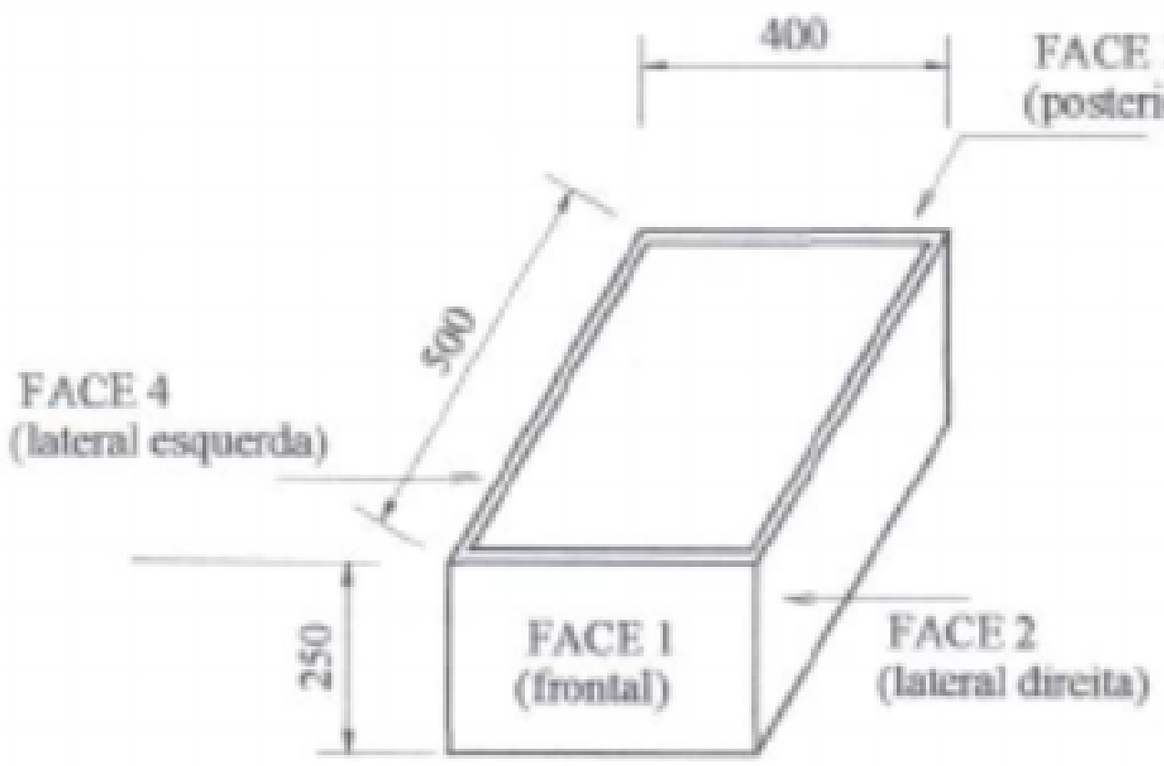
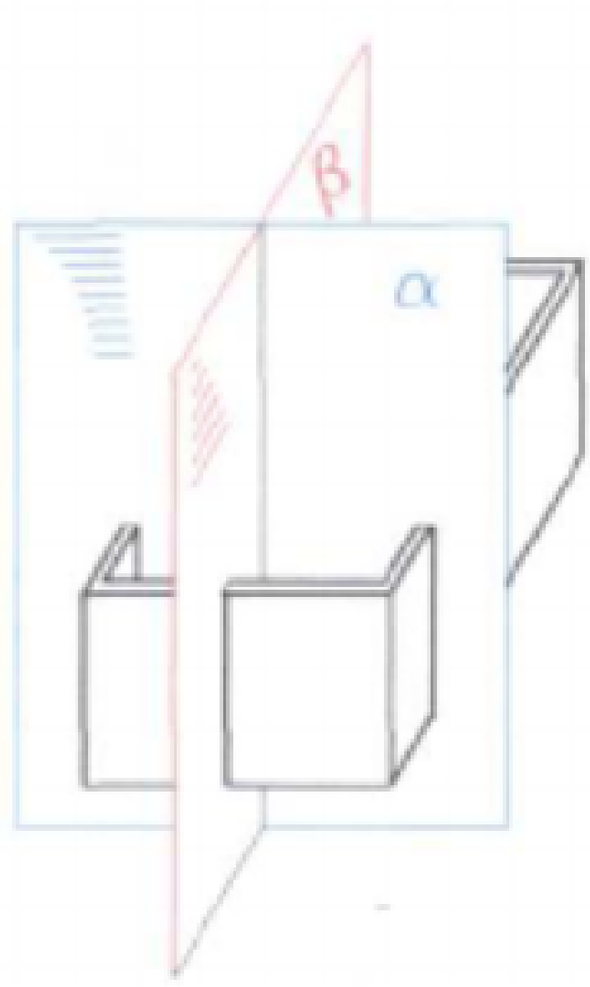
004
#livedonelso

