

**REDE DOCTUM DE ENSINO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO E CONCRETO
PROTENDIDO CUSTOS E BENEFÍCIOS NA EXECUÇÃO DE OBRAS**

**LIDNEY FERREIRA DA SILVA
MARCONI CAMARGOS DE CARVALHO**

Trabalho de Conclusão de Curso

Caratinga/MG

2016

**LIDNEY FERREIRA DA SILVA
MARCONI CAMARGOS DE CARVALHO**

**ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO E CONCRETO
PROTENDIDO CUSTOS E BENEFÍCIOS NA EXECUÇÃO DE OBRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Caratinga da DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: José Salvador Alves.

Caratinga/MG

2016

TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TRABALHO

ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO E CONCRETO PROTENDIDO CUSTOS E BENEFÍCIOS NA EXECUÇÃO DE OBRAS

Nome completo do aluno: LIDNEY FERREIRA DA SILVA
MARCONI CAMARGOS DE CARVALHO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado perante a Banca de Avaliação composta pelos professores José Salvador Alves, Sidinei Silva Araújo e Camila Alves Da Silva, às 21:30 horas do dia 12 de dezembro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil. Após a avaliação de cada professor e discussão, a Banca Avaliadora considerou o trabalho: Aprovado (aprovado ou não aprovado), com a qualificação: _____ (Excelente, Ótima, Bom, Satisfatório ou Insatisfatório).

Trabalho indicado para publicação: ()SIM ()NÃO

Caratinga, 12 de dezembro de 2016

José Salvador Alves
Professor Orientador e Presidente da Banca

Sidinei Silva Araújo
Professor Avaliador 1

Camila Alves da Silva
Professor Avaliador 2

Lidney Ferreira da Silva
Aluno(a)

Marconi Camargos de Carvalho

[Assinatura]
Coordenador(a) do Curso

Dedicamos a Deus, por ter nos iluminado em todos estes anos, aos nossos pais que nos deram a vida e ensinaram a vivermos com dignidade, a família, pela compreensão, incentivo, principais responsáveis por esta conquista, e a todos amigos , parentes que de uma forma ou de outra sempre acreditaram em nosso sucesso.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os colegas de sala, pelo companheirismo, e momentos vividos, que jamais esqueceremos e ficarão guardados para sempre em nossas vidas, á todos os professores que nos ajudaram e participaram do nosso aprendizado, e em especial á aquele que não mediu esforços, nosso professor orientador, José salvador Alves, pela paciência, dedicação e sabedoria, na realização deste trabalho.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”

(CHARLES CHAPLIN)

CARVALHO, Marconi Camargos de; SILVA, Lidney Ferreira da. **Estruturas em concreto armado e concreto protendido, custos e benefícios na execução de obras.** Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

RESUMO

Este trabalho tem em vista comparar dois sistemas estruturais, com lajes em concreto protendido e o outro com lajes em concreto armado. Assim sendo, apresenta, por consequência, uma análise no âmbito econômico, de maneira a verificar os quantitativos de cada sistema apresentado. O presente trabalho traz os conceitos básicos do tema, características, aplicações e recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2014) para cada sistema adotado. O lançamento para as análises das estruturas, dimensionamento referente ao concreto armado, avaliação dos resultados e os quantitativos de materiais para os sistemas escolhidos, foram realizados com software cypecad¹. Para tal foi escolhido uma edificação que serviu de ampliação do VIND'S HOTEL com três pavimentos sendo garagem, restaurante um e salão de eventos, situado no centro da cidade de Caratinga - MG . Este trabalho contribuirá com a necessidade de orientar na escolha adequada para seu empreendimento, tendo em vista que o concreto protendido é pouco usado na região de Caratinga - MG.

Palavras-chave: Concreto protendido, concreto armado, lajes e custos.

¹ Software de calculo estrutural

CARVALHO, Marconi Camargos de; SILVA, Lidney Ferreira da. **Estruturas em concreto armado e concreto protendido, custos e benefícios na execução de obras.** Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

ABSTRACT

This work aims to compare two structural systems, with slabs in prestressed concrete and the other with slabs in reinforcing concrete. Therefore, it presents, therefore, an analysis in the economic scope, in order to verify the quantitative of each presented system. The present work presents the basic concepts of the theme, characteristics, applications and recommendations of NBR 6118 (ABNT, 2014) for each system adopted. The launch for structural analysis, sizing for reinforced concrete, evaluation of results and quantitative materials for the chosen systems were performed with software cypecad². For that, a building was chosen that served as an extension of VIND'S HOTEL with three floors, garage, restaurant one and hall of events, located in the center of the city of Caratinga - MG. This work will contribute to the need to guide in the appropriate choice for its enterprise, considering that the prestressed concrete is little used in the region of Caratinga - MG.

Key-words: Precast concrete, reinforced concrete, slabs and costs.

² Structural Calculation Software

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Ponte do Galeão-RJ. Calculada por Eugène Freyssinet, em 1948	13
Figura 2	– Viga de concreto: (1) sem armadura e (2) com armadura.	17
Figura 3	– Princípio da aplicação dos esforços de protensão.	19
Figura 4	– Ancoragem ativa e ancoragem passiva.	20
Figura 5	– Cordoalha engraxada.	20
Figura 6	– Mostra a sequência construtiva de vigas com armaduras pré-tracionadas, em um leito alongado com capacidade para três vigas.	21
Figura 7	– Tipos de cabos de protensão utilizados em vigas simplesmente apoiadas:1-Cabo retilíneo, ancorado nas faces extremas da viga.2-Cabo curvo, ou parte retilíneo e parte curvilíneo, ancorado nas faces extremas da viga.3-Nicho de ancoragem ativa, na face extrema da viga.4-Cabo curvo, ou parte retilíneo e parte curvilíneo, ancorado na parte superior da viga.5-Nicho de ancoragem ativa, na face superior da viga.	22
Figura 8	– de custo em concreto armado e concreto protendido.	23
Figura 9	– Projeto arquitetônico da garagem.	26
Figura 10	– Projeto arquitetônico do restaurante.	27
Figura 11	– Planta de forma do cintamento e da fundação (CP).	29
Figura 12	– Planta de forma do térreo - Garagem (CP).	30
Figura 13	– Planta de forma do 1º pavimento - Restaurante (CP).	31
Figura 14	– Planta de forma da cobertura - Auditório (CP).	32
Figura 15	– Planta de forma do cintamento com as devidas locações dos pilares (CA).	34
Figura 16	– Planta de forma do térreo - Garagem (CA).	35
Figura 17	– Planta de forma do 1º pavimento - Restaurante (CA).	36
Figura 18	– Planta de forma da cobertura - Auditório (CA).	37
Figura 19	– Gráfico distribuição dos custos (CP).	39
Figura 20	– Gráfico de distribuição dos custos (CA).	40
Figura 21	– Gráfico de consumo de concreto por elementos.	40
Figura 22	– Gráfico de consumo de Forma por elementos.	41
Figura 23	– Gráfico de consumo de Aço por elementos.	41
Figura 24	– Gráfico de consumo de Cordoalhas por elementos.	41
Figura 25	– Gráfico comparativo dos custos totais das estruturas.	42
Figura 26	– Ficha de orçamento.	46
Figura 27	– Orçamento - Concreto protendido.	47
Figura 28	– Orçamento - Concreto armado.	48
Figura 29	– Tabela de quantitativos - Concreto armado.	49
Figura 30	– Orçamento de formas por m.	50

Figura 31 – Orçamento de concreto.	51
Figura 32 – Orçamento de concreto.	52
Figura 33 – Planta de formas e armação - Garagem (CP).	53
Figura 34 – Planta de formas - Restaurante (CP).	54
Figura 35 – Planta de formas - Cobertura (CP).	55
Figura 36 – Planta de armação - Restaurante (CP).	56
Figura 37 – Planta de armação - Cobertura (CP).	57
Figura 38 – Planta de distribuição dos cabos - Restaurante (CP).	58
Figura 39 – Planta de distribuição do cabos - Cobertura (CP).	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Distribuição dos custos	18
Tabela 2	– Quantitativo e Custos da Estruturas em Concreto Protendido	38
Tabela 3	– Quantitativo e Custos da Estruturas em Concreto Armado.	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C.A.	Concreto Armado.
cm	Centímetro
C.P.	Concreto Protendido
EUA	Estados Unidos da América
Fyk	Tensão de escoamento característico do aço
F _{Pi}	Força de Protensão inicial
Kg	Quilo gramas
m	Metros
MPa	Mega Pascal
NBR	Normas Brasileiras
tf	Tonelada força
⁰ C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL	14
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 ESTRUTURAS EM CONCRETOS ARMADO	16
2.1.1 Tipos de estruturas de Concreto Armado	16
2.1.2 Custos na execução de obras com Concreto Armado	18
2.2 ESTRUTURAS DE CONCRETO PROTENDIDO	18
2.2.1 Materiais utilizados em Concreto Protendido	19
2.2.2 Sistemas estruturais em Concreto Protendido	21
2.2.3 Tipos de Protensão	21
2.2.4 Vantagens e desvantagens do Concreto Protendido	22
2.2.5 Armado x Protendido	23
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
3.1 APRESENTAÇÃO DOS PROJETOS	25
3.1.1 Projeto arquitetônico	25
3.1.2 Projeto estrutural	27
3.1.2.1 Lajes em concreto protendido	28
3.1.2.2 Lajes em concreto armado	33
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	38
4.1 SISTEMA ESTRUTURAL EM LAJES PROTENDIDA	38
4.2 SISTEMA ESTRUTURAL EM LAJES DE CONCRETO ARMADO	39
4.3 COMPARATIVO DOS QUANTITATIVOS DAS ESTRUTURAS	40
4.4 COMPARATIVO DE CUSTOS TOTAIS DAS ESTRUTURAS	42
5 CONCLUSÃO	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊNDICE A	46
ANEXO A Projeto estruturais protendido	53

1 INTRODUÇÃO

Ultimamente a construção civil vem passando por grandes avanços tecnológicos, tendo que evoluir a cada dia mais, para atender o mercado e suas demandas. Embora existam diversos métodos construtivos já desenvolvidos para o cálculo estrutural o processo executivo mais comum no mercado brasileiro de edifícios residenciais e comerciais, é o método convencional do concreto armado, formados por Vigas e Lajes. Por motivos culturais, resistências e até mesmo a falta de conhecimento.

No Brasil, principalmente em Minas Gerais, é muito tradicionalista, com isso se torna difícil inserir no mercado novos produtos e processos. Tendo em vista esse cenário a região de Caratinga – MG, na sua grande maioria utiliza-se o método tradicional do concreto armado, muitas das vezes adaptando a obra para a utilização deste, mesmo sabendo que existem outros métodos construtivos, inclusive o concreto protendido. A tecnologia de protensão teve início em 1866 nos EUA, acontecendo a primeira aplicação, por H. Jackson. Já no Brasil, a tecnologia foi trazida por pesquisadores com o objetivo de obter maiores vãos por meio da utilização de um sistema estrutural mais robusto, como por exemplo em 1948 foi feita a primeira ponte em C.P. no Rio de Janeiro. Fig 1

Figura 1: Ponte do Galeão-RJ. Calculada por Eugène Freyssinet, em 1948



Fonte: NTC Brasil-2016

De acordo com W. Pfiel (1980, p.38). “a protensão é definida como um esforço aplicado a uma peça de concreto com a finalidade de anular ou reduzir as tensões de tração da mesma.”

A arte de se protender é:

"Fazer uso de uma tecnologia inteligente, eficaz e duradoura. Inteligente, pois permite que se aproveite ao máximo a resistência mecânica dos seus principais materiais constituintes, o concreto e o aço, reduzindo assim suas quantidades; eficaz, devido à sua superioridade técnica sobre soluções convencionais, proporcionando estruturas seguras e confortáveis; duradoura, porque possibilita longa vida útil aos seus elementos."

(RUDLOFF, Catálogo concreto protendido)

Embora encontre algumas barreiras muitas das vezes, tem-se como uma solução economicamente inviável. Isso se dá pela deficiência de literatura técnica referente a estudos que possa auxiliar, fazendo com que os profissionais do ramo mantenham-se conservadores e acabem optando pelas estruturas convencionais em concreto armado. Como resultado positivo a protensão, em muitos casos, suas estruturas tem uma baixa ou nenhuma necessidade de manutenção ao longo de sua vida útil, além disso, nos proporciona grandes vantagens como:

- Grandes vãos;
- Possibilita uso em ambientes agressivos;
- Controle e redução de deformações e da fissuração;
- Aplicação em peças pré-fabricadas;
- Projetos arquitetônicos ousados;
- Lajes mais esbeltas do que as equivalentes em concreto armado
- Recuperação e reforço de estruturas;

Dessa forma este trabalho apresenta uma análise comparativa entre o uso do concreto armado e do Concreto protendido em lajes planas e lisas, para uma estrutura comercial, contando com bibliografias especializadas e com a ajuda de software de cálculos com a finalidade de mostrar as vantagens, limitações e custos acerca das estruturas.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo geral apresentar dados comparativos de custos e de benefícios, de uma estrutura em concreto armado e em concreto protendido.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para alcançarmos os objetivos citados acima, nossos objetivos específicos são:

- Usar um projeto arquitetônico como alicerce;

- Dimensionar e detalhar a estrutura em concreto armado.
- Utilizar os dados do projeto estrutural em concreto protendido da obras executada.
- Analisar a viabilidade econômica da execução do edifício em questão com a utilização de lajes lisas protendidas;
- Definir elementos e conceitos na execução das estruturas;
- Fazer um comparativo de custos entre as duas estruturas;
- Descrever os sistemas construtivos de ambas as estruturas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ESTRUTURAS EM CONCRETOS ARMADO

De acordo com a ABNT NBR 6118:2014 (Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, p.4), as estruturas em concreto armado convencional são “aquelas cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência. ”. Pfeil (1988, p.1) simplificadamente define que “concreto armado é definido como o material de construção composto pela associação de concreto com barras de aço colocadas no seu interior. As barras de aço, que constituem a armadura, são posicionadas na fôrma, antes do lançamento do concreto plástico. Este envolve as barras de aço, obtendo-se, após endurecimento, um elemento de concreto armado.”

Assim, podemos dizer que a estrutura de concreto armado é o conjunto entre o concreto e barras de aço, sendo o concreto a mistura de cimento, agregado graúdo e água. Essa junção, aumenta a resistência da estrutura.

Bastos (2006) relata que, na construção de um elemento estrutural em Concreto Armado, as armaduras de aço são previamente posicionadas na fôrma (ou molde), em seguida o concreto fresco é lançado para preencher a fôrma, quando simultaneamente vai-se realizando o adensamento do concreto, que deve envolver e aderir às armaduras. Após a cura e outros cuidados e com o endurecimento do concreto, a fôrma pode ser retirada e assim origina-se a peça de Concreto Armado.

Estes dois materiais apresentam coeficientes de dilatação térmica bem próximos, dentro da faixa usual de temperatura atmosférica (entre -40 e $+60$ °C):

Concreto: $a_c = 0,9$ a $1,4 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Aço: $a_s = 1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Com a aderência, as deformações das barras de aço e a do concreto que as envolve devem ser iguais, isto é,

$$\varepsilon_s = \varepsilon_c \text{ para o aço e para o concreto.}$$

2.1.1 Tipos de estruturas de Concreto Armado

Sobre os tipos de estruturas de concreto armado, a NBR 6118 (ABNT, 2014), tem as seguintes definições:

Elementos de concreto simples estrutural: Elementos estruturais elaborados com concreto que não possui qualquer tipo de armadura ou que a possui em quantidade inferior ao

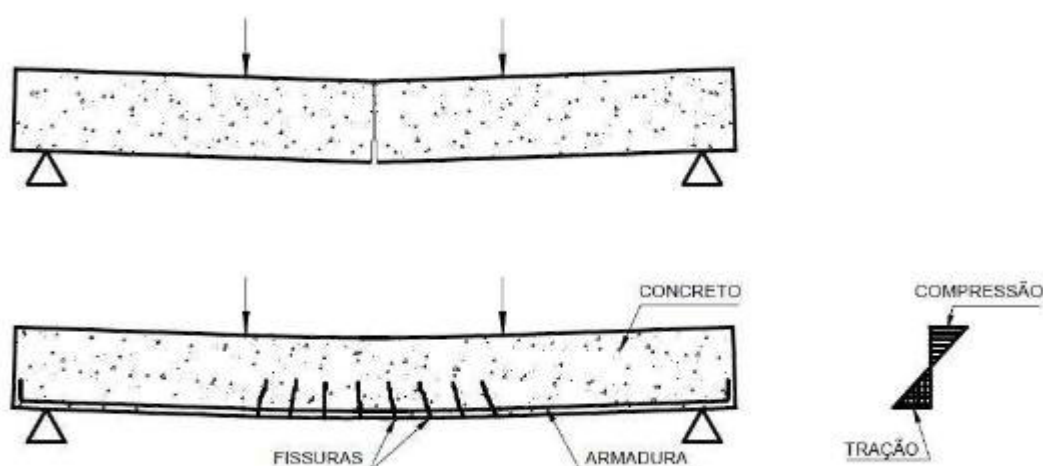
mínimo exigido para o concreto armado.

