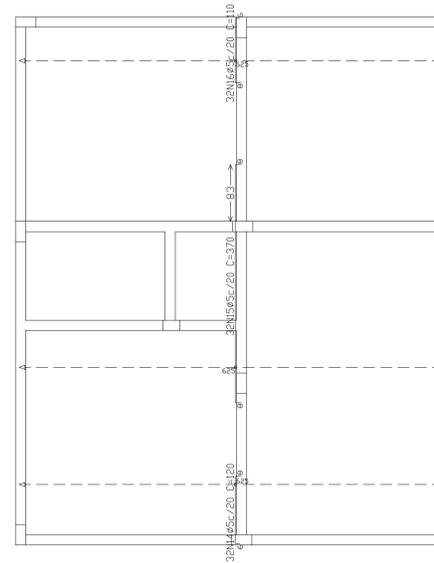
Cobertura
Armadura longitudinal inferior
Concreto: C25, em geral
CA-50 e CA-60
Escala: 1:50

Resumo Aço Cobertura	Comp. total (m)	Peso+10% (kg)
Armadura longitudinal inferior CA-60 $\varnothing 5$	363.3	63



Cobertura
Armadura transversal superior
Concreto: C25, em geral
CA-50 e CA-60
Escala: 1:50

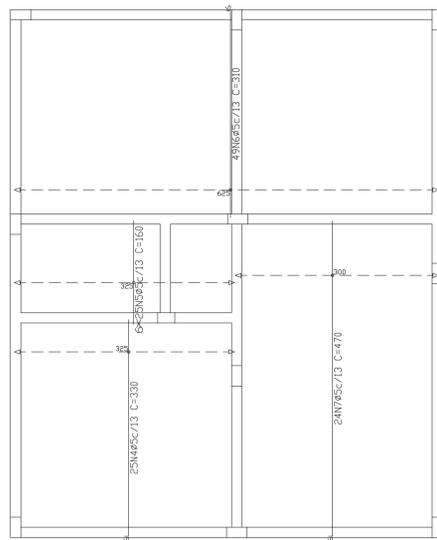
Resumo Aço Cobertura	Comp. total (m)	Peso+10% (kg)
Armadura transversal superior CA-60 $\varnothing 5$	192.0	33



Elemento	Pos	Diam.	Q.	Dob (cm)	Re (cm)	Dob Comp (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)	CA-60 (kg)	
Armadura longitudinal inferior	1	$\varnothing 5$	10	6	631	6	643	6430	10.1	
	2	$\varnothing 5$	46	6	334		340	15640	24.6	
	3	$\varnothing 5$	46	6	304		310	14260	22.4	
Total+10%									62.8	
Armadura transversal inferior	4	$\varnothing 5$	25	6	324		330	8250	13.0	
	5	$\varnothing 5$	25	6	160		160	4000	6.3	
	6	$\varnothing 5$	49	6	304		310	15190	23.8	
	7	$\varnothing 5$	24	6	464		470	11280	17.7	
Total+10%									66.9	
Armadura longitudinal superior	8	$\varnothing 5$	10	6	446	8	460	4600	7.2	
	9	$\varnothing 5$	36	8	96	6	110	3960	6.2	
	10	$\varnothing 5$	15	6	106	8	120	1800	2.8	
	11	$\varnothing 5$	24	6	264	8	280	6720	10.6	
	12	$\varnothing 5$	14	6	96	8	110	1540	2.4	
	13	$\varnothing 5$	15	8	214	8	230	3450	5.4	
Total+10%									38.1	
Armadura transversal superior	14	$\varnothing 5$	32	6	106	8	120	3840	6.0	
	15	$\varnothing 5$	32	8	354	8	370	11840	18.6	
	16	$\varnothing 5$	32	8	96	6	110	3520	5.5	
	Total+10%									33.1
								$\varnothing 5$	0.0	200.9
Total:									0.0	200.9

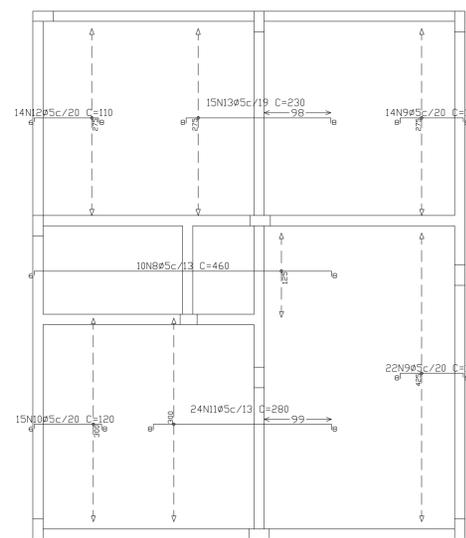
Cobertura
Armadura transversal inferior
Concreto: C25, em geral
CA-50 e CA-60
Escala: 1:50

Resumo Aço Cobertura	Comp. total (m)	Peso+10% (kg)
Armadura transversal inferior CA-60 $\varnothing 5$	387.2	67



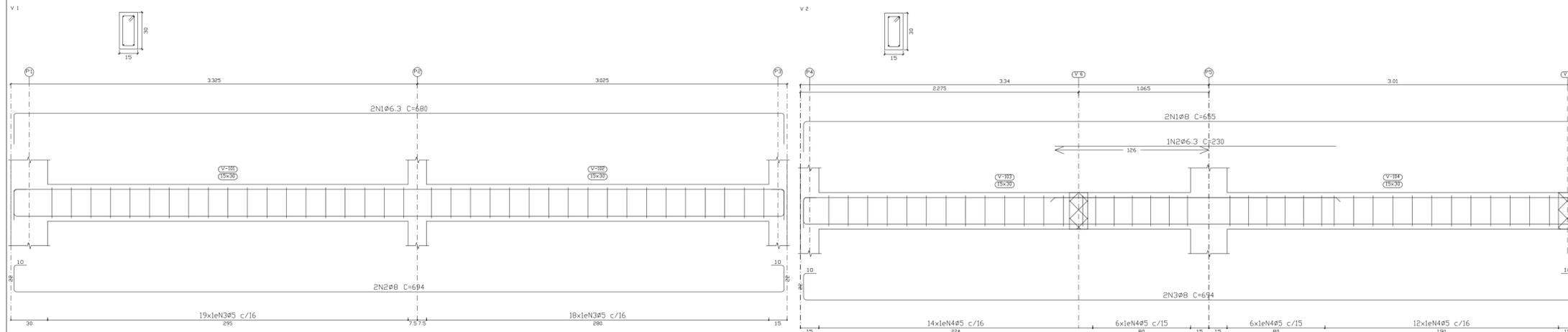
Cobertura
Armadura longitudinal superior
Concreto: C25, em geral
CA-50 e CA-60
Escala: 1:50

Resumo Aço Cobertura	Comp. total (m)	Peso+10% (kg)
Armadura longitudinal superior CA-60 $\varnothing 5$	220.7	38