PASSO A PASSO PARA CÁLCULO DE PISCINAS

Geometria

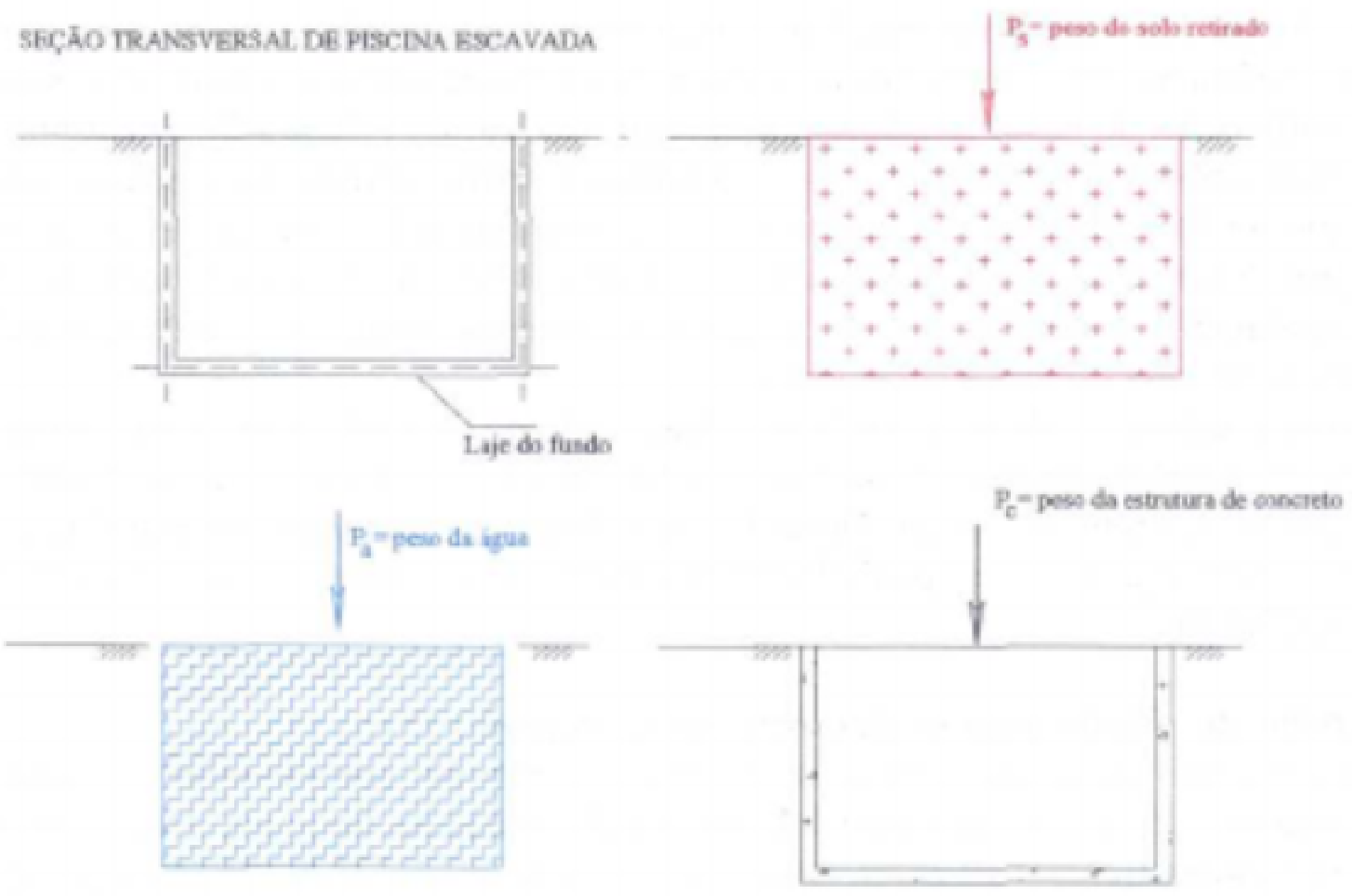
As piscinas de concreto, na maioria dos casos, são executadas enterradas no solo funcionam de maneira similares as caixas d'água. A figura abaixo mostra esquematicamente como seria constituída a estrutura de uma piscina de concreto com as diversas paredes laterais (faces) e a laje de fundo.