Elementos de Concreto Armado: Aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.

Armadura passiva: Qualquer armadura que não seja usada para produzir forças de protensão, isto é, que não seja previamente alongada.

Ademais, Bastos (2006), apresenta o conjunto entre o concreto e a armadura fazendo a comparação de uma viga sem armadura simples e com armadura. Supondo que as forças aplicadas sobre as vigas aumentem gradativamente de zero até a ruptura, a viga sem armadura rompe bruscamente tão logo inicia-se a primeira fissura, o que ocorre quando a tensão de tração atuante alcança a resistência do concreto à tração. Já a viga de Concreto Armado tem a capacidade resistente à flexão significativamente aumentada devido à existência da armadura. Assim, como ilustrado na figura 2.

Figura 2: Viga de concreto: (1) sem armadura e (2) com armadura.



Fonte: PFEIL, 1989

Segundo Silva (2015), existem vantagens e desvantagens nas estruturas de concreto armado. As vantagens:

- Material relativamente econômico com facilidade de execução (muitas vezes sem necessidade de mão de obra qualificada para sua aplicação);
- Apresenta baixa necessidade de manutenção;
- • Permite construção de estruturas hiperestáticas. Entre outras.

E as desvantagens são:

- O peso das estruturas de concreto (relativamente alto),

- Dificuldade para reformas e demolições,
- Baixa proteção térmica.

2.1.2 Custos na execução de obras com Concreto Armado

Segundo Bastos (2014, p.6) “ os componentes do concreto estão disponíveis em quase todas as regiões do Brasil. É importante calcular o custo global da estrutura considerando-se os custos dos materiais, da mão de obra e dos equipamentos, bem como o tempo necessário para a sua elevação. ”

Porém deve-se levar em consideração a indicação da NBR 6118 (ABNT, 2014), que indica, para estruturas de concreto armado, a resistência mínima do concreto é de 20 Mpa (C 20). Giongo (2007), no custo de concreto armado estão envolvidos os custos dos materiais que compõem (pedra britada, areia, cimento, aditivos e adições), barras e os fios de aço que formam as armaduras, os materiais para montar as fôrmas para moldagens de todos os elementos estruturais os custos dos andaimes, os custos com mão de obra e custos de lançamentos, adensamento, cura e desforma.

Seguindo Giongo (2007), descreve que para um dos custos parciais incide no custo total por unidade de volume com porcentagens da ordem dos valores indicados. Sendo, de acordo com a tabela 1

Tabela 1: Distribuição dos custos

Concreto	24,08%
Aço	27,87%
Fôrma	42,34%
Andaimes	0,56%
Lançamentos e aplicações do concreto	5,16%
Total	100,00%

Fonte: Giongo (2007)

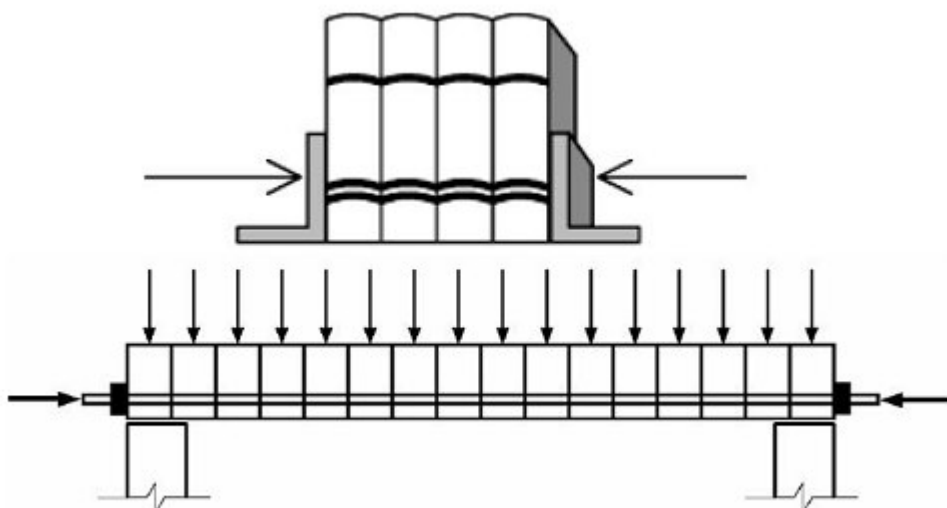
Diante de todos os fatores citados acima, é importante lembrar que, esses valores acompanham as mudanças do mercado, e todo o processo pode sofrer alterações para mais ou para menos.

2.2 ESTRUTURAS DE CONCRETO PROTENDIDO

Para os elementos em concreto protendido a (ABNT, 2014) (Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, p. 3) define como “ aquelas nos quais parte das armaduras é previamente alongada por equipamentos especiais de protensão com a finalidade de, em condições de serviço, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura e propiciar o melhor

aproveitamento de aços de alta resistência no estado limite último (ELU)” Entretanto, Pfeil (1980, p. 1) define de forma mais prática que, “ A protensão é um artifício que consiste em introduzir numa estrutura um estado prévio de tensões capaz de melhorar sua resistência ou seu comportamento, sob diversas condições de carga.”. Assim, como é apresentado na figura 3 .

Figura 3: Princípio da aplicação dos esforços de protensão.



Fonte: PEREIRA et al. 2005

2.2.1 Materiais utilizados em Concreto Protendido

De acordo com Barroso (2005), os materiais utilizados para protensão requerem especificações diferentes em relação àqueles empregados no concreto armado. Para entender o funcionamento de um sistema de protensão é importante saber que além do concreto existem: aços passivos e aços ativos: fios de aço, cordoalhas de aço, barras de protensão, cordoalhas engraxadas, os quais são descritas da seguinte forma.

Concreto: As principais características mecânicas do concreto acham-se relacionadas com a sua resistência à compressão simples. No concreto protendido normalmente se utiliza um concreto com resistência de duas a três vezes a resistência dos concretos utilizados no concreto armado normal. Essa alta resistência pode ser aproveitada ao máximo por que toda a seção de concreto trabalha. O concreto de alta resistência por outro lado, sofre menos retração e fluência reduzindo, portanto, as perdas de protensão.

Aço: Na utilização deste, faz-se uma classificação entre os indicados para armaduras ativas e passivas, sendo:

Passivos: Utilizados em estruturas de concreto armado, e só "trabalham" sob ação dos esforços solicitantes..

Ativos: São usados na protensão, possuem resistência de quatro a cinco vezes a resistência dos aços utilizados no concreto armado. Veja a Figura 4 abaixo.

Figura 4: Ancoragem ativa e ancoragem passiva.

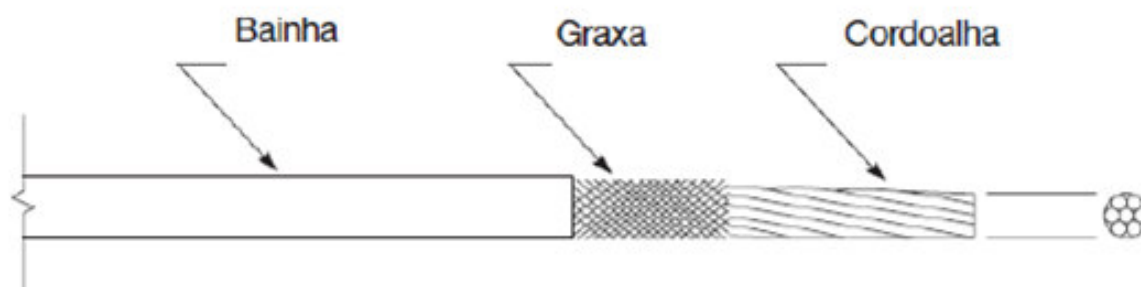
Fonte: JUNIOR, 2009

Definidos pela ABNT NBR 6118:2014) (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, p. 4), Armadura Passiva é “ qualquer armadura que não seja usada para produzir forças de protensão, isto é, que não seja previamente alongada. “ Logo, Armadura ativa, ABNT NBR 6118:2014 (Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, p. 4) é aquela “ constituída por barras, fios isolados ou cordoalhas, destinada à produção de forças de protensão, isto é, na qual se aplica um pré-alongamento inicial.”.

Cordoalhas de aço: As cordoalhas possibilitam a confecção de cabos de muito maior capacidade de carga: acima de 20 tf”. As cordoalhas atenderam à necessidade de aumento da força de protensão nos elementos estruturais, diminuindo o número de cabos e, conseqüentemente, facilitando a concretagem. Esses cabos passaram a exigir macacos de pesos cada vez maiores, proporcionais ao aumento de resistência dos cabos.

Barras de Protensão: As barras de liga de alta resistência, laminadas a quente, são de diâmetro superior a 12 mm, fornecidas em peças retilíneas de comprimento limitado, com limite de escoamento de 80 a 110 KN/cm² e resistência à ruptura de 105 a 125 KN/cm².

Cordoalhas engraxadas: Leves e de fácil manuseio, as cordoalhas são protegidas com graxa inibidora da corrosão, têm bainha plástica continuamente extrudada sobre a própria cordoalha e são produzidas em rolos. A bainha plástica facilita o trabalho na obra, as ancoragens são simples e o trabalho descomplicado viabiliza construções com vãos maiores que 4 metros. Veja figura 5, abaixo:

Figura 5: Cordoalha engraxada.

Fonte: EMERICK, 2005

2.2.2 Sistemas estruturais em Concreto Protendido

Segundo Pfeil (1980), os sistemas estruturais em concreto protendido, obedecem às seguintes categorias:

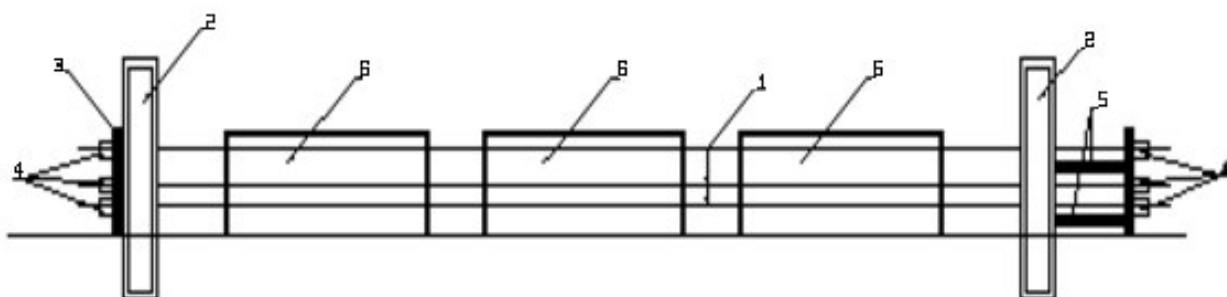
- a) **Protensão espacial** - aplicadas a cascas ou vigas de grande curvatura.
- b) **protensão circular** – aplicadas a estruturas circulares ou ovais.
- c) **protensão linear** – estruturas retilíneas ou de pequena curvatura.

2.2.3 Tipos de Protensão

Junior (2009) descreve, os tipos de protensão estão relacionados à forma como ocorre aderência entre armadura ativa e concreto, e se dividem em: pré ou pós-tração, protensão sem ou com aderência e interna ou externa.

Pré-tração, a armadura se encontra tracionada e ancorada em dispositivos externos à peça antes do lançamento do concreto. Como mostra a figura 6.

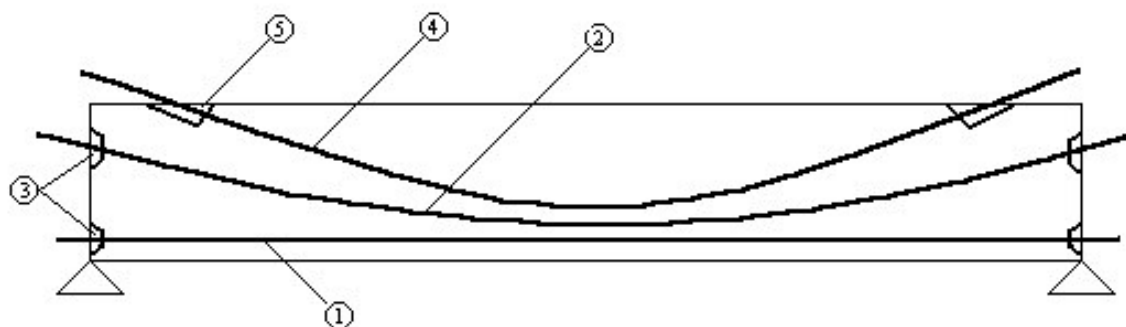
Figura 6: Mostra a sequência construtiva de vigas com armaduras pré-tracionadas, em um leito alongado com capacidade para três vigas.



Fonte: PFEIL, 1985

Pós-tração, que é a situação inversa ao da pré-tração, a armadura somente é tracionada e ancorada após o concreto ter adquirido certa resistência. Segue na ilustração da figura 7, com armaduras pós-tracionadas.

Figura 7: Tipos de cabos de protensão utilizados em vigas simplesmente apoiadas: 1-Cabo retilíneo, ancorado nas faces extremas da viga. 2-Cabo curvo, ou parte retilíneo e parte curvilíneo, ancorado nas faces extremas da viga. 3-Nicho de ancoragem ativa, na face extrema da viga. 4-Cabo curvo, ou parte retilíneo e parte curvilíneo, ancorado na parte superior da viga. 5-Nicho de ancoragem ativa, na face superior da viga.



Fonte: PFEIL, 1985

Protensão sem aderência, aplicada ao caso da pós-tração: após a ancoragem da armadura há injeção de graxa que não permite a aderência ao concreto e também protege contra corrosão.

Protensão com aderência inicial, aplicada ao caso da pré-tração: a força de protensão é transmitida à peça por aderência entre armadura e concreto, assim como pela ancoragem da armadura.

Protensão com aderência posterior, aplicada ao caso da pós-tração. A aderência entre concreto e armadura é garantida de modo permanente com injeção de calda de cimento no interior das bainhas, com auxílio de bombas injetoras.

2.2.4 Vantagens e desvantagens do Concreto Protendido

Assim, como descrito por Leonhardt (1967), citado por Barroso (2005), entre as vantagens, estão:

- a) maior durabilidade pela ausência de fissuras no concreto com a qual se consegue uma boa proteção do aço contra a corrosão;
- b) economia de 15% a 30% de material em relação ao concreto armado convencional graças à colaboração total da zona de tração. O desempenho dos aços é mais elevado graças às altas tensões admissíveis nos aços de alta resistência especiais para concreto protendido;
- c) pequenas deformações nas estruturas de concreto protendido, as quais alcançam somente a quarta parte da flecha do concreto armado convencional para mesma altura e os mesmos valores de tensões admissíveis, o que permite maior esbeltes nas estruturas;

- d) maior capacidade para recuperar-se totalmente depois de um excesso considerável de carga evitando a ocorrência de danos sérios na estrutura. As fissuras que aparecem temporariamente se fecham de novo por completo com a retirada da carga excedente.