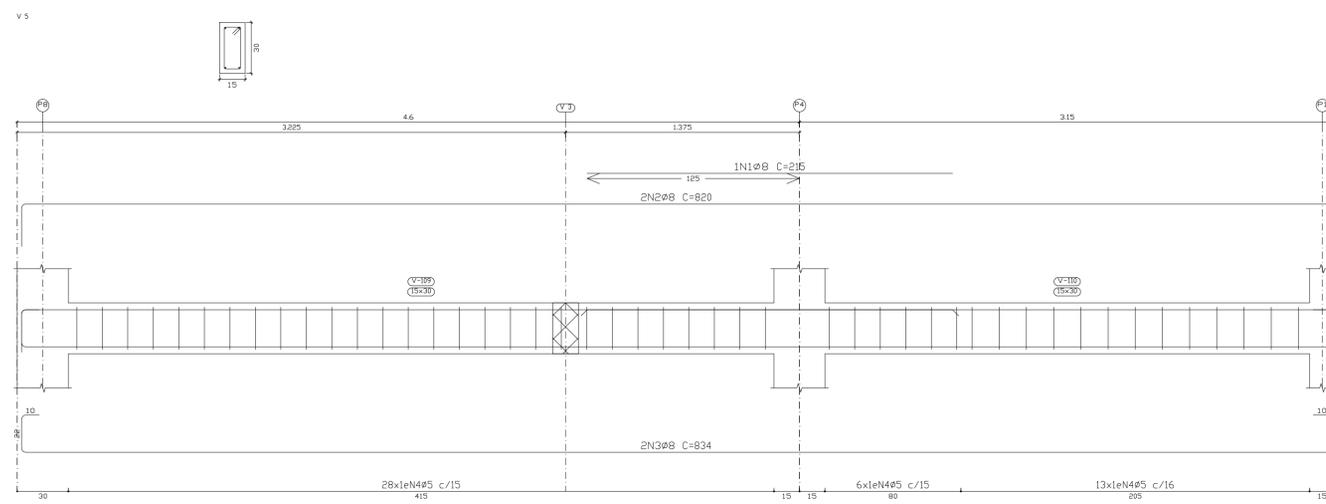
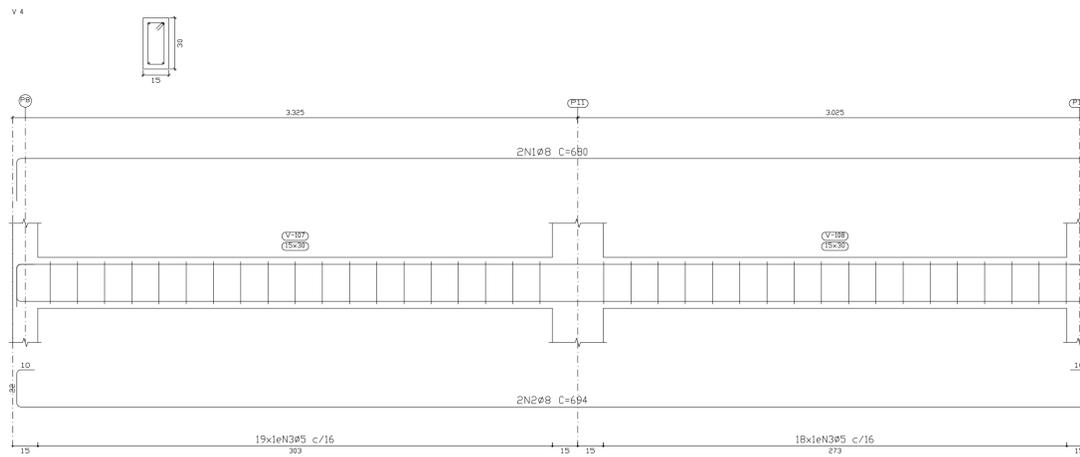
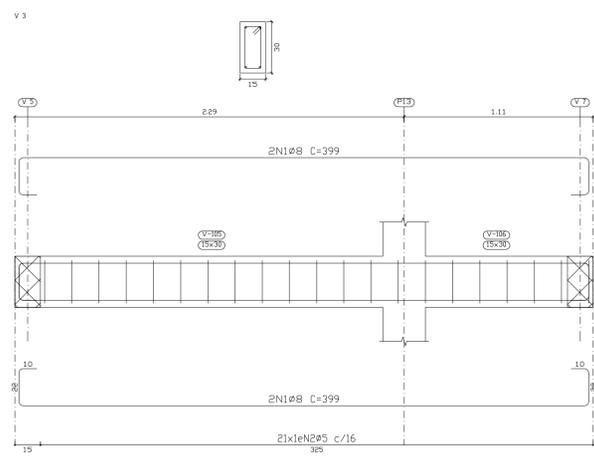


PRC.:	
TITULO:	RESIDENCIAL A CONSTRUIR
PROJETO ESTRUTURAL	
ZONA:	ZUDI
ENFERMED:	XXXXXX
AREA TERRENO:	XXXXXX
AREA CONSTRUIDA:	XXXXXX
PRP.:	XXXXXX
TAXA OCUPAÇÃO:	XXXXXX
COEFICIENTE APROVEITAMENTO:	XXXX
DESIGNO:	ALUNDS DOCTUM
DESENHO:	JEFFERSON WENDER DOS SANTOS (04/09/2004)
DATA:	02/01/2009
PROJETO ESTRUTURAL	
3	10

Térreo
 Desenho de vigas
 Concreto: C25, em geral
 Aço das barras: CA-50 e CA-60
 Aço dos estribos: CA-50 e CA-60
 Escala vigas 1:20
 Escala seções 1:20
 Escala aberturas 1:20

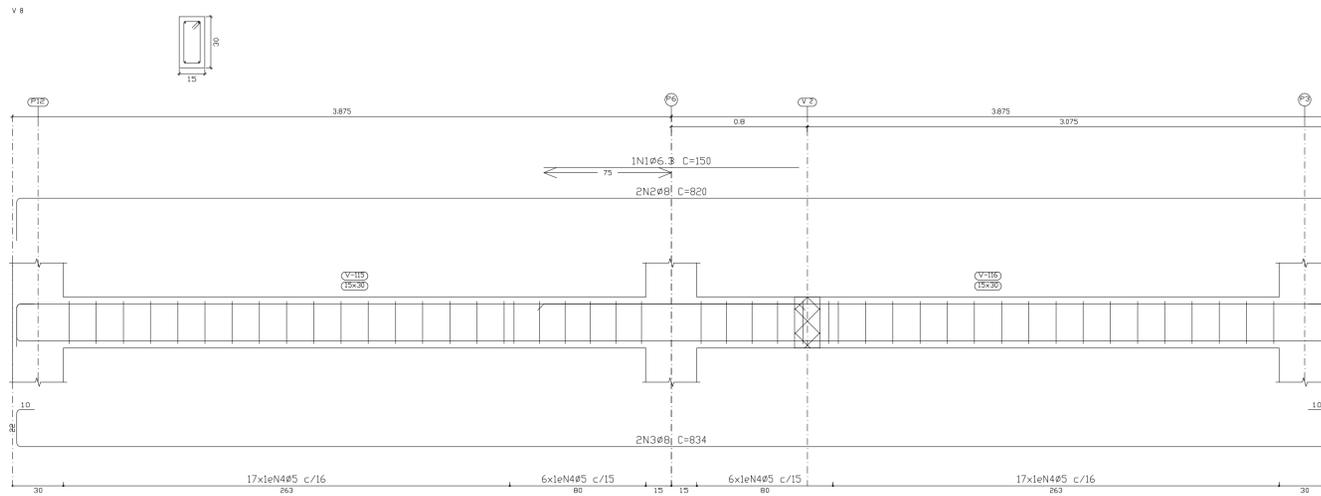
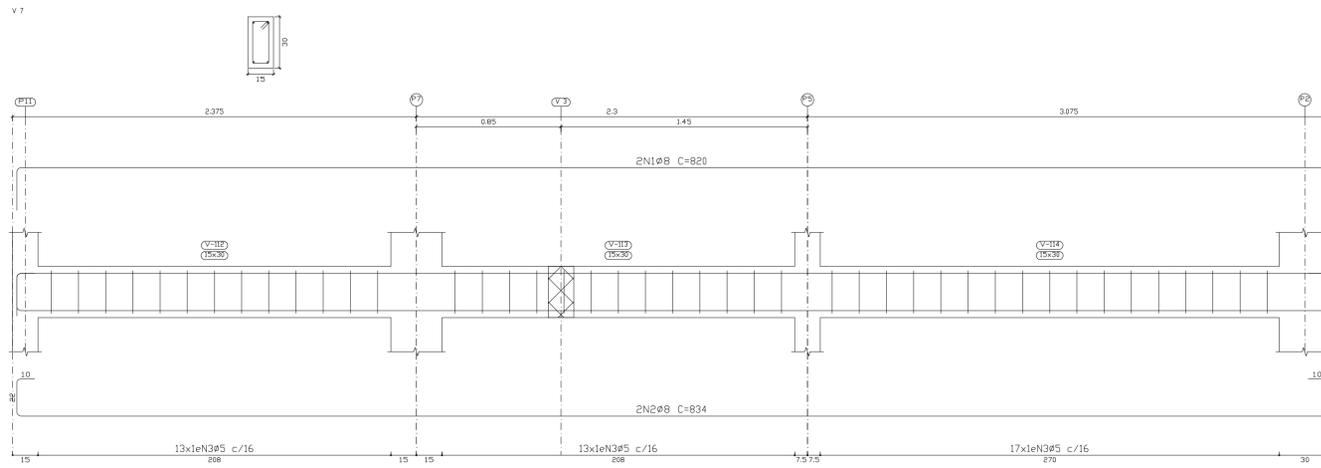
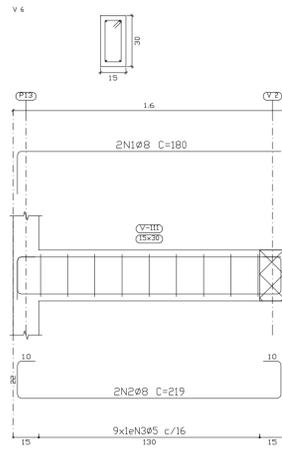


Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Esquema (cm)	Comp (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)	CA-60 (kg)	
V 1	1	Ø6.3	2		680	1360	3.3		
	2	Ø8	2		694	1388	5.5		
	3	Ø5	37		78	2886		4.5	
Total+10%							9.7	5.0	
V 2	1	Ø8	2		655	1310	5.2		
	2	Ø6.3	1		230	230	0.6		
	3	Ø8	2		694	1388	5.5		
	4	Ø5	38		78	2964		4.7	
Total+10%							12.4	5.2	
V 3	1	Ø8	4		399	1596	6.3		
	2	Ø5	21		78	1638		2.6	
Total+10%							6.9	2.9	
V 4	1	Ø8	2		680	1360	5.4		
	2	Ø8	2		694	1388	5.5		
	3	Ø5	37		78	2886		4.5	
Total+10%							12.0	5.0	
V 5	1	Ø8	1		215	215	0.8		
	2	Ø8	2		820	1640	6.5		
	3	Ø8	2		834	1668	6.6		
	4	Ø5	47		78	3666		5.8	
Total+10%							15.3	6.4	
						Ø5:	0.0	24.5	
						Ø6.3:	4.2	0.0	
						Ø8:	52.1	0.0	
						Total:	56.3	24.5	



PRC:	
TÍTULO: PROJETO ESTRUTURAL	USO: RESIDENCIAL A CONSTRUIR
	ZONA: ZUDI
ENFERMO:	ÁREA TERRENO: XXXXXX
	ÁREA CONSTRUIDA: XXXXXX
PRP:	TAXA DE PAÇO: XXXXXX
	ALUNDS DOCTUM
RE:	DESENHO: JEFFERSON WENDER DOS SANTOS (04/09/2004)
	DATA: 02/01/2009
	PROJETO ESTRUTURAL
	4/10

Térreo
 Desenho de vigas
 Concreto: C25, em geral
 Aço das barras: CA-50 e CA-60
 Aço dos estribos: CA-50 e CA-60
 Escala vigas 1:20
 Escala seções 1:20
 Escala aberturas 1:20

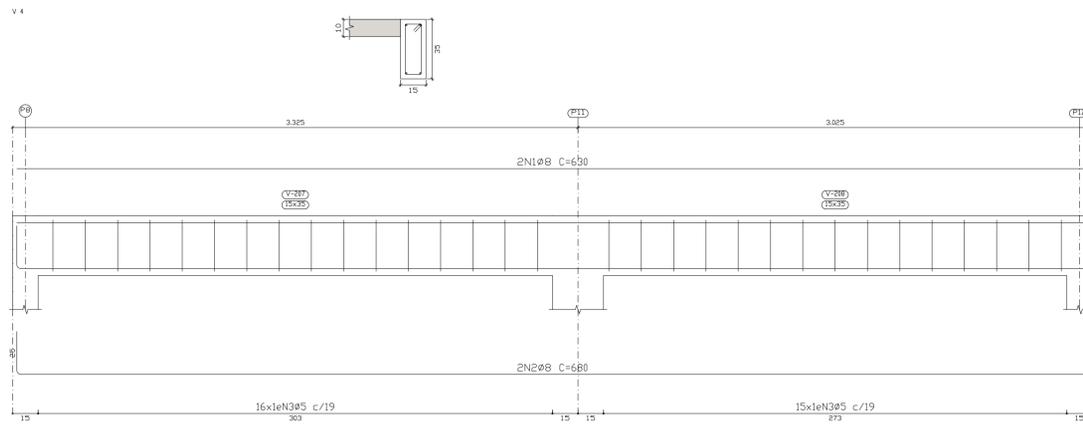
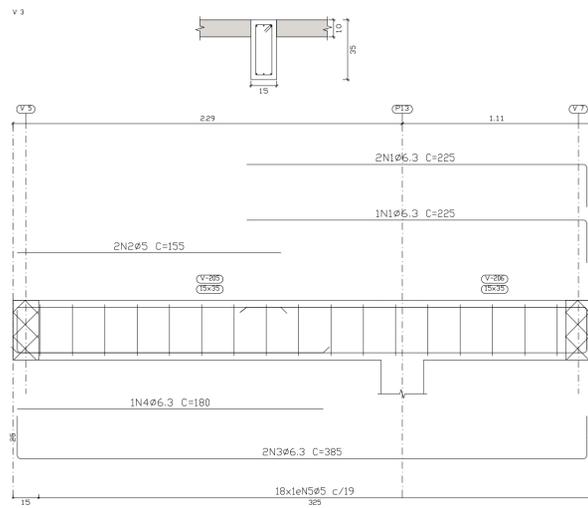
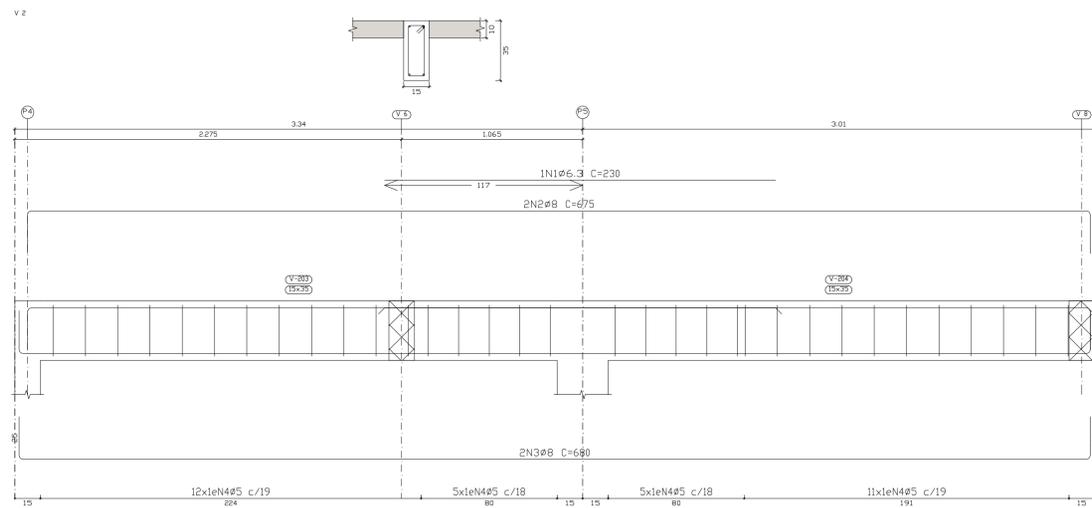
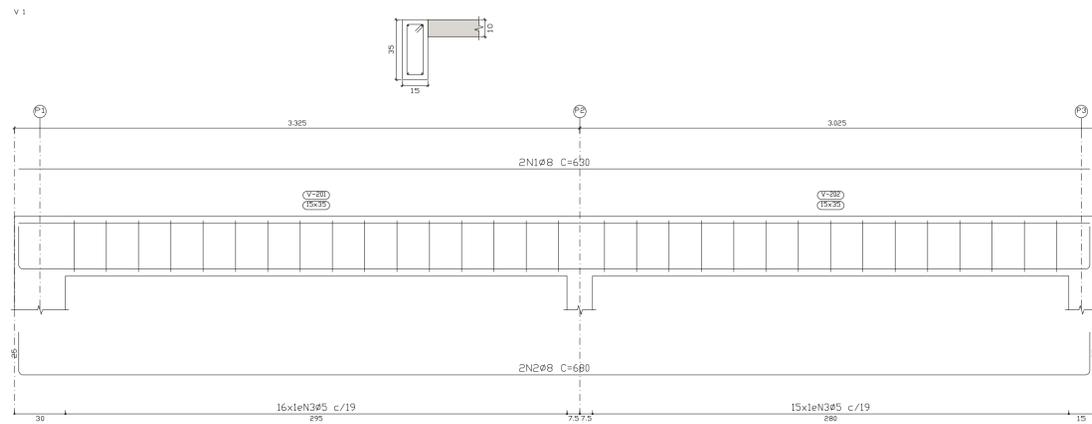