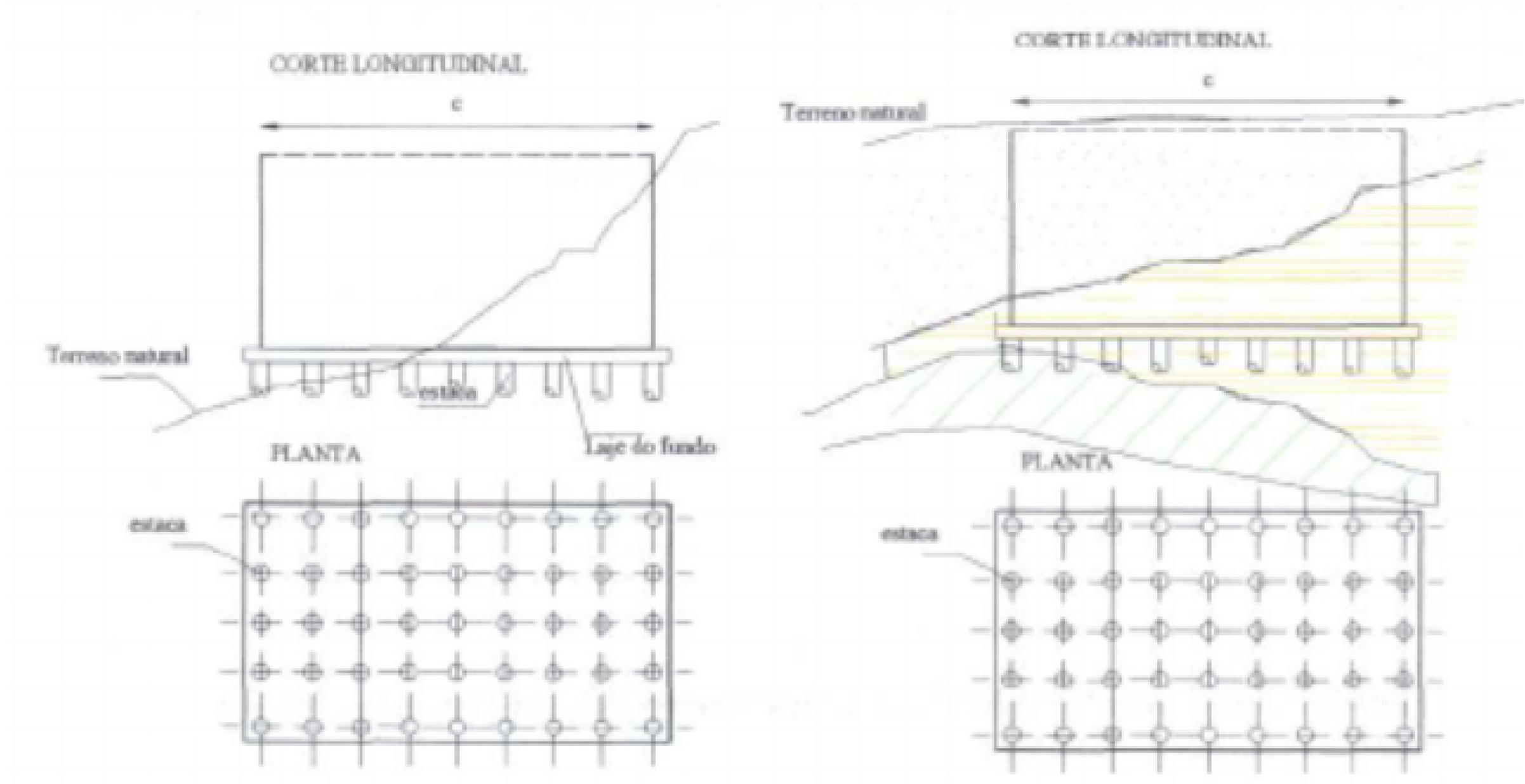


Do ponto de vista Geotécnico

Ao se fazer uma piscina a primeira decisão a se tomar é se a mesma pode serexecutada com fundação direta (superficial) ou não.



Na imagem acima temos a seção transversal da uma piscina enterrada e a representação dos pesos do: a) do solo retirado (Ps); b) da água da piscina (Pa) e c) da estrutura (Pc). Se Ps>Pa+Pc é possível usar fundação superficial em caso contrário deve-se avaliar a capacidade de suporte do solo.



Na figura acima são mostradas duas situações nas quais pode ser necessário o uso de fundações profundas.

No primeiro caso parte da piscina está em solo em aterro e em outra parte em corte podendo haver recalques diferenciais que causam fissuração na estrutura.

No segundo caso embora só exista corte há uma variação muito grande dos tipos de solos no fundo da piscina fazendo com que haja risco, ao se usar fundação superficial, da ocorrência de recalques. Neste caso também pode ser necessário o uso de estacas.

O uso de estacas encarece bastante a execução de uma piscina de concreto assim um cuidado estudo da localização da mesma sempre é necessário.

Quando se usa estacas pode-se considerar a laje de fundo apoiada diretamente nestas sem usar vigas. As paredes laterais por sua vez se engastam na laje de fundo transmitindo a ela normal, cortante e momento fletor.