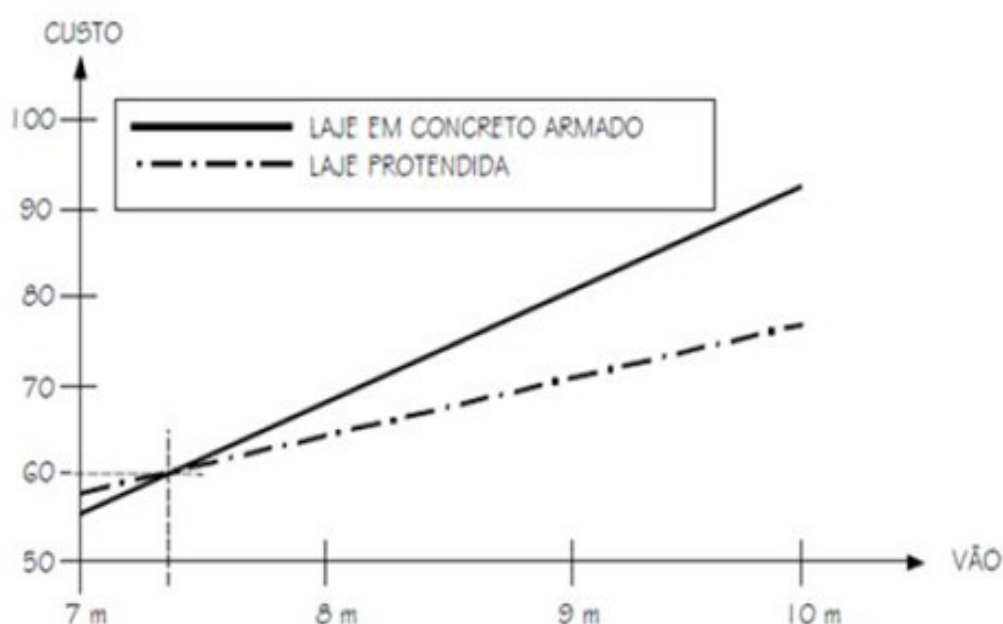
No entanto, as desvantagens:

- a) Exigência de um controle de execução mais rigoroso;
- b) necessidade de cuidados especiais de proteção contra a corrosão para os aços de alta resistência,
- c) exigência de maior precisão na colocação dos cabos;
- d) necessidade de pessoal e equipamentos especializados para as operações de protensão.

2.2.5 Armado x Protendido

No concreto protendido se utilizam concretos com resistências 2 a 3 vezes maiores que no concreto armado; os aços possuem resistência 4 a 5 vezes maiores. O aumento na resistência global da peça é muito maior que o conseqüente aumento no custo. Porém leva vantagens no caso de edificações com vãos a partir de 8 metros para lajes sem vigas e pontes em viga com vãos maiores que 25 metros. (LUCHI, 2013). A figura 8 a relação de custo em concreto armado e concreto protendido.

Figura 8: de custo em concreto armado e concreto protendido.



Fonte: EMERIK, 2005

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para desenvolver a análise comparativa entre dois tipos de lajes (Concreto Armado e Concreto Protendido), foi estudado um edificação construída em concreto protendido concluída em 2008, localizada dentro de uma região central da cidade de Caratinga / MG, com mais precisão na rua João Pinheiro. Para coletar os dados utilizamos os projetos arquitetônico e estrutural da referida obra.

No desenvolvimento da pesquisa foi lançada uma nova estrutura a partir do projeto arquitetônico já existente, com modificações necessárias para uma obra com vigas e lajes maciças em concreto armado, porém com algumas especificações iguais ao projeto existente. Para chegar aos cálculos finais da nova estrutura contamos com a utilização do software de dimensionamento e detalhamento estrutural CYPECAD.

Tendo em posse os resultados dos dois projetos foi feita uma comparação custos, que é o principal objetivo desse trabalho. Para os comparativos de custos foi retirado dados da tabela decomposição de custos para orçamento (TCPO) e orçamentos feitos com valores reais do mercado da cidade de Caratinga/ MG, local onde se encontra a obra concluída.

Ao finalizar foi apresentado os resultados dos custos, sem a intenção de uma solução genérica, e sim uma solução economicamente viável comparando a diferença de valores entre as duas estruturas .

3.1 APRESENTAÇÃO DOS PROJETOS

Os projetos em estudo foram cedidos gentilmente pelos escritórios MCA ESTRUTURAS responsável pelo projeto estruturas e da construtora FREDENG Ltda. autora do projeto arquitetônica e executora da obra. Trata-se do projeto de ampliação do empreendimento Vind's Hotel, com as seguintes descrições.

3.1.1 Projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico utilizado com categoria de uso para fins comerciais padrão alto composto com 2 pavimentos, contendo, garagem, restaurante e salão de eventos. Todos com 206 m^2 de área.

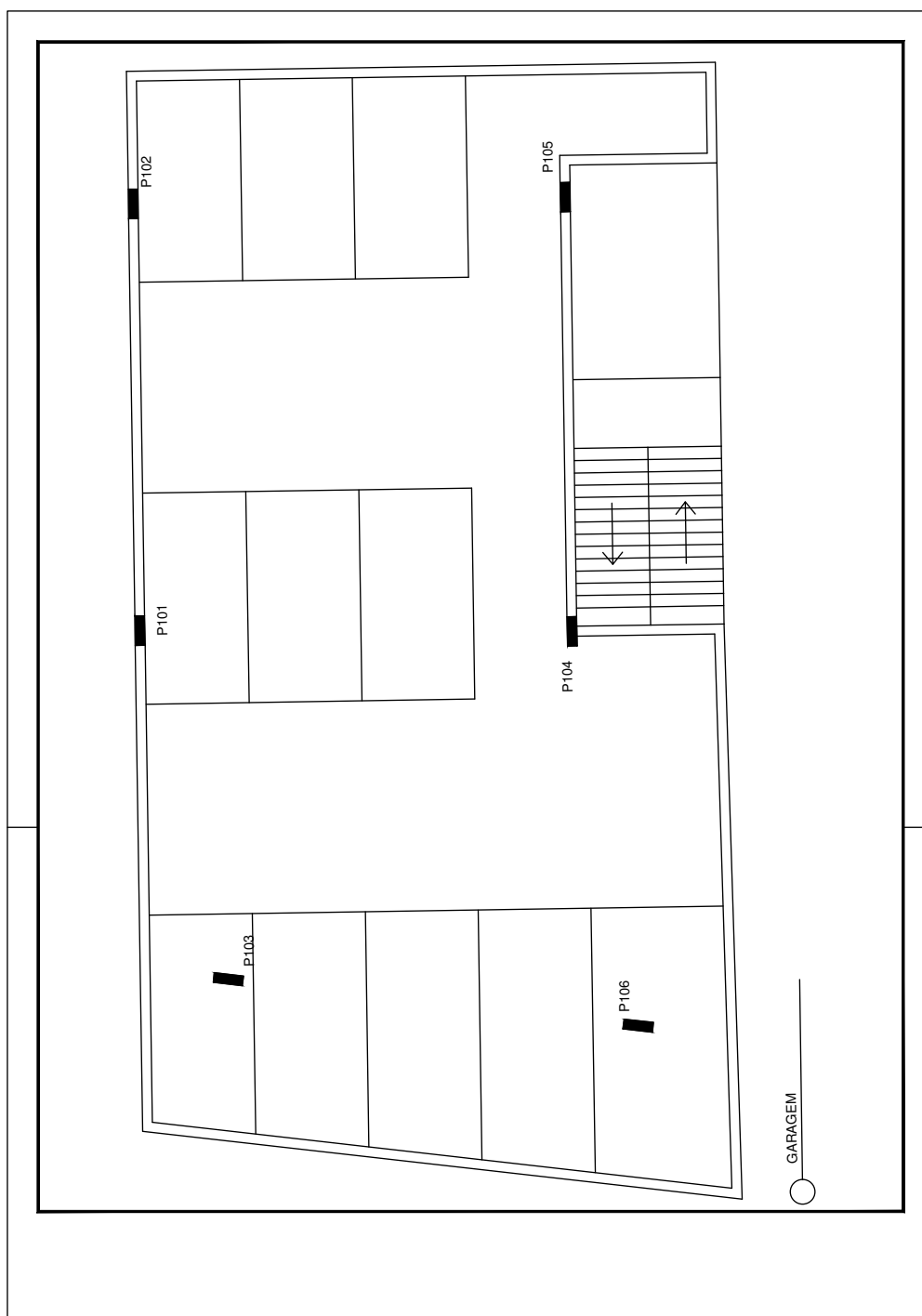
No térreo está localizada a garagem da edificação, sendo área total de 206 m^2 composta por 11 vagas.

O Primeiro Pavimento, está localizado o restaurante ,com as seguintes divisões: uma cozinha industrial, uma área de alimentação, ilha para servir os alimentos e um pequeno espaço usado como barzinho.

O segundo pavimento, conta com um salão de eventos ocupando toda da edificação composto de dois banheiros e uma área para guarda de equipamentos de uso em reuniões.

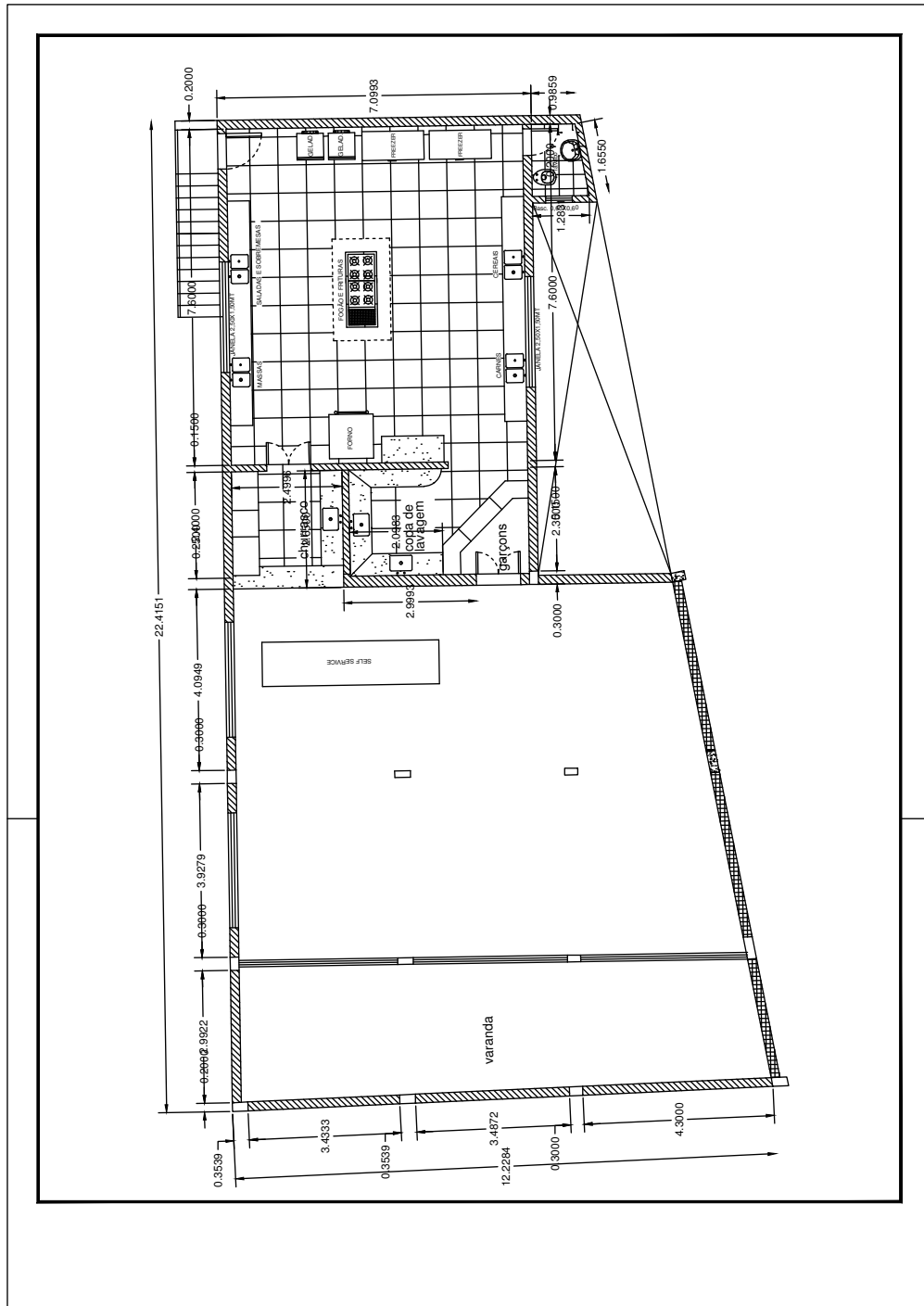
Todas as descrições citadas acima serão apresentadas nos projetos anexados ao trabalho de forma que será mais claro e visível o entendimento.

Figura 9: Projeto arquitetônico da garagem.



Fonte: FREDENG - 2008

Figura 10: Projeto arquitetônico do restaurante.



Fonte: FREDENG - 2008

3.1.2 Projeto estrutural

As especificações para os dimensionamentos descritos a seguir, seguem as sugestões da norma NBR 6118 (ABNT, 2014), além de se fundamentar em procedimentos de cálculo para o

projeto de estruturas de concreto protendido de algumas bibliografias existente.

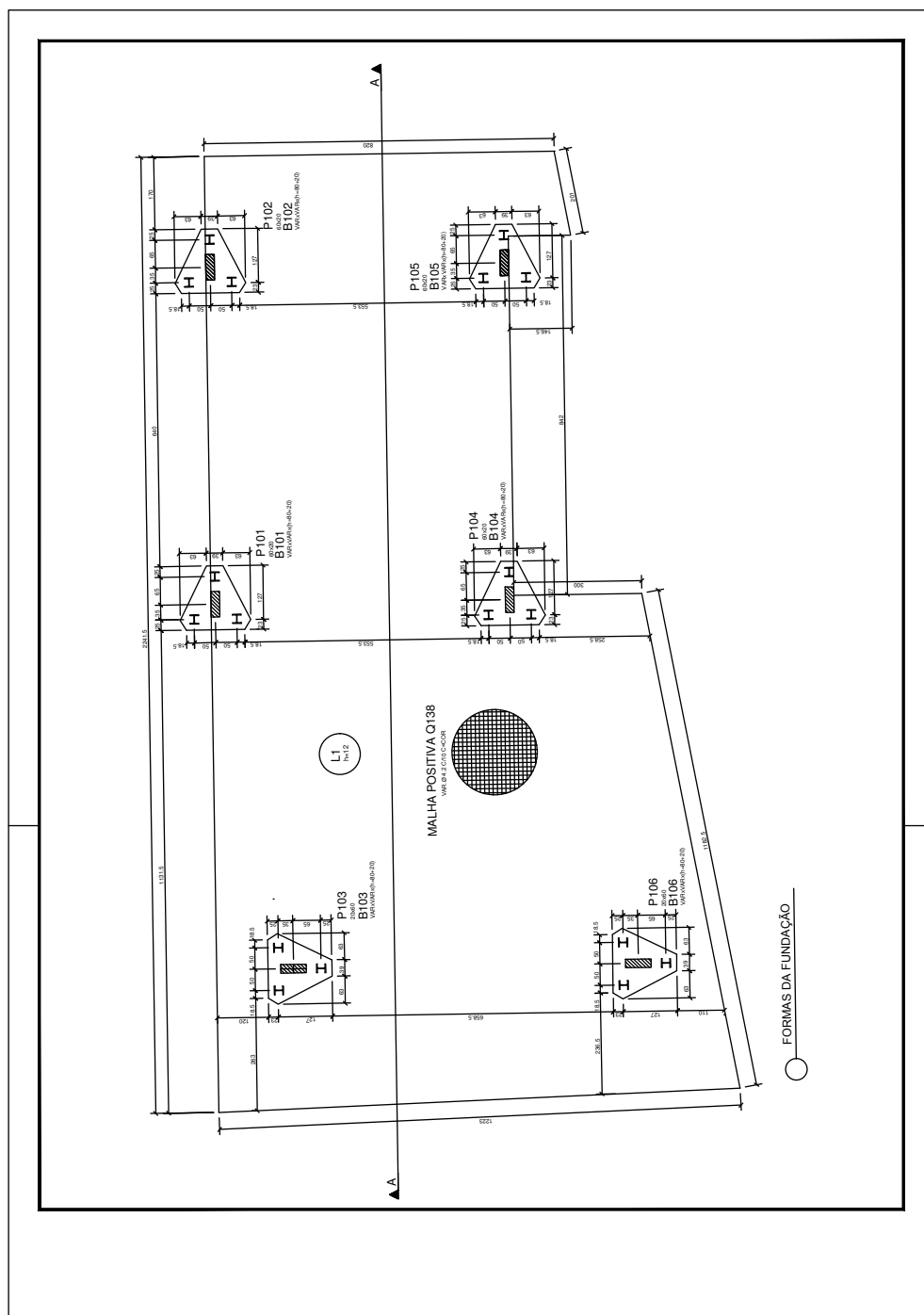
3.1.2.1 Lajes em concreto protendido

A estrutura em estudo onde já se encontra pronta, o método construtivo das lajes foi em concreto protendido, com apenas seis pilares com dimensões de 20 cm x 60 cm para uma área de 206 m² de lajes, usando o sistemas de protensão sem aderência. No dimensionamento da obra em questão, o projetistas utilizou para os cálculos estruturais as seguintes especificações:

- Monocordoalhas engraxada: CP-190 de 12,7 mm; RB: Fyk = 1900 MPa e Fpi= 15tf.;
- Fck(Pilares e lajes): 30 MPa;
- consumo mínimo de cimento: 300 Kg/m³;
- Fator água-cimento = 0.55
- Aços: CA-50 e Fyk= 500 MPa
- Altura dos Pilares: 3,62 m
- Cobrimento das armaduras: Pilares 3,0 cm e lajes 2,0 cm.