Resumo Aço	Comp. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
CA-50	17.4	5	89
CA-60	216.8	37	37
Total			126

Elemento	Pos	Diam.	Q.	Esquema (cm)	Comp (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)	CA-60 (kg)	
V 6	1	Ø8	2	180	180	360	1.4		
	2	Ø8	2	219	219	438	1.7		
	3	Ø5	9	78	78	702		1.1	
Total+10%							3.4	1.2	
V 7	1	Ø8	2	820	820	1640	6.5		
	2	Ø8	2	834	834	1668	6.6		
	3	Ø5	43	78	78	3354		5.3	
Total+10%							14.4	5.8	
V 8	1	Ø6.3	1	150	150	150	0.4		
	2	Ø8	2	820	820	1640	6.5		
	3	Ø8	2	834	834	1668	6.6		
	4	Ø5	46	78	78	3588		5.6	
Total+10%							14.9	6.2	
							Ø5:	0.0	13.2
							Ø6.3:	0.4	0.0
							Ø8:	32.3	0.0
							Total:	22.7	13.2

PRC:		PRC:	
TÍTULO: PROJETO ESTRUTURAL		USO: RESIDENCIAL A CONSTRUIR	
		ZONA: ZUDI	
ENDEÇO: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		ÁREA TERRENO: XXXXXX	
		ÁREA CONSTRUIDA: XXXXXX	
PRP: ALUNDS DOCTUM		TAXA OCUPAÇÃO: XXXXXX	
		COEFICIENTE APROVEITAMENTO: XXXX	
R.T.: JEFFERSON WENDER DOS SANTOS - ENGENHEIRO CIVIL CREA: 22670/3		DESENHO: JEFFERSON WENDER DOS SANTOS CRI: 9198074	
		DATA: 02/11/2009	FOLHA: PROJETO ESTRUTURAL
			5/10

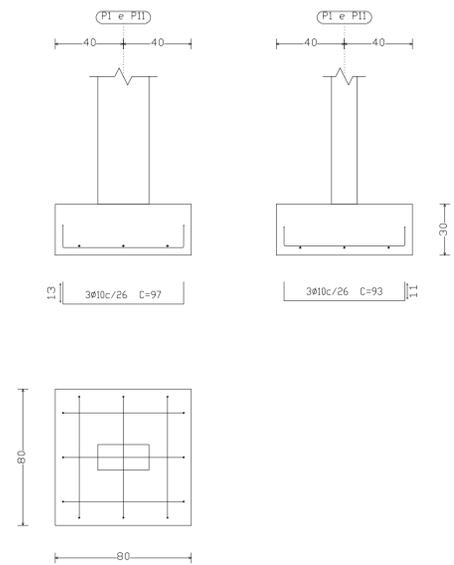
Cobertura
 Desenho de vigas
 Concreto: C25, em geral
 Aço dos barras: CA-50 e CA-60
 Aço dos estribos: CA-50 e CA-60
 Escala vigas 1:20
 Escala seções 1:20
 Escala aberturas 1:20



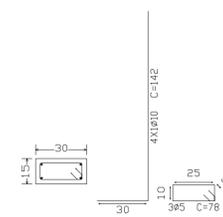
Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Esquema (cm)	Comp (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)	CA-60 (kg)	
V 1	1	Ø8	2	630	630	1260	5.0		
	2	Ø8	2	630	680	1360	5.4		
	3	Ø5	31	10	88	2728		4.3	
Total+10%							11.4	4.7	
V 2	1	Ø6.3	1	230	230	230	0.6		
	2	Ø8	2	675	675	1350	5.3		
	3	Ø8	2	675	680	1360	5.4		
	4	Ø5	33	10	88	2904		4.6	
Total+10%							12.4	5.1	
V 3	1	Ø6.3	3	225	225	675	1.7		
	2	Ø5	2	155	155	310		0.5	
	3	Ø6.3	2	385	385	770	1.9		
	4	Ø6.3	1	180	180	180	0.4		
	5	Ø5	18	10	88	1584		2.5	
Total+10%							4.4	3.3	
V 4	1	Ø8	2	630	630	1260	5.0		
	2	Ø8	2	630	680	1360	5.4		
	3	Ø5	31	10	88	2728		4.3	
Total+10%							11.4	4.7	
							Ø5	0.0	17.8
							Ø6.3	5.1	0.0
							Ø8	34.5	0.0
							Total	39.6	17.8

PRC:		PRC:	
TÍTULO: PROJETO ESTRUTURAL		USO: RESIDENCIAL A CONSTRUIR	ZONA: ZUDI
ENFERMED: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		ÁREA TERRENO: XXXXXX	ÁREA CONSTRUIDA: XXXXXX
PRP: ALUNDS DOCTUM		TAXA DE PAÇAO: XXXXXX	COEFICIENTE APROVEITAMENTO: XXXXX
R.T.: JEFFERSON WENDER DOS SANTOS (04/09/2004)		DESENHO: JEFFERSON WENDER DOS SANTOS (04/09/2004)	DATA: 02/11/2009
JEFFERSON WENDER DOS SANTOS - ENGENHEIRO CIVIL CREA: 22670/9		ÁREA: PROJETO ESTRUTURAL	5/10