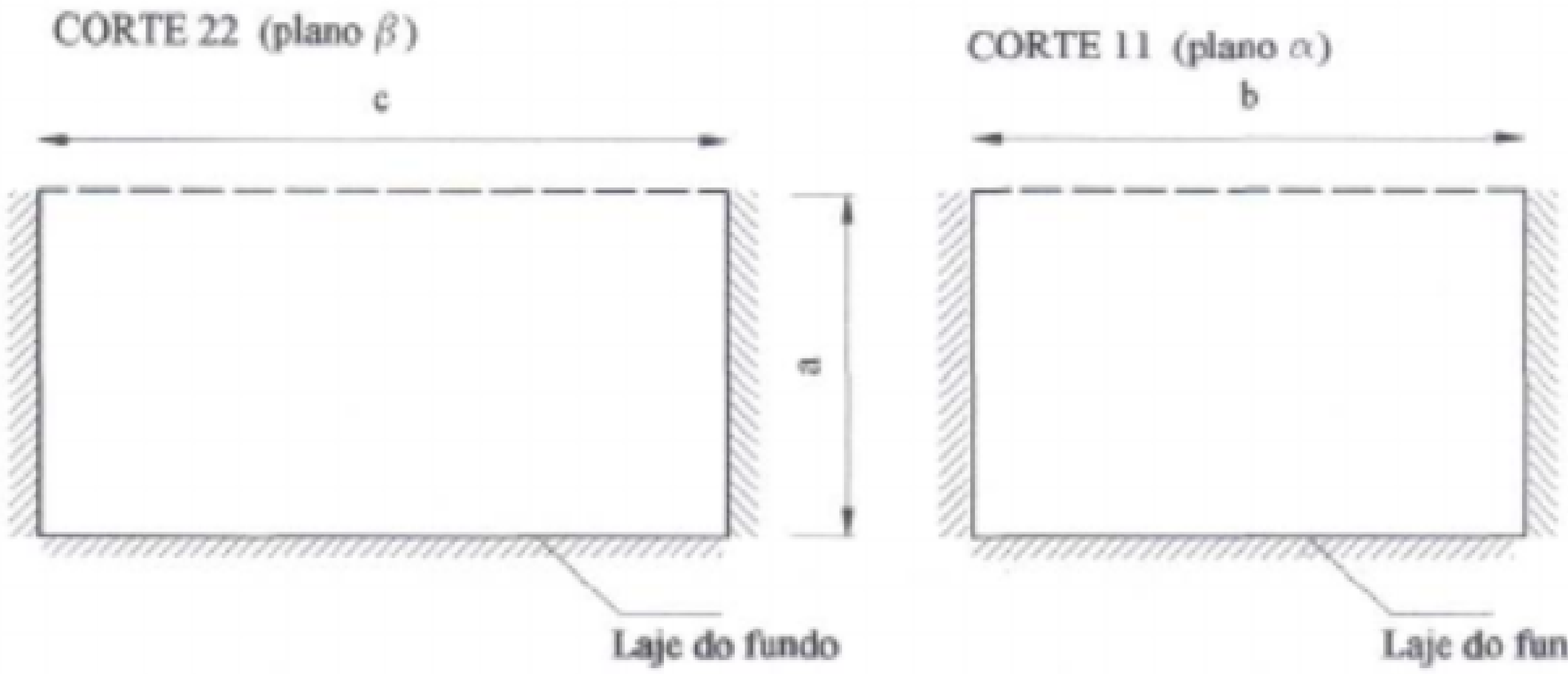
Modelo de cálculo

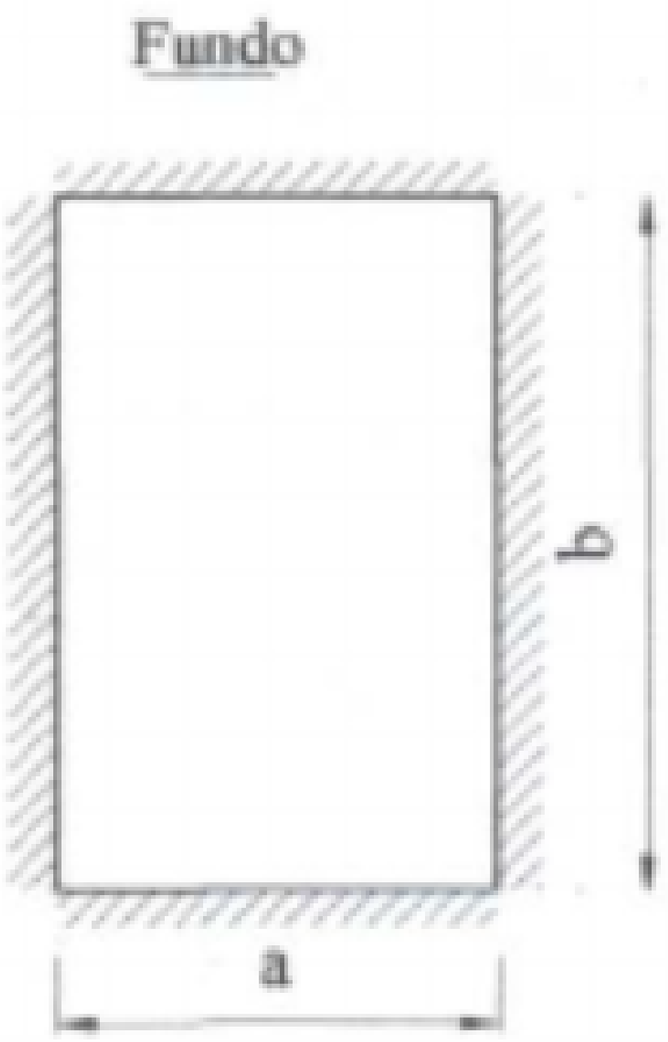
Assim como as caixas d'água as piscinas podem ser consideradas compostas de paredes (laterais e frontais) e laje de fundo.