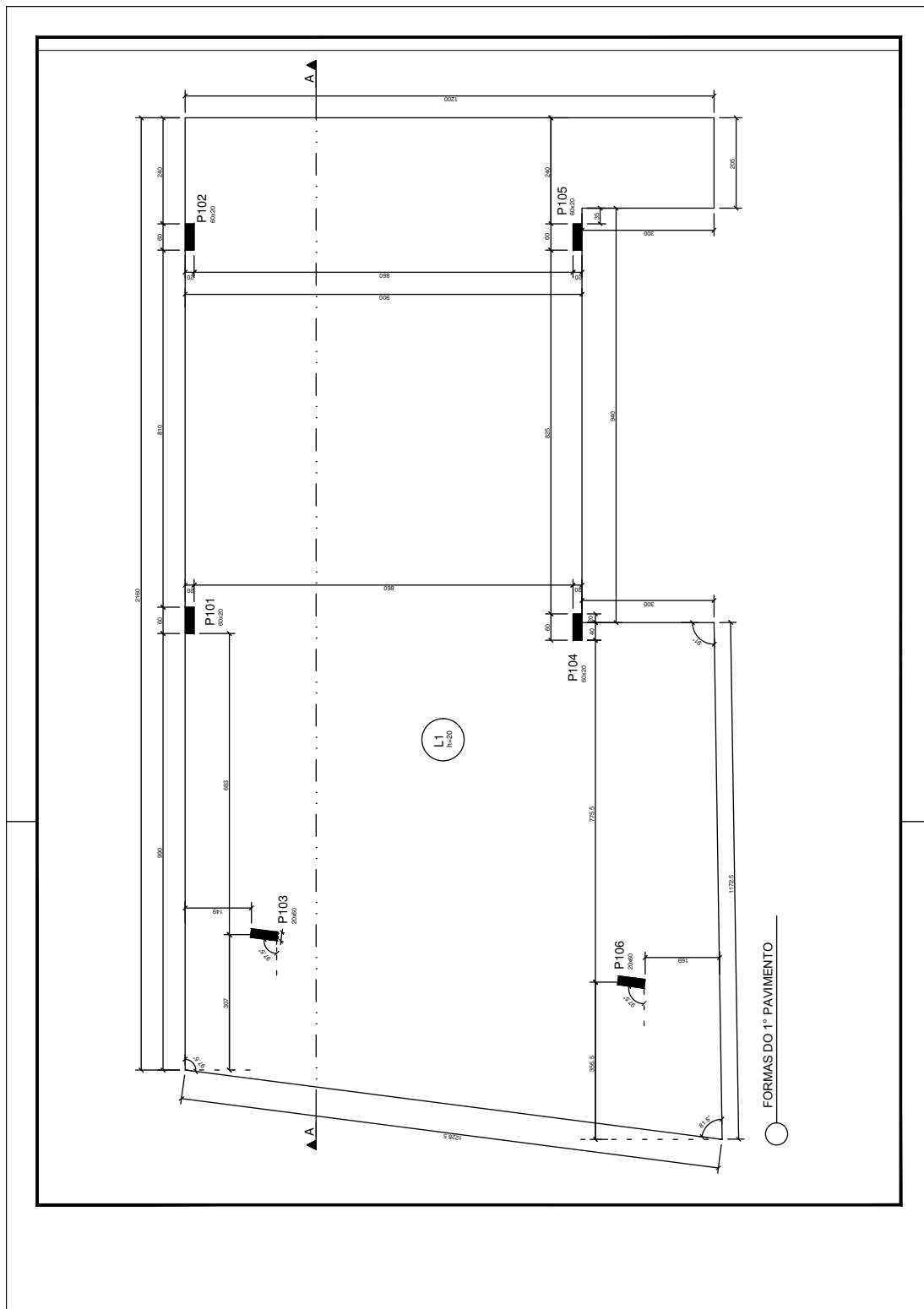
A seguir, as figuras das plantas de formas do sistema estrutural citado acima e os demais projeto como as distribuição dos cabos e as armações necessária está disponível no anexo A:

Figura 11: Planta de forma do cintamento e da fundação (CP).



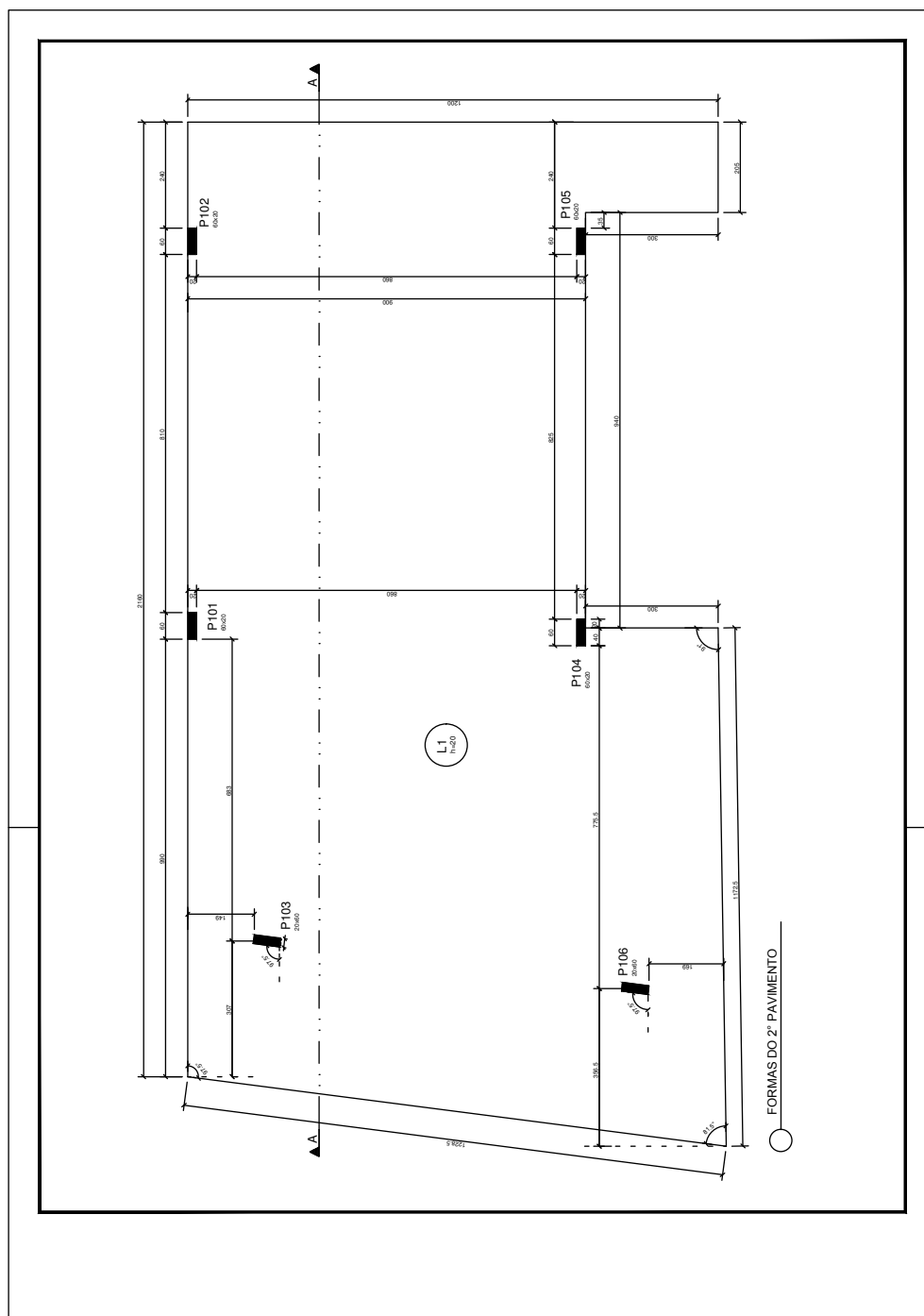
Fonte: MCA Estruturas - 2008

Figura 12: Planta de forma do térreo - Garagem (CP).



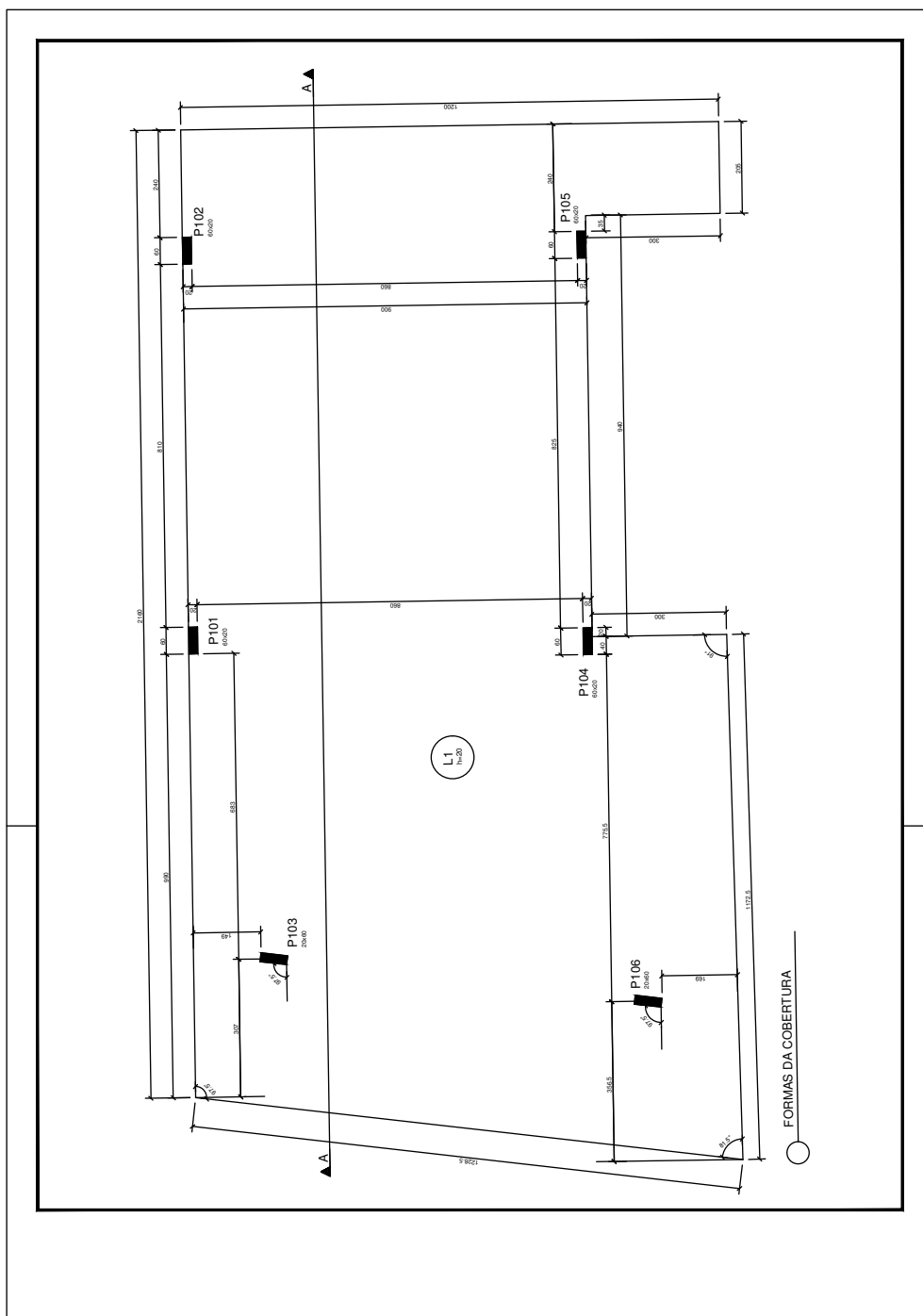
Fonte: MCA Estruturas - 2008

Figura 13: Planta de forma do 1º pavimento - Restaurante (CP).



Fonte: MCA Estruturas - 2008

Figura 14: Planta de forma da cobertura - Auditório (CP).