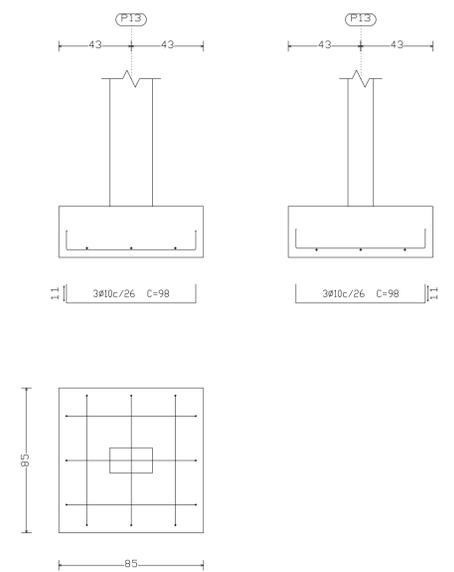
P1 e P11



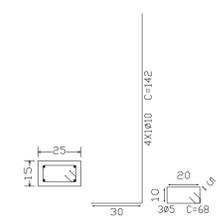
P1 e P11



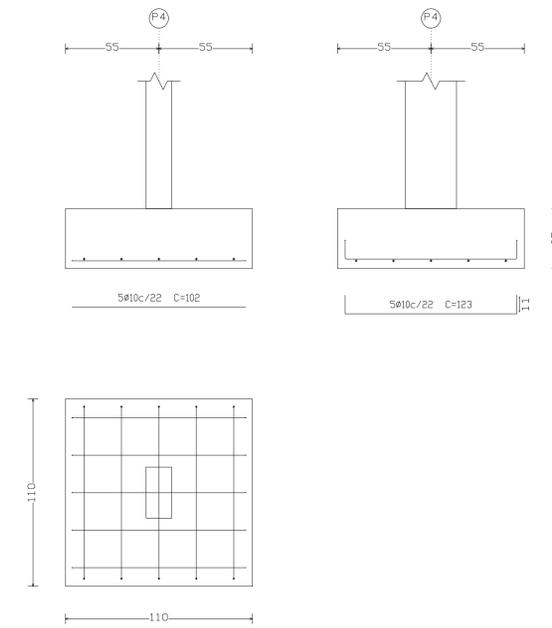
P13



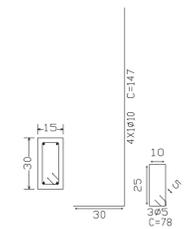
P13



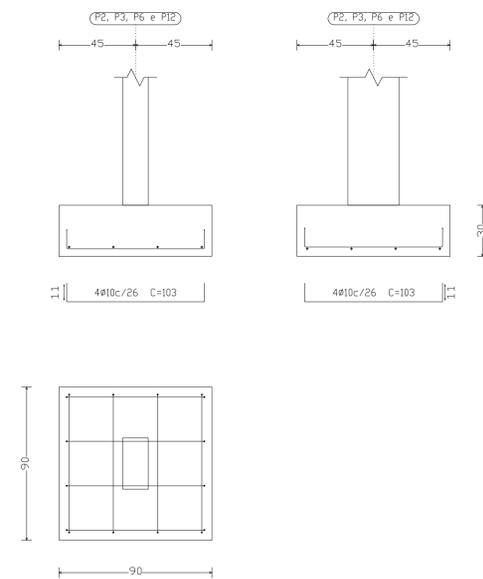
P4



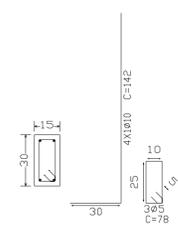
P4



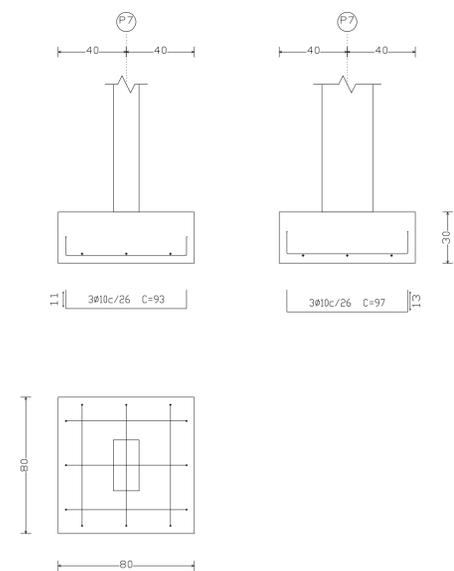
P2, P3, P6 e P12



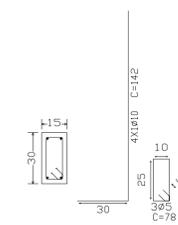
P2, P3, P6 e P12



P7



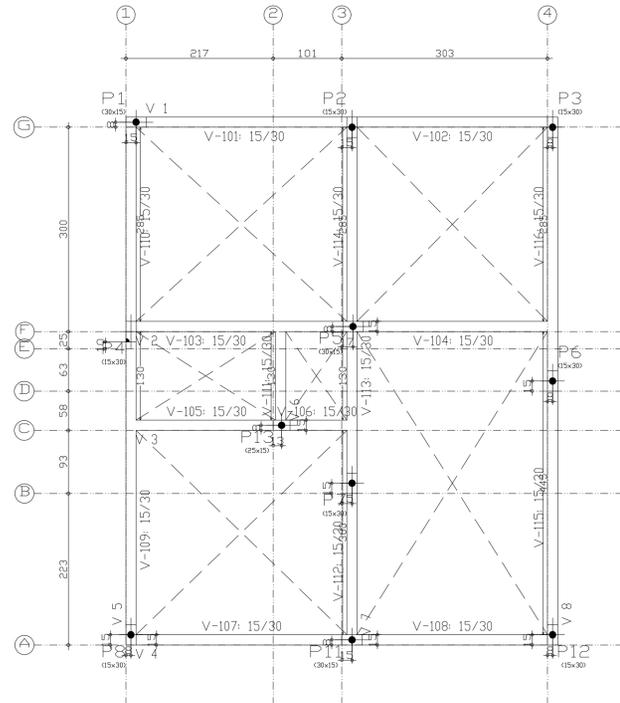
P7



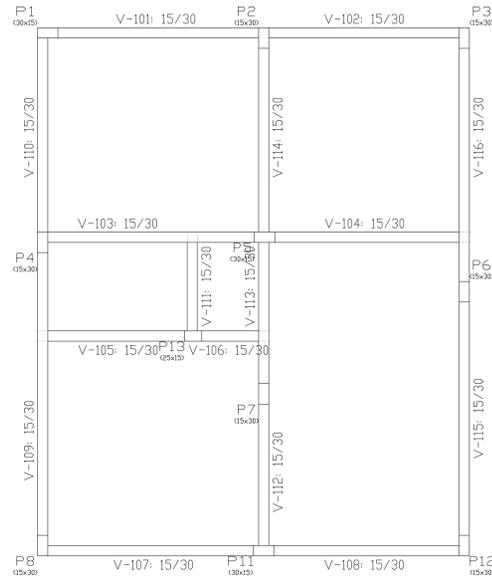
TÍTULO :	PROJETO ESTRUTURAL	PRDZ. :	
USO :	RESIDENCIAL A CONSTRUIR	ÁREA TERRENO :	XXXXXX
ZONA :	ZUADI	ÁREA CONSTRUIDA :	XXXXXX
ENDEVED. :	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	TAXA DE PAÇO :	XXXXXX
PRDZ. :	ALUNDS DOCTUM	COEFICIENTE APROVEITAMENTO :	XXXX
DESENHO :	JEFFERSON WENDER DOS SANTOS (04/9/2004)	ENGENHEIRO CIVIL	
DATA :	02/01/2009	FILHA :	PROJETO ESTRUTURAL

Térreo - Superfície total: 680 m ²			
Elemento	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barros (kg)
Vigas Fundo	6.31	2.10	126
Forma lateral	23.08		
Placas (Sup. Formas)	8.82	0.43	77
Total	48.21	2.53	303
Índices (por m ²)	5.913	0.372	29.85