As paredes em questão poderão ser consideradas com placas desde que a relação a/b e a/c estejam contidas no intervalo de 0,5 a 2.

Diferentemente das caixas d'água elevadas neste caso não se tem a laje que faz o papel da tampa e então as placas terão apenas 3 contornos com deslocamentos perpendiculares impedidos e uma borda livre (indicada pelo tracejado).

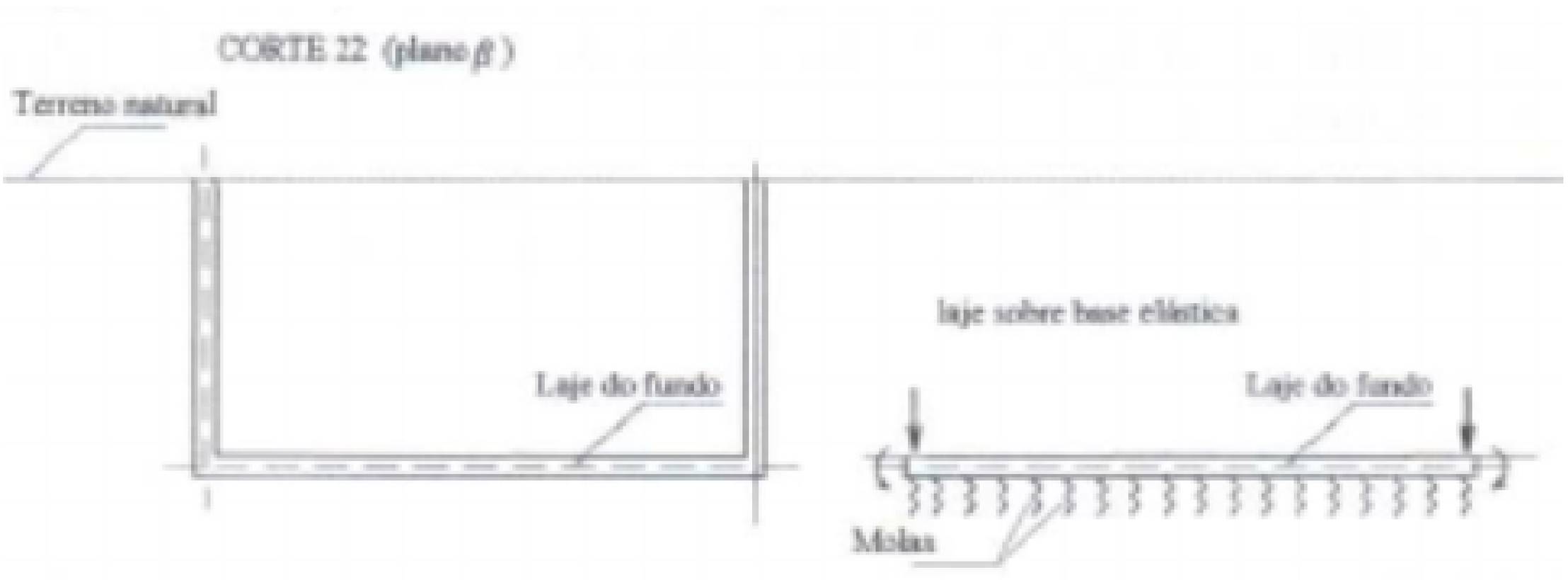
No caso da relação dos lados das placas ser maior que 2 ou inferior a 0,4 tem-se o comportamento de uma viga e portanto a parede pode ser considerada como uma haste engastada no fundo (laje inferior) e livre na outra extremidade(uma viga em balanço).





A laje de fundo trabalha apoiada no solo assim, funciona como uma placa (ou viga dependendo da relação entre os lados) sobre base elástica.

Na figura abaixo mostra-se o esquema que é usado para considerar tal placa com o solo sendo substituído por molas.