Fonte: MCA Estruturas - 2008

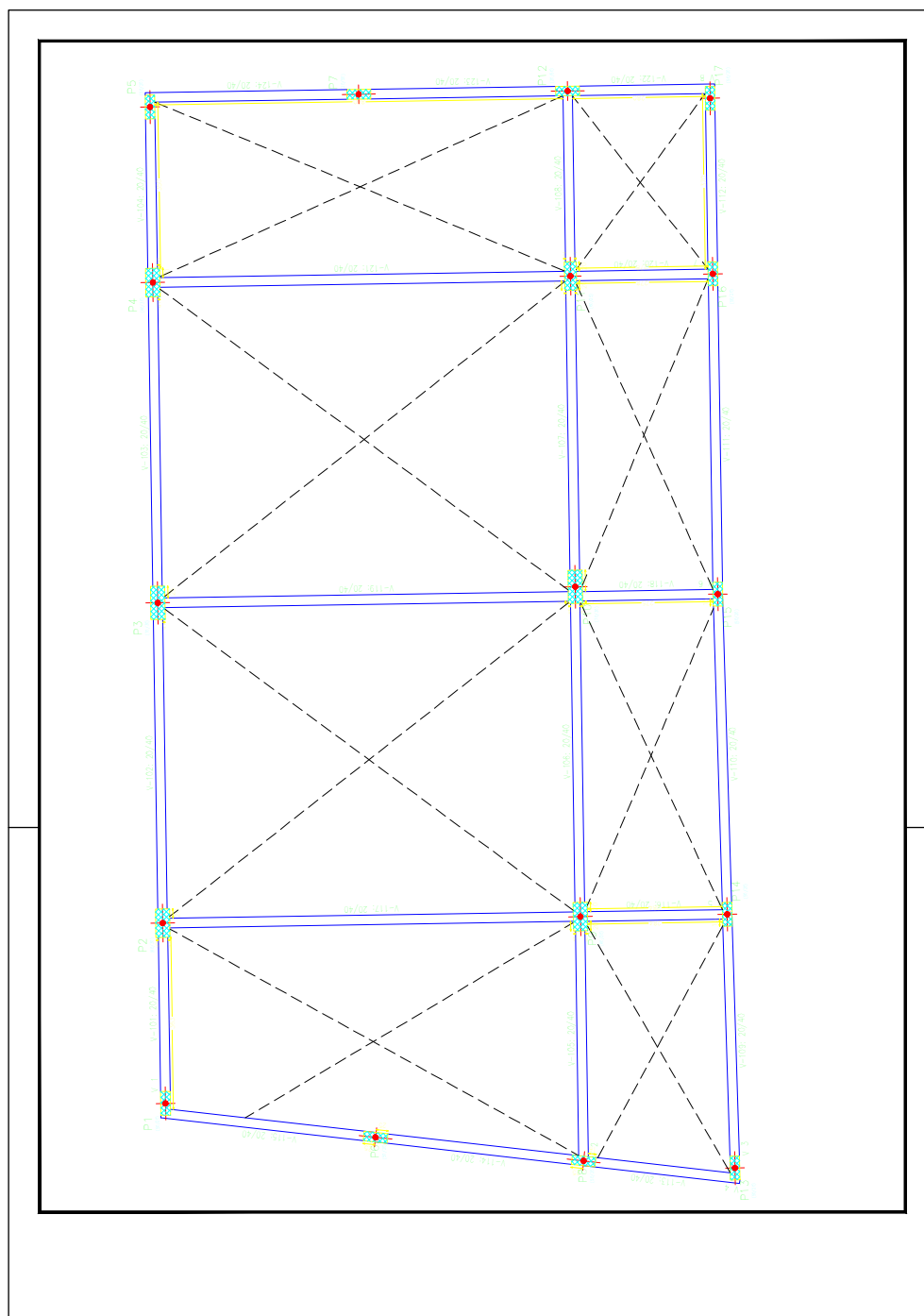
3.1.2.2 Lajes em concreto armado

Com o uso do software CYPECAD, foi elaborado o projeto estrutural em concreto armado, com uma estrutural convencional com pilares, vigas e lajes, visando ter o aproveitamento dos ambientes o mais próximo possível da configuração para laje protendida. Com os projetos definidos e apresentados anteriormente, o software realiza todos os cálculos de dimensionamento, e detalhamento das estruturas. Portanto alguma especificações são idênticas ao projeto estrutural já executado em protendido para ser uma comparação mais adequada. Tendo em vistas que são métodos diferente algumas informações via de regra não podem ser as mesmas. Para este dimensionamento foram feitas as seguintes considerações:

- Altura dos Pilares: 3,62 m;
- Cobrimento das armaduras passivas: 2,50 cm;
- Sobrecarga Permanente: 1,5 kN/m²;
- Sobrecarga Acidental: 3 kN/m²;
- Peso linear das paredes: 8 kN/m;

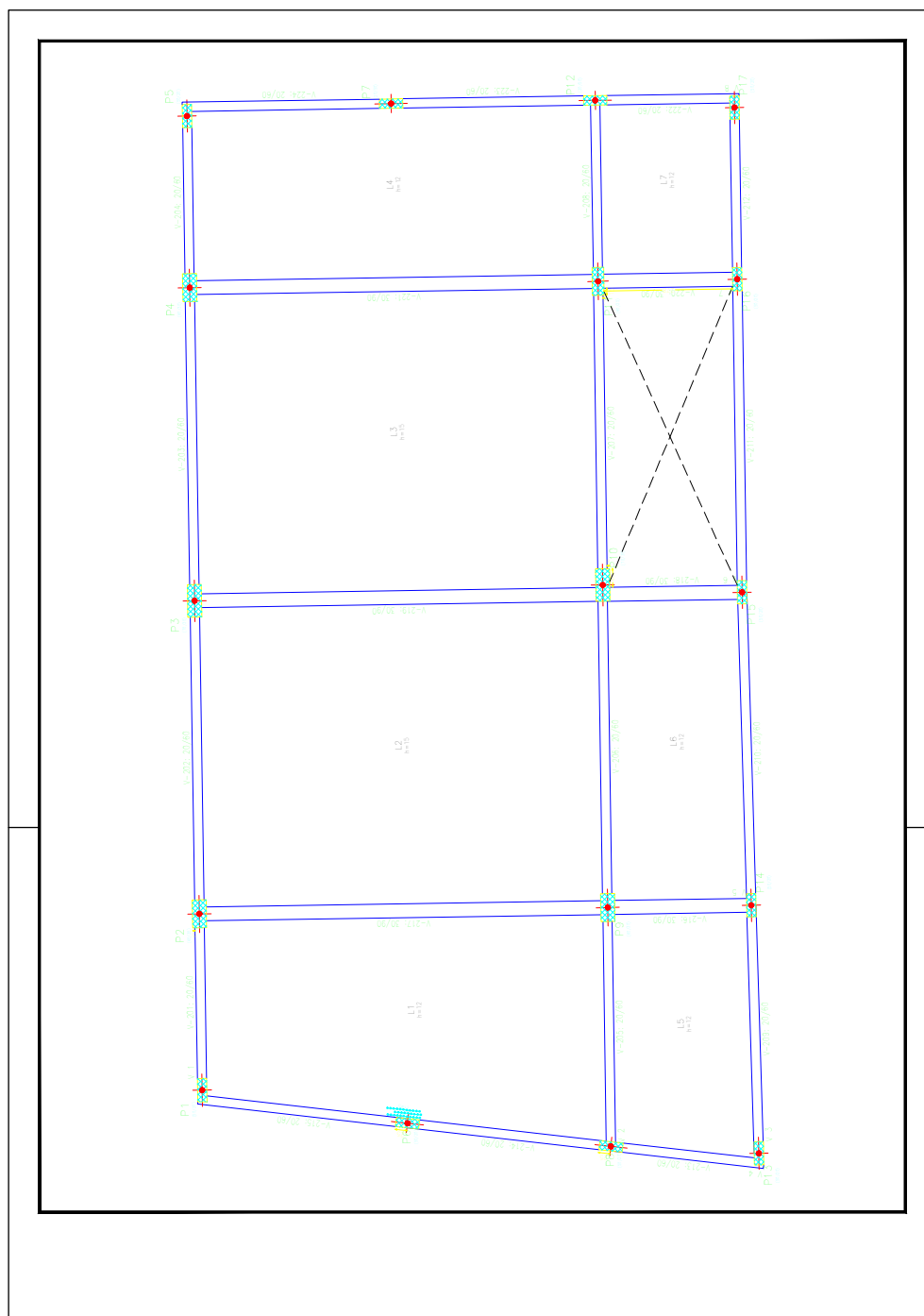
Em seguida serão apresentados as plantas de formas da estrutura no método convencional com lajes maciças em concreto armado.

Figura 15: Planta de forma do cintamento com as devidas locações dos pilares (CA).



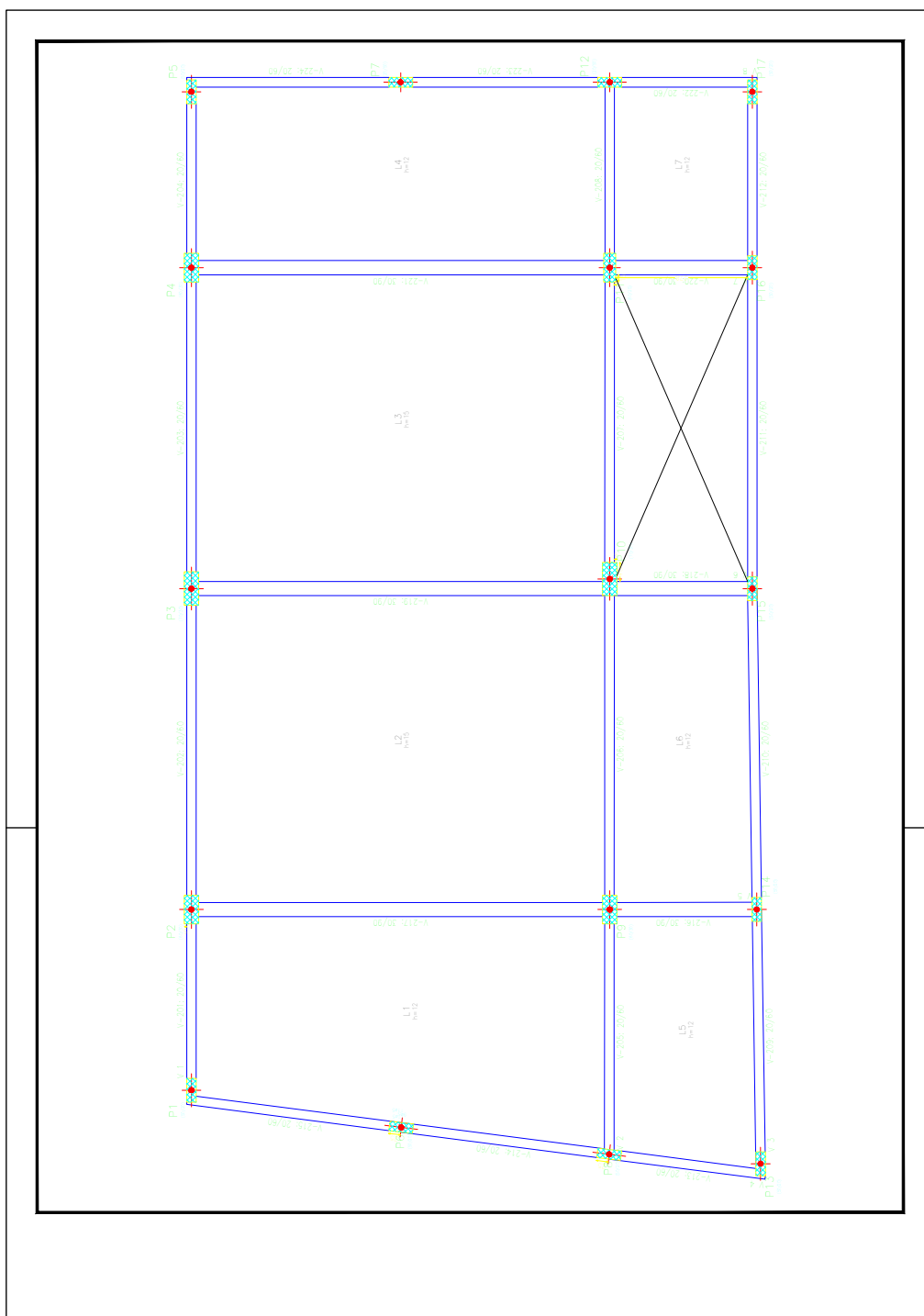
Fonte: Acervo dos autores - 2016

Figura 16: Planta de forma do térreo - Garagem (CA).



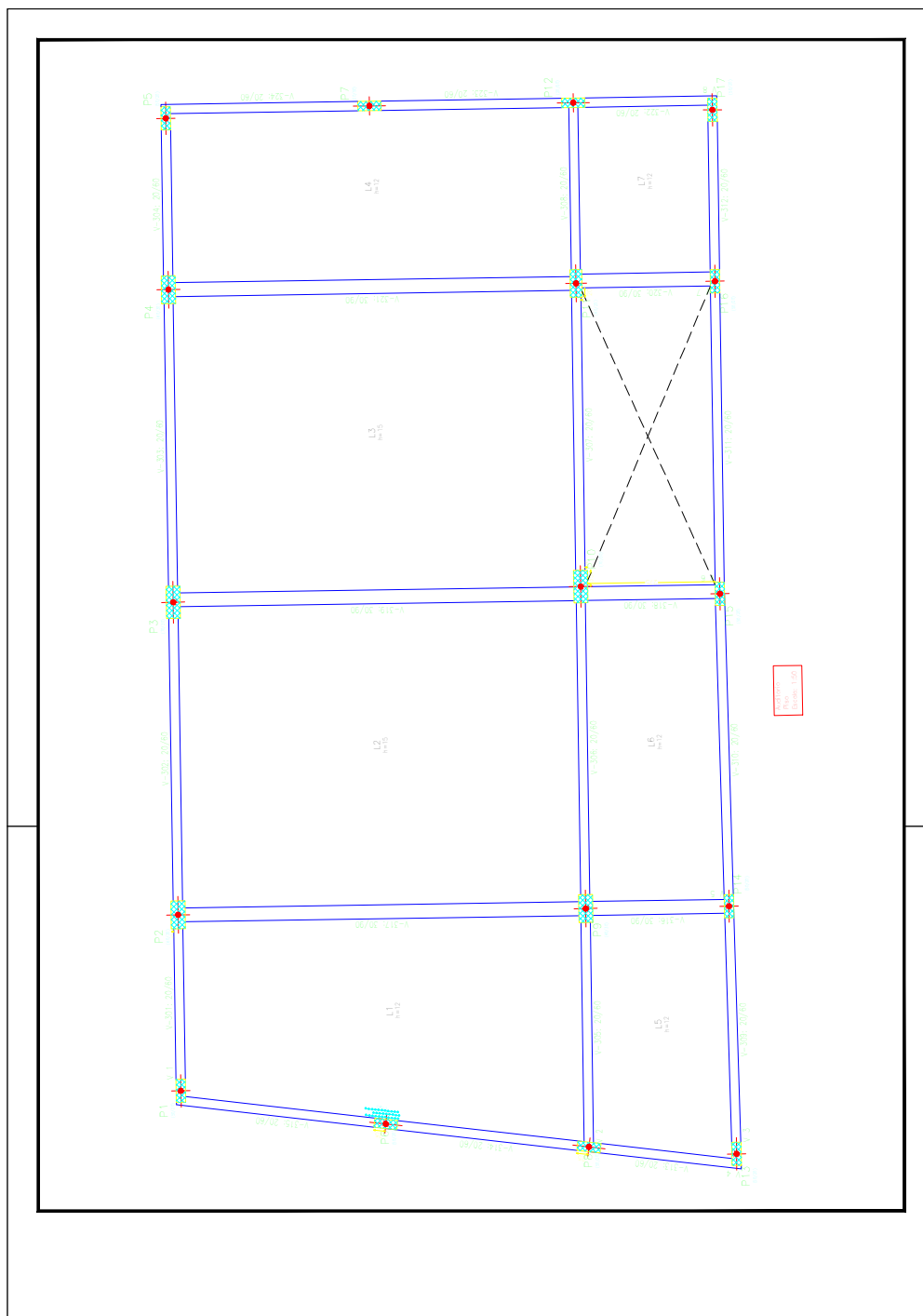
Fonte: Acervo dos autores - 2016

Figura 17: Planta de forma do 1^o pavimento - Restaurante (CA).



Fonte: Acervo dos autores - 2016

Figura 18: Planta de forma da cobertura - Auditório (CA).



Fonte: Acervo dos autores - 2016

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

De posse de todos os resultados referente aos cálculos estruturais dos dois sistemas construtivos, serão apresentados nesta seção os consumos e os valores de materiais (fôrmas, concreto e aço) obtidos após o cumprimento dos procedimentos descritos na metodologia deste trabalho. Os quantitativos de cada material para concretizar a comparação dos custos foram providos pelas tabelas divulgada pela PINI, utilizando preços de insumos com pequenas alterações. As composições foram apresentadas nas “ Tabelas para Composição de Preços para Orçamentos ” – TCPO (PINI, 2003).