Térreo
Piso
Escala: 1/50

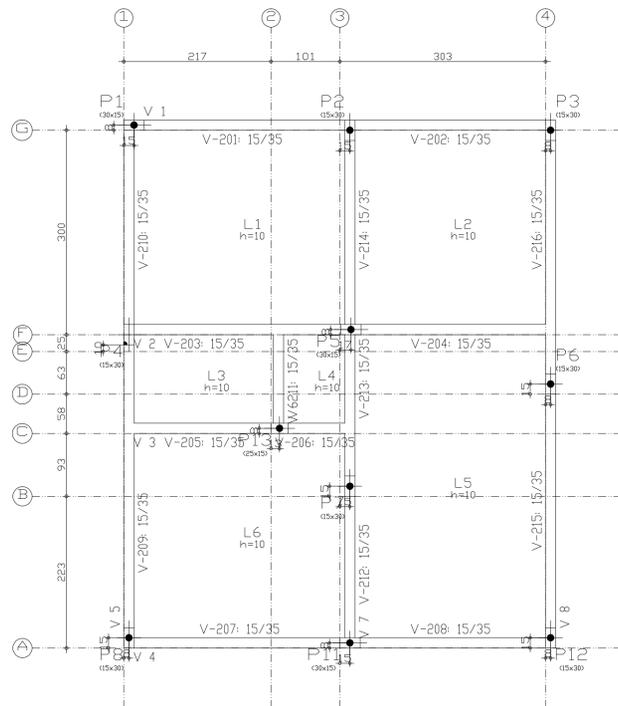


Térreo
Fundação
Concreto C25, em geral
Escala: 1/50

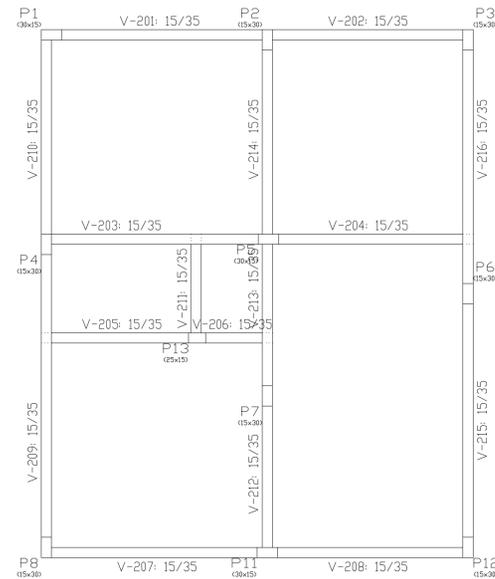


Cobertura - Superfície total: 492 m ²			
Elemento	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barros (kg)
LAJES	42.41	4.24	201
Vigas Fundo	6.31	2.45	123
Forma lateral	23.43		
Placas (Sup. Formas)	25.04	1.20	122
Total	97.19	7.89	446
Índices (por m ²)	1.975	0.160	9.06

Cobertura
Piso
Escala: 1/50



Cobertura
Fundação
Concreto: C25, em geral
Aços em lajes: CA-50 e CA-60
Escala: 1/50



PRD :	
TÍTULO :	PROJETO ESTRUTURAL
USO :	RESIDENCIAL A CONSTRUIR
ZONA :	ZUDI
ENFERMED :	ÁREA TERRENO : XXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
PRD :	ÁREA CONSTRUIDA : XXXXXX
TAXA OCUPAÇÃO :	XXXXXX
COEFICIENTE APROVEITAMENTO :	XXXX
DESENHO :	ALUNDS DOCTUM
DESENHO :	JEFFERSON WENDER DOS SANTOS (04/9/2004)
DATA :	02/01/2009
PROJETO :	PROJETO ESTRUTURAL

7.3 ANEXO C – DIMPERFIL

RELATORIO:{

Ue: $b_w=7,5$ $b_f=4$ $D=1,5$ $t=0,2$ $\beta_1=0$ $\beta_2=90$

$f_y= 19 \text{ kN/cm}^2$ $E= 20000 \text{ kN/cm}^2$ $G= 7700 \text{ kN/cm}^2$

1 - Barras submetidas à compressão centrada [NBR 14762 - 9.7]

1.1 - Flambagem distorcional elástica:

Valor de N_{dist} obtido da tabela de cargas críticas pré cadastradas.

$N_{dist}= 265,86 \text{ kN/cm}^2$

1.2 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.7.3]

$\beta_3= 1,2$

$f_y= 19 \text{ kN/cm}^2$

$A= 6,87 \text{ cm}^2$

$\beta_{dist}= 0,7$

$X_{dist}= 0,95$

$N_{dist}= 265,86 \text{ kN}$

$N_{Rdist}= 102,87 \text{ kN}$

1.3 - Flambagem da barra por flexão, por torção ou por flexo-torção [NBR 14762-9.7.2]

1.3.1 - Cálculo N_e

$L_x= 1 \text{ cm}$ $L_y= 315 \text{ cm}$ $L_t= 315 \text{ cm}$

$r_0= 4,22 \text{ cm}$ $x_0= 0 \text{ cm}$ $y_0= 0 \text{ cm}$

$I_x=60,48 \text{ cm}^4$ $I_y=62,1 \text{ cm}^4$ $I_t=85,54 \text{ cm}^4$

$I_w=0 \text{ cm}^6$ $A=6,87 \text{ cm}^2$

$N_{ex}= 11938770,11 \text{ kN}$

$N_{ey}= 123,53 \text{ kN}$

$N_{ez}= 36936,36 \text{ kN}$

Perfil duplamente simétrico ou simétrico em relação a um ponto [NBR14762 - 9.7.2.1]

$N_e= 123,53 \text{ kN}$

$F_e = 17,97 \text{ kN/cm}^2$

flambagem por flexão Y-Y

$A = 6,87 \text{ cm}^2$

$\phi_{BB0} = 1,03$

$X = 0,64$

$\phi_{C3} = 12,21 \text{ kN/cm}^2$

MÉTODO DAS LARGURAS EFETIVAS (MLE)

$A_{ef_MLE} = 6,87 \text{ cm}^2$

$\phi_{B3} = 1,2$

$N_c = 69,92 \text{ kN}$

A força normal de compressão de cálculo deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.7.1]

$N_c = 69,92 \text{ kN}$

$N_{dist} = 102,87 \text{ kN}$

$N_{rd} = 69,92 \text{ kN}$

PANELSAVE:{tipoPerfil=Ue

$N_{cSd} =$

$M_{xSd} = 10000$

$M_{ySd} =$

$V_{Sd} =$

$C_{bx} = 1$

$C_{by} = 1$

$L_x =$

$L_y = 315$

$L_t = L_y$

interações $N_{rd} = 1$

```
config: {; N=10; NcSd=10; sigma=19;; relatorio_indice=true; relatorio_gerar=true; E = 20000; fy = 19; fu = 30; showE = false; G = 7700; interaçõesNrd = 1;; duplicate = -y; trabalho_a_frio = false; distEm1Plano = true; rm = 1,5*t; fy = 19; distDuplicate = 0+t/2;; E = 20000; fy = 19; fu = 30; showE = false; poisson = 7700; interaçõesNrd = 1; eixoPrincipal = true;; ?u03B1 = 0
```

bw = 7.5

bf = 4

D = 1.5

t = 0.2

?u03B2 = 90

;)GETDIMENSOES:{?u03B1 = 0

bw = 7.5

bf = 4

D = 1.5

t = 0.2

?u03B2 = 90

}

PLOTIMPLOT: {begin=10

end=20

passo=20

valores=0.1 \$ 0.2 \$ 0.3

X=Perfil

Y=Nrd

NBR=true

AISI=false

6355=true

VAR1=bw

VAR2=t

PLOT-DIMENSÕES: { $\theta = 0$

$b_w = 15$

$b_f = 6$

$D = 2$

$t = 0.2$

$\theta = 90$

}}

RELATORIO:{

Ue: $b_w=10$ $b_f=5$ $D=1,7$ $t=0,225$ $\beta_1=0$ $\beta_2=90$

$f_y= 19 \text{ kN/cm}^2$ $E= 20000 \text{ kN/cm}^2$ $G= 7700 \text{ kN/cm}^2$

1 - Barras submetidas à compressão centrada [NBR 14762 - 9.7]

1.1 - Flambagem distorcional elástica:

Valor de N_{dist} obtido da tabela de cargas críticas pré cadastradas.

$N_{dist}= 306,91 \text{ kN/cm}^2$

1.2 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.7.3]

$\beta_3= 1,2$

$f_y= 19 \text{ kN/cm}^2$

$A= 9,86 \text{ cm}^2$

$\beta_{dist}= 0,78$

$X_{dist}= 0,89$

$N_{dist}= 306,91 \text{ kN}$

$N_{Rdist}= 139,4 \text{ kN}$

1.3 - Flambagem da barra por flexão, por torção ou por flexo-torção [NBR 14762-9.7.2]

1.3.1 - Cálculo N_e

$L_x= 1 \text{ cm}$ $L_y= 315 \text{ cm}$ $L_t= 315 \text{ cm}$

$r_0= 5,51 \text{ cm}$ $x_0= 0 \text{ cm}$ $y_0= 0 \text{ cm}$

$I_x=155,37 \text{ cm}^4$ $I_y=144,13 \text{ cm}^4$ $I_t=209,7 \text{ cm}^4$

$I_w=0 \text{ cm}^6$ $A=9,86 \text{ cm}^2$

$N_{ex}= 30669105,27 \text{ kN}$

$N_{ey}= 286,72 \text{ kN}$

$N_{ez}= 53181,13 \text{ kN}$

Perfil duplamente simétrico ou simétrico em relação a um ponto [NBR14762 - 9.7.2.1]

$N_e = 286,72 \text{ kN}$

$F_e = 29,07 \text{ kN/cm}^2$

flambagem por flexão Y-Y

$A = 9,86 \text{ cm}^2$

$\phi_{BB0} = 0,81$

$X = 0,76$

$\phi_{C3} = 14,45 \text{ kN/cm}^2$

MÉTODO DAS LARGURAS EFETIVAS (MLE)

$A_{ef_MLE} = 9,86 \text{ cm}^2$

$\phi_{B3} = 1,2$

$N_c = 118,8 \text{ kN}$

A força normal de compressão de cálculo deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.7.1]

$N_c = 118,8 \text{ kN}$

$N_{dist} = 139,4 \text{ kN}$

$N_{rd} = 118,8 \text{ kN}$

PANELSAVE:{tipoPerfil=Ue

$N_{cSd} =$

$M_{xSd} = 10000$

$M_{ySd} =$

$V_{Sd} =$

$C_{bx} = 1$

$C_{by} = 1$

$L_x =$

$L_y = 315$

$L_t = L_y$

interaçõesNrd=1

```
config: {; N=10; NcSd=10; sigma=19;; relatorio_indice=true; relatorio gerar=true; E = 20000; fy = 19; fu = 30; showE = false; G = 7700; interaçõesNrd = 1;; duplicate = -y; trabalho_a_frio = false; distEm1Plano = true; rm = 1,5*t; fy = 19; distDuplicate = 0+t/2;; E = 20000; fy = 19; fu = 30; showE = false; poisson = 7700; interaçõesNrd = 1; eixoPrincipal = true;; bw = 10
```

bf = 5

D = 1,7

t = 0,225

?u03B1 = 0

?u03B2 = 90

;)GETDIMENSOES:{?u03B1 = 0

bw = 10

bf = 5

D = 1.7

t = 0.225

?u03B2 = 90

}

PLOTIMPLOT:{begin=10

end=20

passo=20

valores=0.1 \$ 0.2 \$ 0.3

X=Perfil

Y=Nrd

NBR=true

AISI=false

6355=true

VAR1=bw

VAR2=t

PLOT-DIMENSÕES: { $\alpha_1 = 0$

$b_w = 15$

$b_f = 6$

$D = 2$

$t = 0.2$

$\alpha_2 = 90$

}}

RELATORIO:{

Ue: $b_w=7,5$ $b_f=4$ $D=1,5$ $t=0,2$ $\beta_1=0$ $\beta_2=90$

$f_y= 19 \text{ kN/cm}^2$ $E= 20000 \text{ kN/cm}^2$ $G= 7700 \text{ kN/cm}^2$

1 - Barras submetidas à compressão centrada [NBR 14762 - 9.7]

1.1 - Flambagem distorcional elástica:

Valor de N_{dist} obtido da tabela de cargas críticas pré cadastradas.

$N_{dist}= 265,86 \text{ kN/cm}^2$

1.2 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.7.3]

$\beta_3= 1,2$

$f_y= 19 \text{ kN/cm}^2$

$A= 6,87 \text{ cm}^2$

$\beta_{dist}= 0,7$

$X_{dist}= 0,95$

$N_{dist}= 265,86 \text{ kN}$

$N_{Rdist}= 102,87 \text{ kN}$

1.3 - Flambagem da barra por flexão, por torção ou por flexo-torção [NBR 14762-9.7.2]

1.3.1 - Cálculo N_e

$L_x= 1 \text{ cm}$ $L_y= 315 \text{ cm}$ $L_t= 315 \text{ cm}$

$r_0= 4,22 \text{ cm}$ $x_0= 0 \text{ cm}$ $y_0= 0 \text{ cm}$

$I_x=60,48 \text{ cm}^4$ $I_y=62,1 \text{ cm}^4$ $I_t=85,54 \text{ cm}^4$

$I_w=0 \text{ cm}^6$ $A=6,87 \text{ cm}^2$

$N_{ex}= 11938770,11 \text{ kN}$

$N_{ey}= 123,53 \text{ kN}$

$N_{ez}= 36936,36 \text{ kN}$

Perfil duplamente simétrico ou simétrico em relação a um ponto [NBR14762 - 9.7.2.1]

$N_e = 123,53 \text{ kN}$

$F_e = 17,97 \text{ kN/cm}^2$

flambagem por flexão Y-Y

$A = 6,87 \text{ cm}^2$

$\phi_{BB0} = 1,03$

$X = 0,64$

$\phi_{C3} = 12,21 \text{ kN/cm}^2$

MÉTODO DAS LARGURAS EFETIVAS (MLE)

$A_{ef_MLE} = 6,87 \text{ cm}^2$

$\phi_{B3} = 1,2$

$N_c = 69,92 \text{ kN}$

A força normal de compressão de cálculo deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.7.1]

$N_c = 69,92 \text{ kN}$

$N_{dist} = 102,87 \text{ kN}$

$N_{rd} = 69,92 \text{ kN}$

PANELSAVE:{tipoPerfil=Ue

$N_{cSd} =$

$M_{xSd} = 10000$

$M_{ySd} =$

$V_{Sd} =$

$C_{bx} = 1$

$C_{by} = 1$

$L_x =$

$L_y = 315$

$L_t = L_y$

interaçõesNrd=1

```
config: {; N=10; NcSd=10; sigma=19;; relatorio_indice=true; relatorio gerar=true; E = 20000; fy = 19; fu = 30; showE = false; G = 7700; interaçõesNrd = 1;; duplicate = -y; trabalho_a_frio = false; distEm1Plano = true; rm = 1,5*t; fy = 19; distDuplicate = 0+t/2;; E = 20000; fy = 19; fu = 30; showE = false; poisson = 7700; interaçõesNrd = 1; eixoPrincipal = true;; ?u03B1 = 0
```

bw = 7.5

bf = 4

D = 1.5

t = 0.2

?u03B2 = 90

; GETDIMENSOES: { ?u03B1 = 0

bw = 7.5

bf = 4

D = 1.5

t = 0.2

?u03B2 = 90

}

PLOTIMPLOT: { begin=10

end=20

passo=20

valores=0.1 \$ 0.2 \$ 0.3

X=Perfil

Y=Nrd

NBR=true

AISI=false

6355=true

VAR1=bw

VAR2=t

PLOT-DIMENSÕES: { $\alpha_1 = 0$

$b_w = 15$

$b_f = 6$

$D = 2$

$t = 0.2$

$\alpha_2 = 90$

}}

RELATORIO:{

Ue: $b_w=10$ $b_f=5$ $D=1,7$ $t=0,265$ $\beta_1=0$ $\beta_2=90$

$f_y= 19 \text{ kN/cm}^2$ $E= 20000 \text{ kN/cm}^2$ $G= 7700 \text{ kN/cm}^2$

1 - Barras submetidas à compressão centrada [NBR 14762 - 9.7]

1.1 - Flambagem distorcional elástica:

Valor de N_{dist} obtido da tabela de cargas críticas pré cadastradas.