4.1 SISTEMA ESTRUTURAL EM LAJES PROTENDIDA

A Tab 2 apresenta um resumo dos quantitativos de concreto, formas e das armaduras. Para a composição dos custos finais foram utilizados os valores médio do mercado local para cada material, conforme segue abaixo para melhor compreender:

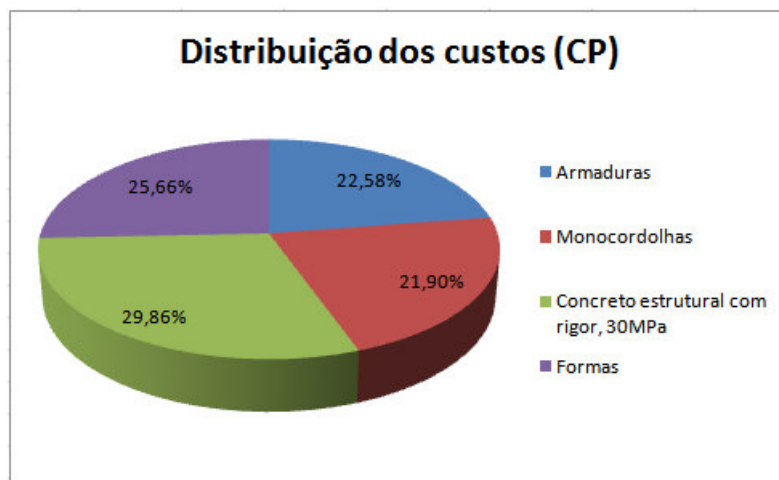
Tabela 2: Quantitativo e Custos da Estruturas em Concreto Protendido

COMPOSIÇÕES	UN.	CONCRETO PROTENDIDO		
		Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Concreto estrutural usinado rigor fck 30MPa	m^3	153	R\$ 341,25	R\$ 52.226,55
Forma e desforma, inclusive escoramento (3x)	m^2	822	R\$ 54,62	R\$ 44.897,64
Armadura de Aço CA-50 e CA-60	Kg	8212	R\$ 4,81	R\$ 39.499,72
Monocordoalhas engraxadas CP-190 - RB 12,7mm	Kg	3.192,00	R\$ 12,00	R\$ 38.304,00
TOTAS				R\$ 174.927,91

Fonte: Acervo dos autores

Com base nos custos da estrutura em concreto protendido apresentado na tab. 2, é possível fazer uma distribuição de custos da estrutura. As armaduras passivas mais as cordoalhas jutas contribuem com 44,48 % no custo total da estrutura. Em sequência dessa distribuição vem o concreto com 29,86 % do valor da estrutura e por fim as formas que tem o menor valor nas distribuições dos custos, com 25,66 % do preço total da estrutura, conforme mostra o Fig. 19

Figura 19: Gráfico distribuição dos custos (CP).



Fonte: Acervo dos autores

4.2 SISTEMA ESTRUTURAL EM LAJES DE CONCRETO ARMADO

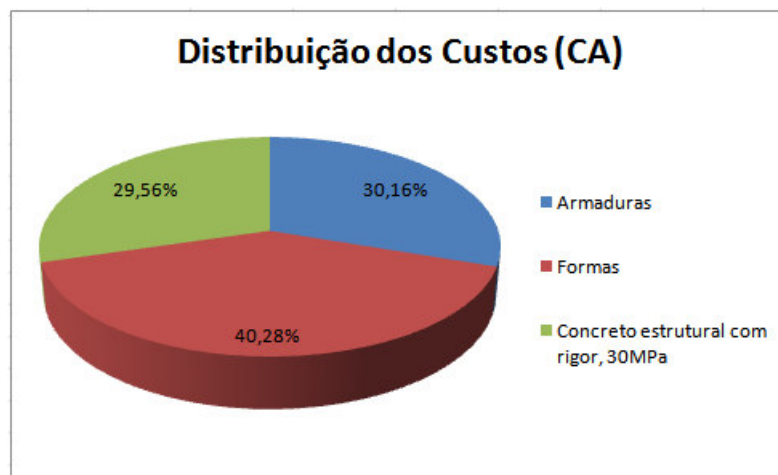
Na Tab. 3, apresenta os dados completos de consumos, quantidade e custos dos materiais necessário para a execução da estrutura em concreto armado.

Tabela 3: Quantitativo e Custos da Estruturas em Concreto Armado.

COMPOSIÇÕES	UN.	CONCRETO ARMADO		
		Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Concreto estrutural usinado rigor fck 30MPa	m ³	169	R\$ 341,25	R\$ 57.671,25
Forma e desforma, inclusive escoramento (3x)	m ³	1439	R\$ 54,62	R\$ 78.598,18
Armadura de Aço CA50 e CA-60	Kg	12237	R\$ 4,81	R\$ 58.859,97
TOTALS				R\$ 195.129,40

Fonte: Acervo dos autores

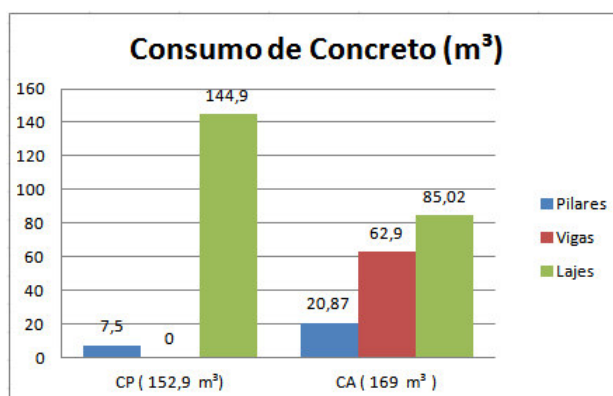
Assim como no CP, a partir dos dados apresentado na tab, 3, nas estruturas em concreto armado a distribuição de custos ficou do seguinte modo, as formas contribuí com 40,28 % no custo total da estrutura. Em sequencia da distribuição que vem as armaduras com 30,16 % do valor da estrutura e por ultimo o concreto estrutural com 29,56 % do preço total da estrutura, conforme apresentado na Fig. 20 a seguir.

Figura 20: Gráfico de distribuição dos custos (CA).

Fonte: Acervo dos autores

4.3 COMPARATIVO DOS QUANTITATIVOS DAS ESTRUTURAS

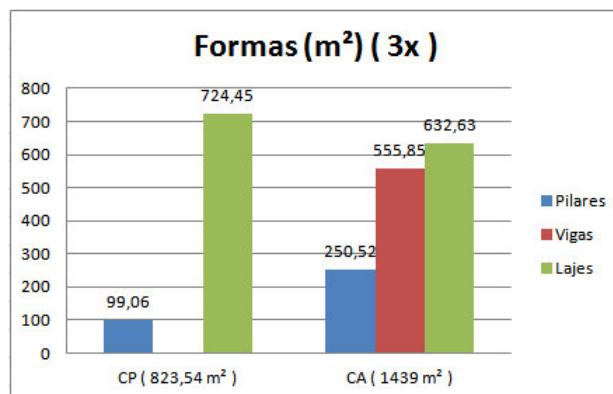
Com os dados dos quantitativos pode se notar que entre as estruturas em estudo o consumo de concreto foi mais alto, com 16 m^3 de diferença, financeiramente as estruturas em CA é R\$ 5461,60 mais onerosa que o CP. Essa diferença se dá pelo fato das estruturas em CP não utilizar vigas com o sistema convencional e a quantidade de pilares é bem menor, mais em contrapartida a espessura das lajes é mais alta que as lajes em CA, com isso acaba equilibrando o consumo do concreto das estruturas.

Figura 21: Gráfico de consumo de concreto por elementos.

Fonte: Acervo dos autores

Quanto às fôrmas, foi considerado no orçamento para reutilizar as mesmas em três vezes. Em comparação, a área de fôrmas do projeto original com lajes em concreto protendido apresentou uma economia de 615 m^2 em relação a sistema estrutural em CA. O metro quadrado das formas foi orçado e calculado junto ao TCPO em R\$ 54,62. Com isso o valor economizado com fôrmas é de R\$ 33591,3. Valor consideravelmente alto.

Figura 22: Gráfico de consumo de Forma por elementos.



Fonte: Acervo dos autores

O gráfico 23 e 24 se resume os valores totais de peso de aço consumido em cada uma das estruturas, com relação a custos dos vergalhões comuns foram utilizados os valores orçados na Gerdau S.A. adotando uma média dos valores das diferentes bitolas, com isso para essa comparação o valor médio dos aços é de R\$ 4,81, já para as monocordoalhas engraxadas foi usado o valor fornecido pela empresa Protend de Vitória –ES de R\$ 12,00/kg incluindo a proteção e as despesas

Figura 23: Gráfico de consumo de Aço por elementos.

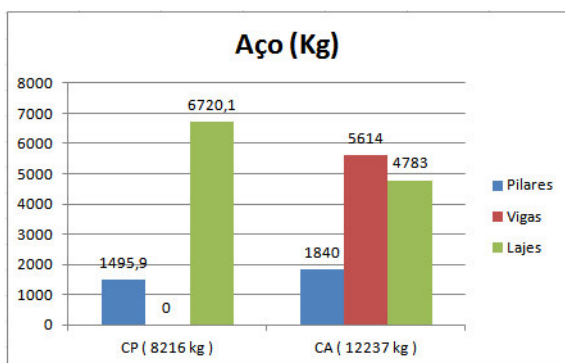
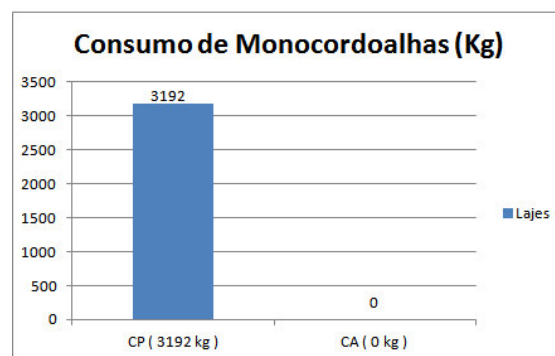


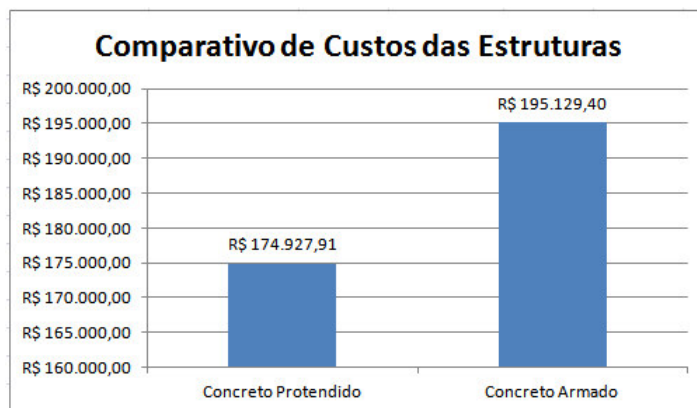
Figura 24: Gráfico de consumo de Cordoalhas por elementos.



Fonte: Acervo dos autores

Com isso o custo total do consumo de aço do CP é de R\$ 39.499,72 mais o custo da cordoalha que é de R\$ 38.304,00, juntas esses dois insumos somam R\$ 77.803,72 o que equivale a 44,48% da estrutura. Agora no sistema estrutural em CA o custo do aço é de R\$ 58.859,97 esse valor equivale a 30,16% de toda estrutura. Portanto o sistema estrutural em CP apresenta um consumo consideravelmente maior de aço que o sistema em CA. Com uma diferença entre elas de R\$ 18.943,75. (24,35%).

4.4 COMPARATIVO DE CUSTOS TOTAIS DAS ESTRUTURAS

Figura 25: Gráfico comparativo dos custos totais das estruturas.

Fonte: Acervo dos autores

Como apresentado no gráfico 25 observa-se que a estrutura calculada no sistema convencional de lajes em concreto armado (R\$ 195.129,40) obteve um maior custo em relação a protendido (R\$ 174.921,91).

Na comparação obteve-se uma diferença de R\$ 20.207,49 (Vinte mil, duzentos e sete reais e quarenta e nove centavos) . Portanto as estruturas convencional em CA estudada é 10,35% mais onerosa que as estruturas em CP, isso se dá devido a estrutura que já se encontra pronta (CP) ter grandes vãos devido a finalidade da obra (comercial), não sendo isso características recomendado para o sistemas em lajes de CA.

5 CONCLUSÃO

No decorrer deste trabalho, verificou-se a importância de um estudo para definir qual tipo de estrutura é mais viável, foram feitos os cálculos da estrutura em concreto armado através do CYPECAD, já a estrutura em concreto protendido se encontrava calculada e executada.

Assim, tendo em vista os aspectos observados, a estrutura em concreto protendido apresentou um menor custo do que se a mesma fosse desenvolvida no sistema convencional de concreto armado, em torno de 10,35%. Olhando para o lado econômico seria uma solução viável. Apesar de que, a escolha do sistema estrutural depende de muitas variáveis, algumas delas não citados neste estudo, na obra estudada foi sim, muito viável a utilização do método construtivo em concreto protendido. Dessa forma, este trabalho não teve a intenção de extrapolar as conclusões para todo tipo de empreendimento, mas destacar que é importante a análise custo benefício de todas as opções de sistemas construtivos.

É importante salientar que o fato do custo da estrutura em concreto protendido, normalmente, ser maior do que o da estrutura em concreto armado, existe um parâmetro muito importante, que pode definir pela sua utilização, que é o tempo de execução, fator importante e determinante, para empreendimentos, principalmente, comerciais que poderão antecipar receitas. Nesta obra específica, o concreto protendido teve um custo menor, comparado com o concreto armado, devido a necessidade de utilizar vãos maiores para garantir um melhor aproveitamento do espaço para garagem, restaurante e eventos do hotel. Sabe-se que o uso do concreto armado em grandes vãos não é recomendado a utilização devido ao grande consumo de materiais, tornando a estrutura onerosa, como por exemplo a obra em estudo.

Logo, entende-se que a definição do tipo de estrutura, tanto em concreto armado, quanto em concreto protendido, depende muito das características do projeto arquitetônico, principalmente quanto as dimensões dos vãos, que em muitas das vezes inviabiliza, economicamente a utilização do concreto armado. Assim no projeto do estudo de caso, ficou evidente que para manter os mesmos espaços para garagem, restaurante e salão de eventos, a opção por uma estrutura em concreto armado não é competitiva com o concreto protendido. Isto não implica que em outras situações a sua viabilidade seja possível.

Por fim, conclui-se que o estudo foi de muita importância e será muito útil em nossa vida profissional e também para todos os profissionais da área, pois, abrange novos conhecimentos e proporciona uma visão versátil e dinâmica, sobre o projeto apropriado para cada obra específica, e quais tipos de estruturas a serem usadas, favorecendo assim, todos os envolvidos neste processo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. ABNT, 2014.
- BARROSO, Mário Coelho. Análise do Comportamento à flexão de aduelas em Vigas Protendidas. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Dissertação em Mestrado Campos dos Goytacazes-RJ, junho de 2005. [Orientador: Prof. Jean Marie Désir].
- BASTOS, P, S, S. Estrutura de Concreto Armado I. Notas de Aula. Disciplina: 1288 Campus de Bauru. UNESP, Bauru/SP, agosto de 2006. Disponível em <<http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Introducao.pdf>> Acesso em 19/11/2016.
- BASTOS, P, S, S. Estrutura de Concreto Armado I. Notas de Aula. Disciplina: 2117 Campus de Bauru. UNESP, Bauru/SP, setembro de 2014.
Disponível em <<http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Introducao.pdf>> Acesso em 19/11/2016
- EMERICK, A. A. Projeto e execução de lajes protendidas. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2005
- GIONGO, José Samuel. Concreto Armado: Projeto Estrutural de Edifícios. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamentos de Engenharia de Estruturas. São Carlos-SP, fevereiro de 2007.
- NTC Brasil. Disponível em <<https://ntcbrasil.com.br/blog/entenda-o-concreto-protendido/>> Acessado em 19/01/2016.
- JUNIOR, Humberto Samuel. Vigas Protendidas-Estudo da Norma e Modelagem com Auxílio de Programa de Análise Comercial. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. Curso de Engenharia Civil. Departamento de Mecânica Aplicada e Estruturas, Rio de Janeiro, abril de 2009. [Orientadora: Claudia Ribeiro Eboli].
- LEONHARD, I. F. – Hormigon Pretensado Inst. Eduardo Torroja De La Construccion Y Del Cimento. Madrid, 1967.
- LUCHI, L, A, R. Concreto Protendido. Centro Tecnológico. Departamento de Engenharia Civil-UFES. Espirito Santo-ES, 2013.
- PFEIL, Walter. Concreto armado. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1988.
- PFEIL, Walter – Concreto Protendido. Introdução, Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A., volume 1, 1985.
- PFEIL, Walter. Concreto protendido - Processos construtivos, perdas de protensão, sistemas estruturais. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1980.