$N_{dist}= 438,45 \text{ kN/cm}^2$

1.2 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.7.3]

$\beta_3= 1,2$

$f_y= 19 \text{ kN/cm}^2$

$A= 11,48 \text{ cm}^2$

$\beta_{dist}= 0,71$

$X_{dist}= 0,94$

$N_{dist}= 438,45 \text{ kN}$

$N_{Rdist}= 171,29 \text{ kN}$

1.3 - Flambagem da barra por flexão, por torção ou por flexo-torção [NBR 14762-9.7.2]

1.3.1 - Cálculo N_e

$L_x= 1 \text{ cm}$ $L_y= 315 \text{ cm}$ $L_t= 315 \text{ cm}$

$r_0= 5,5 \text{ cm}$ $x_0= 0 \text{ cm}$ $y_0= 0 \text{ cm}$

$I_x=178,61 \text{ cm}^4$ $I_y=168,5 \text{ cm}^4$ $I_t=243,4 \text{ cm}^4$

$I_w=0 \text{ cm}^6$ $A=11,48 \text{ cm}^2$

$N_{ex}= 35256881,56 \text{ kN}$

$N_{ey}= 335,21 \text{ kN}$

$N_{ez}= 61976,3 \text{ kN}$

Perfil duplamente simétrico ou simétrico em relação a um ponto [NBR14762 - 9.7.2.1]

$$N_e = 335,21 \text{ kN}$$

$$F_e = 29,2 \text{ kN/cm}^2$$

flambagem por flexão Y-Y

$$A = 11,48 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{BB0} = 0,81$$

$$X = 0,76$$

$$\phi_{C3} = 14,47 \text{ kN/cm}^2$$

MÉTODO DAS LARGURAS EFETIVAS (MLE)

$$A_{ef_MLE} = 11,48 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{B3} = 1,2$$

$$N_c = 138,42 \text{ kN}$$

A força normal de compressão de cálculo deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.7.1]

$$N_c = 138,42 \text{ kN}$$

$$N_{dist} = 171,29 \text{ kN}$$

$$N_{rd} = 138,42 \text{ kN}$$

PANELSAVE:{tipoPerfil=Ue

$$N_{cSd} =$$

$$M_{xSd} = 10000$$

$$M_{ySd} =$$

$$V_{Sd} =$$

$$C_{bx} = 1$$

$$C_{by} = 1$$

$$L_x =$$

$$L_y = 315$$

$$L_t = L_y$$

interaçõesNrd=1

```
config: {; N=10; NcSd=10; sigma=19;; relatorio_indice=true; relatorio gerar=true; E = 20000; fy = 19; fu = 30; showE = false; G = 7700; interaçõesNrd = 1;; duplicate = -y; trabalho_a_frio = false; distEm1Plano = true; rm = 1,5*t; fy = 19; distDuplicate = 0+t/2;; E = 20000; fy = 19; fu = 30; showE = false; poisson = 7700; interaçõesNrd = 1; eixoPrincipal =true;; bw = 10
```

bf = 5

D = 1,7

t = 0,265

?u03B1 = 0

?u03B2 = 90

;)GETDIMENSOES:{?u03B1 = 0

bw = 10

bf = 5

D = 1.7

t = 0.265

?u03B2 = 90

}

PLOTIMPUPUT:{begin=10

end=20

passo=20

valores=0.1 \$ 0.2 \$ 0.3

X=Perfil

Y=Nrd

NBR=true

AISI=false

6355=true

VAR1=bw

VAR2=t

PLOT-DIMENSÕES: { $\alpha_1 = 0$

$b_w = 15$

$b_f = 6$

$D = 2$

$t = 0.2$

$\alpha_2 = 90$

}}

RELATORIO:{

Ue: $b_w=12,5$ $b_f=5$ $D=1,7$ $t=0,335$ $\beta_1=0$ $\beta_2=90$

$f_y= 19 \text{ kN/cm}^2$ $E= 20000 \text{ kN/cm}^2$ $G= 7700 \text{ kN/cm}^2$

1 - Barras submetidas à compressão centrada [NBR 14762 - 9.7]

1.1 - Flambagem distorcional elástica:

Valor de N_{dist} obtido da tabela de cargas críticas pré cadastradas.

$N_{dist}= 649,98 \text{ kN/cm}^2$

1.2 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.7.3]

$\beta_3= 1,2$

$f_y= 19 \text{ kN/cm}^2$

$A= 15,88 \text{ cm}^2$

$\beta_{dist}= 0,68$

$X_{dist}= 0,96$

$N_{dist}= 649,98 \text{ kN}$

$N_{Rdist}= 240,56 \text{ kN}$

1.3 - Flambagem da barra por flexão, por torção ou por flexo-torção [NBR 14762-9.7.2]

1.3.1 - Cálculo N_e

$L_x= 1 \text{ cm}$ $L_y= 315 \text{ cm}$ $L_t= 315 \text{ cm}$

$r_0= 6,25 \text{ cm}$ $x_0= 0 \text{ cm}$ $y_0= 0 \text{ cm}$

$I_x=367,49 \text{ cm}^4$ $I_y=252,12 \text{ cm}^4$ $I_t=421,32 \text{ cm}^4$

$I_w=0 \text{ cm}^6$ $A=15,88 \text{ cm}^2$

$N_{ex}= 72539212,43 \text{ kN}$

$N_{ey}= 501,56 \text{ kN}$

$N_{ez}= 83130,33 \text{ kN}$

Perfil duplamente simétrico ou simétrico em relação a um ponto [NBR14762 - 9.7.2.1]

$N_e = 501,56 \text{ kN}$

$F_e = 31,59 \text{ kN/cm}^2$

flambagem por flexão Y-Y

$A = 15,88 \text{ cm}^2$

$\phi_{BB0} = 0,78$

$X = 0,78$

$\phi_{C3} = 14,77 \text{ kN/cm}^2$

MÉTODO DAS LARGURAS EFETIVAS (MLE)

$A_{ef_MLE} = 15,88 \text{ cm}^2$

$\phi_{B3} = 1,2$

$N_c = 195,44 \text{ kN}$

A força normal de compressão de cálculo deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.7.1]

$N_c = 195,44 \text{ kN}$

$N_{dist} = 240,56 \text{ kN}$

$N_{rd} = 195,44 \text{ kN}$

PANELSAVE:{tipoPerfil=Ue

$N_{cSd} =$

$M_{xSd} = 10000$

$M_{ySd} =$

$V_{Sd} =$

$C_{bx} = 1$

$C_{by} = 1$

$L_x =$

$L_y = 315$

$L_t = L_y$

interaçõesNrd=1

```
config: {; N=10; NcSd=10; sigma=19;; relatorio_indice=true; relatorio gerar=true; E = 20000; fy = 19; fu = 30; showE = false; G = 7700; interaçõesNrd = 1;; duplicate = -y; trabalho_a_frio = false; distEm1Plano = true; rm = 1,5*t; fy = 19; distDuplicate = 0+t/2;; E = 20000; fy = 19; fu = 30; showE = false; poisson = 7700; interaçõesNrd = 1; eixoPrincipal = true;; bw = 12,5
```

bf = 5

D = 1,7

t = 0,335

?u03B1 = 0

?u03B2 = 90

;)GETDIMENSOES:{?u03B1 = 0

bw = 12.5

bf = 5

D = 1.7

t = 0.335

?u03B2 = 90

}

PLOTIMPOT:{begin=10

end=20

passo=20

valores=0.1 \$ 0.2 \$ 0.3

X=Perfil

Y=Nrd

NBR=true

AISI=false

6355=true

VAR1=bw

VAR2=t

PLOT-DIMENSÕES: { $\alpha_1 = 0$

$b_w = 15$

$b_f = 6$

$D = 2$

$t = 0.2$

$\alpha_2 = 90$

}}