PEREIRA J. L. S. et al., Concreto protendido e lajes protendidas com monocordoalhas engraxadas - Noções gerais: Solução estrutural e correta execução. 2005

RUDLOFF, Catalogo concreto protendido. Disponível em <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/1/16/Catalogo_*concreto_*protendido_Rudloff.pdf> Acesso em 19/11/2016

SILVA, F. N. Análise Comparativa entre Lajes em Concreto Armado e Concreto Protendido. Universidade de Pernambuco. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil. Recife, 2015. [Orientador: Prof. Sergio Priori]. Disponível em

Figura 28: Orçamento - Concreto armado.

ORÇAMENTO

Empresa:	1	Data:	
Telefone:		Validade:	
Endereço:	Conc. Armado		

RELAÇÃO DE MATERIAL

Qt	Unid	Descrição	Unitario	Total
169	m ³	Concreto estrutural usinado rigor fck 30MPa	R\$ 341,25	R\$ 57.671,25
1439	m ²	Forma e desforma, inclusive escoramento (3x)	R\$ 54,62	R\$ 78.598,18
12237	Kg	Armadura de Aço CA50 - CA-60	R\$ 4,81	R\$ 58.859,97

Total gasto em material ----> R\$ 195.129,40

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

	0,00
	0,00
	0,00
	0,00

TOTAL MÃO DE OBRA --->

TOTAL DO ORÇAMENTO ----> R\$ 195.129,40

Figura 29: Tabela de quantitativos - Concreto armado.

ESTR_CONC_ARMADO_TCC_LAJE_15_cm

Quantidades da obra

* Não medidos: Elementos de fundação.

Garagem - Superfície total: 25.26 m²

Elemento	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Vigas: fundo	23.03	10.59	386
Forma lateral	96.40		
Pilares (Sup. Formas)	29.21	2.46	269
Total	148.64	13.05	655
Índices (por m ²)	5.884	0.517	25.93

Restaurante - Superfície total: 251.64 m²

Elemento	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
LAJES	222.99	30.08	1954
Vigas: fundo	26.42	16.01	2242
Forma lateral	100.57		
Pilares (Sup. Formas)	59.13	4.94	517
Total	409.11	51.03	4713
Índices (por m ²)	1.626	0.203	18.73

Auditorio - Superfície total: 251.64 m²

Elemento	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
LAJES	223.55	30.15	1958
Vigas: fundo	25.86	15.67	1282
Forma lateral	100.18		
Pilares (Sup. Formas)	88.49	7.35	719
Total	438.08	53.17	3959
Índices (por m ²)	1.741	0.211	15.73

Cobertura - Superfície total: 251.51 m²

Elemento	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
LAJES	224.97	30.35	1453
Vigas: fundo	24.31	15.47	841
Forma lateral	111.56		
Pilares (Sup. Formas)	81.65	6.79	616
Total	442.49	52.61	2910
Índices (por m ²)	1.759	0.209	11.57

Total obra - Superfície total: 780.05 m²

Elemento	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
LAJES	671.51	90.58	5365
Vigas: fundo	99.62	57.74	4751
Forma lateral	408.71		
Pilares (Sup. Formas)	258.48	21.54	2121
Total	1438.32	169.86	12237
Índices (por m ²)	1.844	0.218	15.69

Figura 30: Orçamento de formas por m.



Página 1 / 1

03110.8.2.2 - FÔRMA de chapa compensada para estruturas em geral, resinada, e=12 mm, 3 reaproveitamentosQuantidade 1 m² Leis Sociais 80,00 % BDI 0,00 %

Código:	Componente	Unid.	Coef.	Consumo	Custo Unit.(R\$)	Total
01270.0.4.1	Ajudante de carpinteiro	h	1,35	1,35	4,00	9,72
01270.0.19.1	Carpinteiro	h	1,35	1,35	6,82	16,57
03110.3.1.4	Chapa compensada resinada (espessura: 12,00 mm)	m ²	0,43	0,43	23,52	10,11
03125.3.1.1	Desmoldante de fôrmas para concreto	l	0,1	0,1	5,00	0,50
05060.3.20.6	Prego (tipo de prego: 18x27)	kg	0,25	0,25	5,50	1,38
06062.3.2.1	Pontalete 3a. construção (seção transversal: 3x3 " / tipo de madeira: cedro)	m	2	2	3,34	6,68
06062.3.4.3	Sarrafo 3a. construção (seção transversal: 1x4 " / tipo de madeira: cedro)	m	1,53	1,53	1,20	1,84
06062.3.5.5	Tabua 3a. construção (seção transversal: 1x12 " / tipo de madeira: cedrinho)	m	1,6	1,6	4,89	7,82
TOTAL						54,62
Valor BDI						0,00
TOTAL C/ BDI						54,62

Figura 31: Orçamento de concreto.



Página 1 / 1

03310.8.2.7 - CONCRETO estrutural dosado em central , fck 30 MPaQuantidade 1 m³ Leis Sociais 80,00 % BDI 0,00 %

Código:	Componente	Unid.	Coef.	Consumo	Custo Unit.(R\$)	Total
03310.3.1.7	Concreto dosado em central convencional brita 1 e 2 (resistência: 30.0 MPa)	m ³	1,02	1,02	300,00	306,00
					TOTAL	306,00
					Valor BDI	0,00
					TOTAL C/ BDI	306,00

Figura 32: Orçamento de concreto.



Página 1 / 1

03310.8.4.1 - TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO do concreto em estrutura

Quantidade 1 m³ Leis Sociais 80,00 % BDI 0,00 %

Código:	Componente	Unid.	Coef.	Consumo	Custo Unit.(R\$)	Total
01270.0.40.1	Pedreiro	h	1,62	1,62	8,00	23,33
01270.0.45.1	Servente	h	1,62	1,62	4,00	11,66
22300.9.10.1	VIBRADOR de imersão, elétrico, potência 2 HP (1,5 kW) - vida útil 4.500 h	h prod	0,1	0,1	2,55	0,26
TOTAL						35,25
Valor BDI						0,00
TOTAL C/ BDI						35,25

ANEXO A PROJETO ESTRUTURAIS PROTENDIDO

Figura 33: Planta de formas e armação - Garagem (CP).

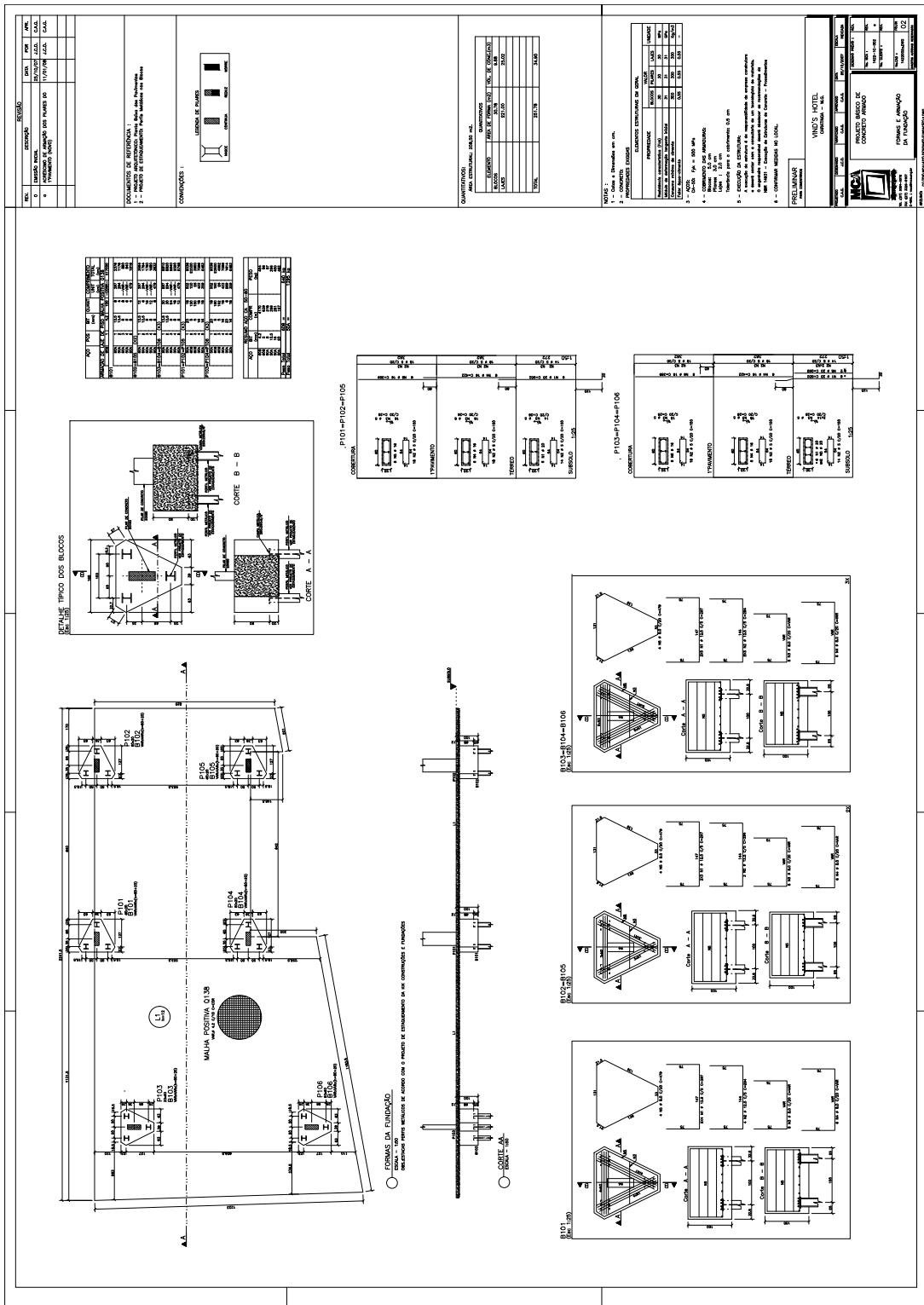


Figura 34: Planta de formas - Restaurante (CP).

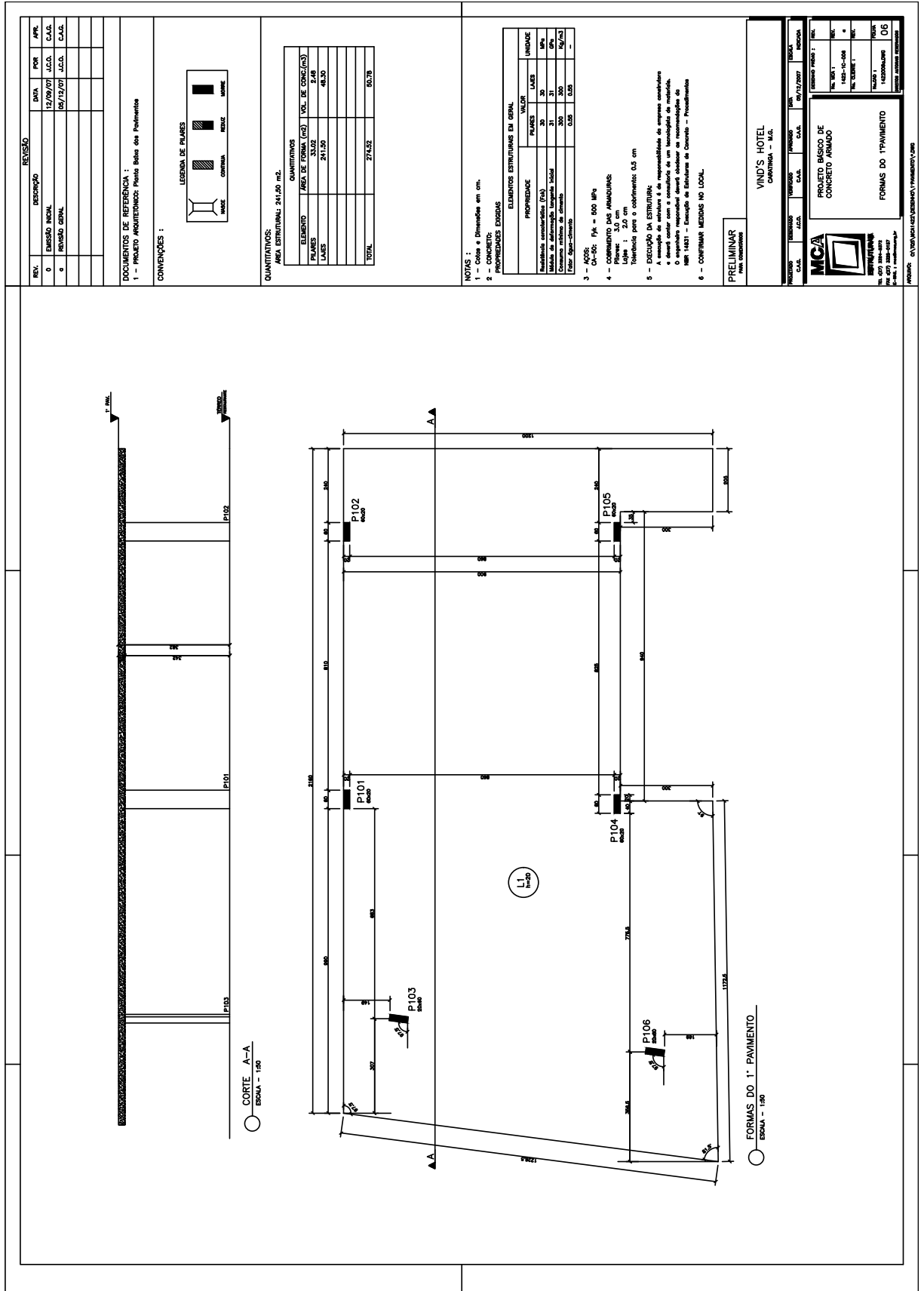


Figura 35: Planta de formas - Cobertura (CP).

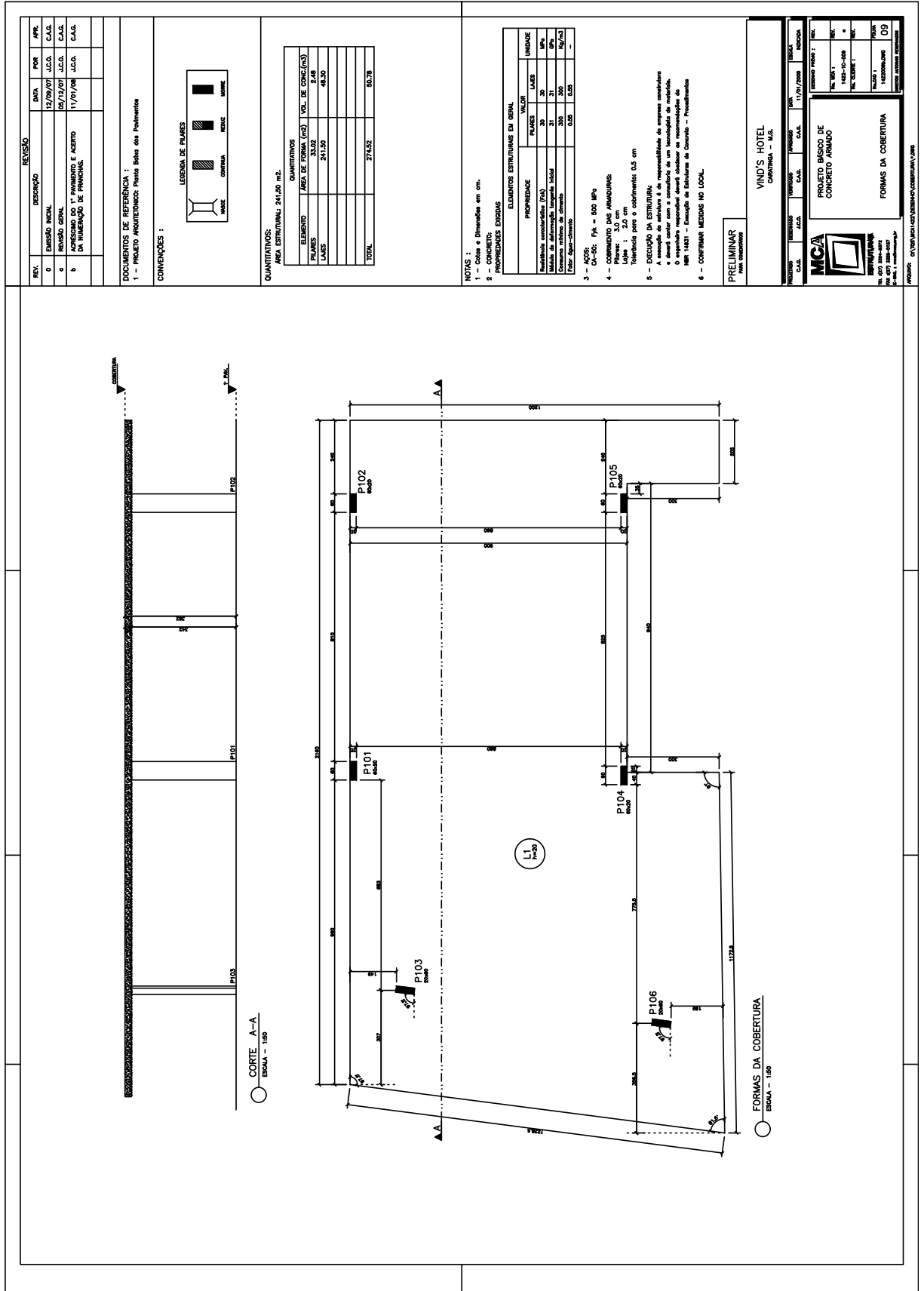
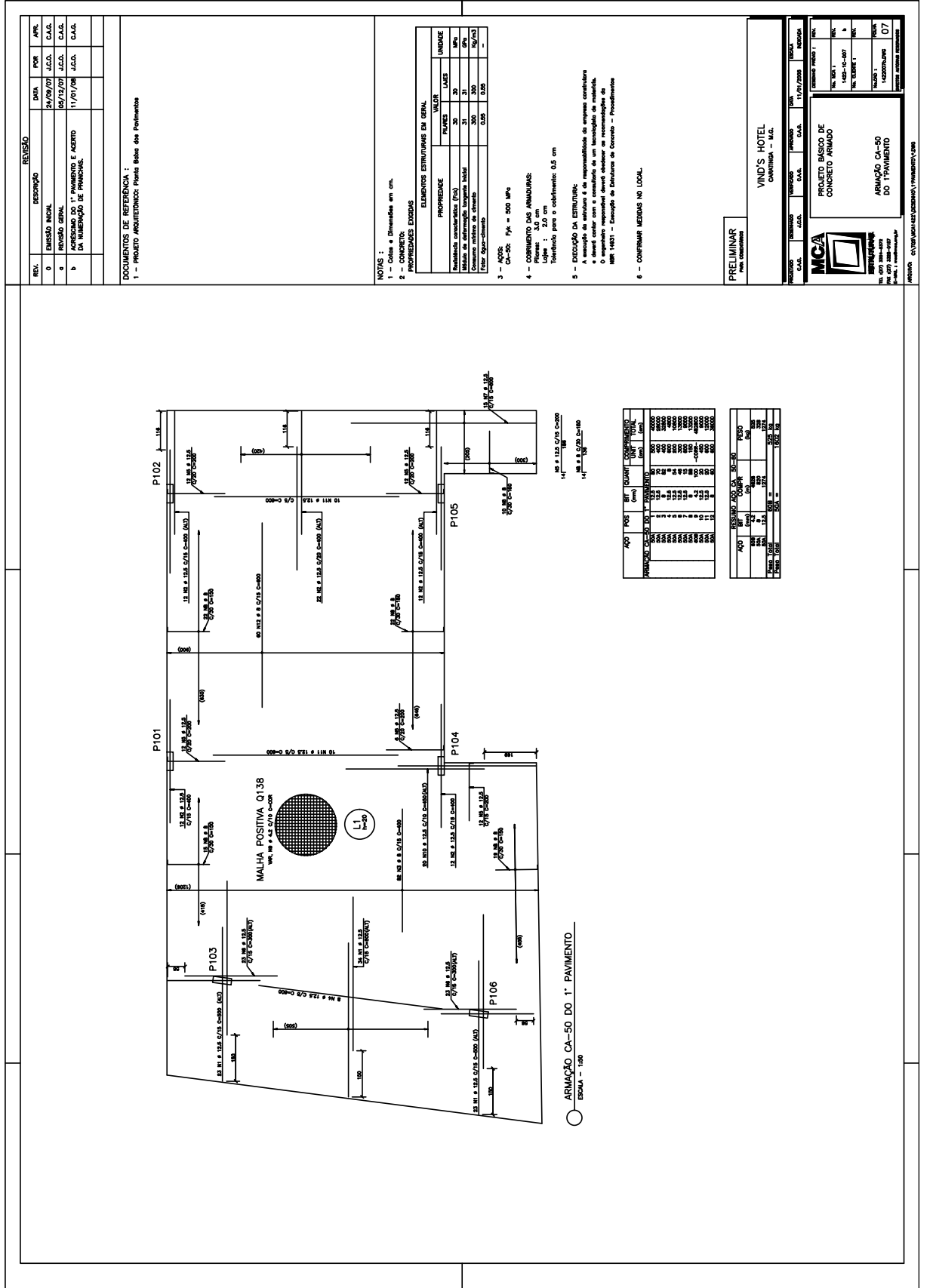


Figura 36: Planta de armação - Restaurante (CP).



ARMADURA CA-50 DO 1º PAVIMENTO
ESCALA = 1/50

ACQ	POS	QUANT	COMPRIMENTO (cm)	PERÍMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)
1	1	1	1000	1000	31416
2	1	1	1000	1000	31416
3	1	1	1000	1000	31416
4	1	1	1000	1000	31416
5	1	1	1000	1000	31416
6	1	1	1000	1000	31416
7	1	1	1000	1000	31416
8	1	1	1000	1000	31416
9	1	1	1000	1000	31416
10	1	1	1000	1000	31416
11	1	1	1000	1000	31416
12	1	1	1000	1000	31416
13	1	1	1000	1000	31416
14	1	1	1000	1000	31416
15	1	1	1000	1000	31416
16	1	1	1000	1000	31416
17	1	1	1000	1000	31416
18	1	1	1000	1000	31416
19	1	1	1000	1000	31416
20	1	1	1000	1000	31416
21	1	1	1000	1000	31416
22	1	1	1000	1000	31416
23	1	1	1000	1000	31416
24	1	1	1000	1000	31416
25	1	1	1000	1000	31416
26	1	1	1000	1000	31416
27	1	1	1000	1000	31416
28	1	1	1000	1000	31416
29	1	1	1000	1000	31416
30	1	1	1000	1000	31416
31	1	1	1000	1000	31416
32	1	1	1000	1000	31416
33	1	1	1000	1000	31416
34	1	1	1000	1000	31416
35	1	1	1000	1000	31416
36	1	1	1000	1000	31416
37	1	1	1000	1000	31416
38	1	1	1000	1000	31416
39	1	1	1000	1000	31416
40	1	1	1000	1000	31416
41	1	1	1000	1000	31416
42	1	1	1000	1000	31416
43	1	1	1000	1000	31416
44	1	1	1000	1000	31416
45	1	1	1000	1000	31416
46	1	1	1000	1000	31416
47	1	1	1000	1000	31416
48	1	1	1000	1000	31416
49	1	1	1000	1000	31416
50	1	1	1000	1000	31416

ACQ	RESERVA ACQ CA-50	RESERVA
1	1000	31416
2	1000	31416
3	1000	31416
4	1000	31416
5	1000	31416
6	1000	31416
7	1000	31416
8	1000	31416
9	1000	31416
10	1000	31416
11	1000	31416
12	1000	31416
13	1000	31416
14	1000	31416
15	1000	31416
16	1000	31416
17	1000	31416
18	1000	31416
19	1000	31416
20	1000	31416
21	1000	31416
22	1000	31416
23	1000	31416
24	1000	31416
25	1000	31416
26	1000	31416
27	1000	31416
28	1000	31416
29	1000	31416
30	1000	31416
31	1000	31416
32	1000	31416
33	1000	31416
34	1000	31416
35	1000	31416
36	1000	31416
37	1000	31416
38	1000	31416
39	1000	31416
40	1000	31416
41	1000	31416
42	1000	31416
43	1000	31416
44	1000	31416
45	1000	31416
46	1000	31416
47	1000	31416
48	1000	31416
49	1000	31416
50	1000	31416

Figura 37: Planta de armação - Cobertura (CP).

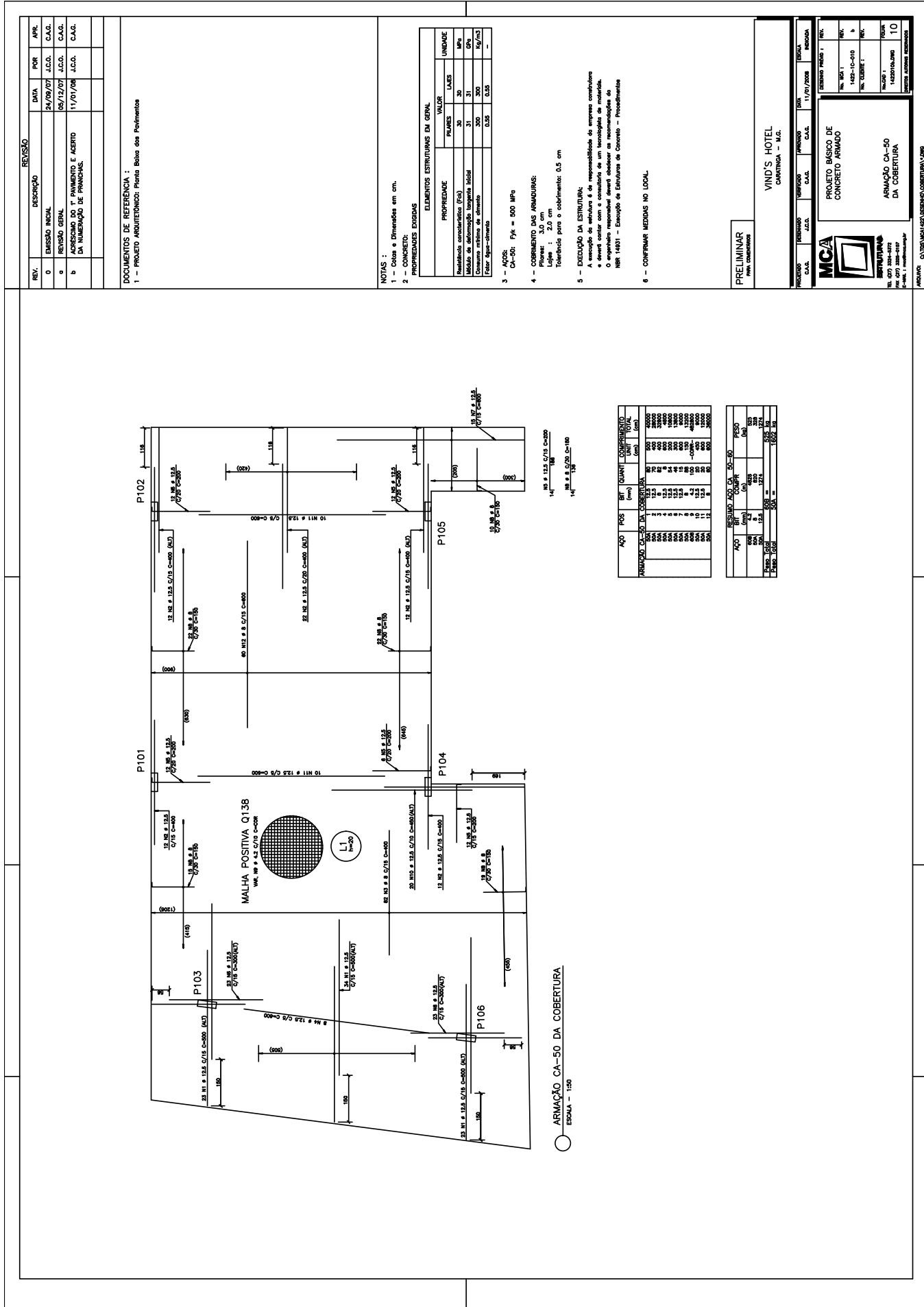


Figura 38: Planta de distribuição dos cabos - Restaurante (CP).

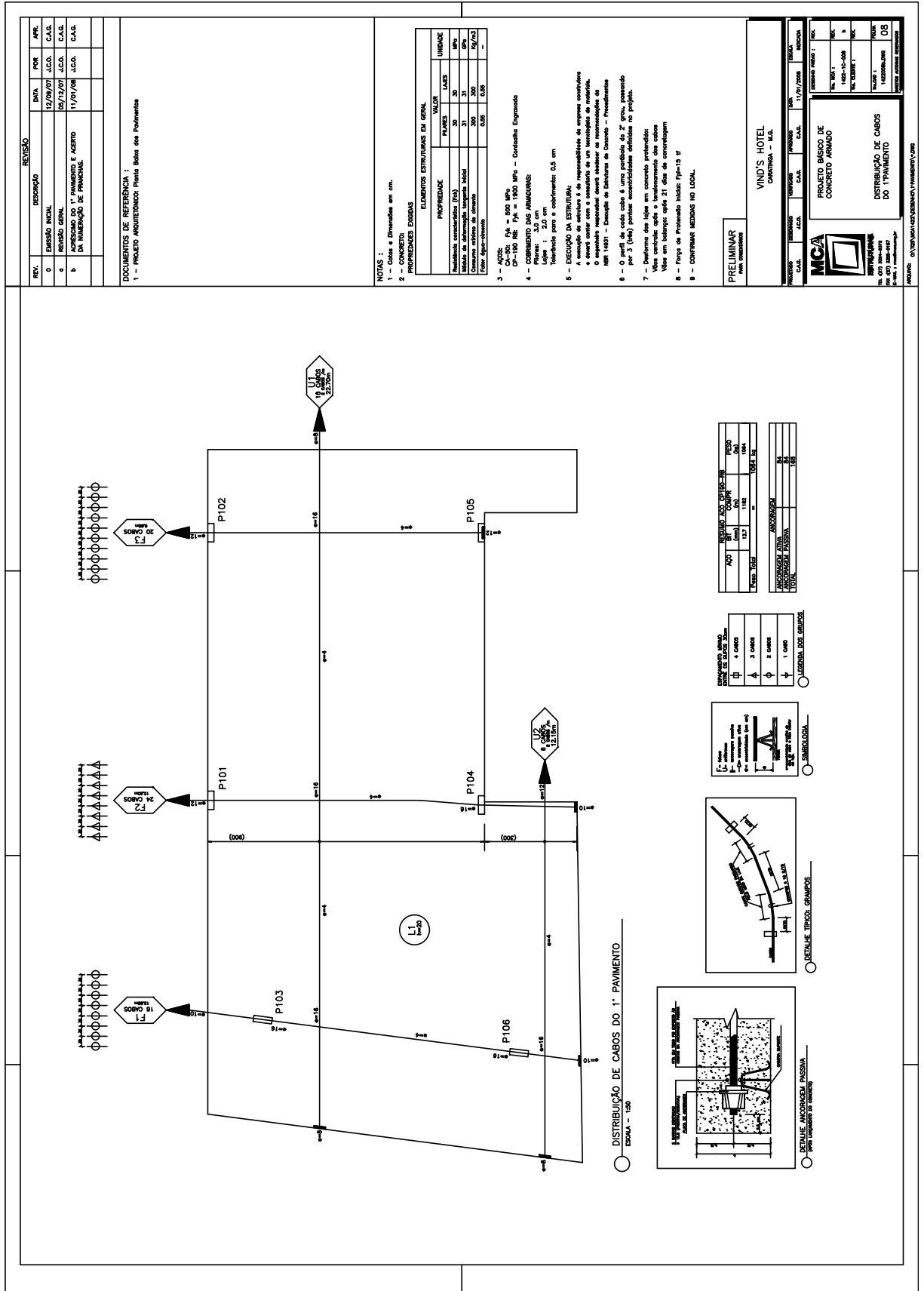


Figura 39: Planta de distribuição dos cabos - Cobertura (CP).