Ações atuantes na estrutura

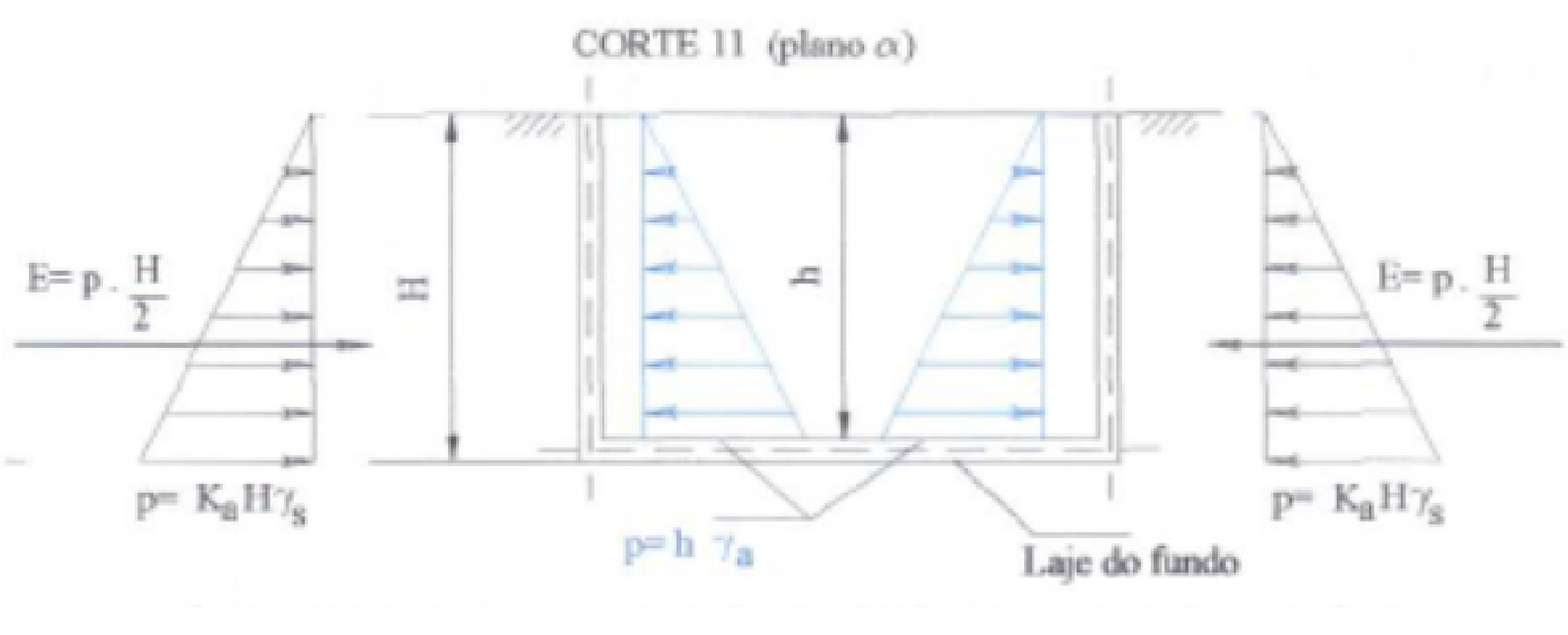
As ações a considerar na piscina são basicamente decorrentes das ações gravitacionais da água, da própria estrutura, dos empuxos horizontais da água e da terra e da reação do solo.

Nas paredes atuam os empuxos d'água e de terra como mostra a figura abaixo.

Neste caso convém considerar cada um deles atuando separadamente, ou seja, calcula-se a armadura necessária para o equilíbrio com a ação só da água e depois o mesmo para a ação só do solo.

Isto se justifica porque na construção é comum antes de aterrar os lados da piscina executar um prova de carga enchendo-a com água (como será visto na etapas construtivas) e posteriormente é comum depois de pronta, para efetuar limpeza da mesma deixá-la vazia (não por muito tempo como é justificado posteriormente).

Neste momento só haverá a atuação do empuxo horizontal da terra.

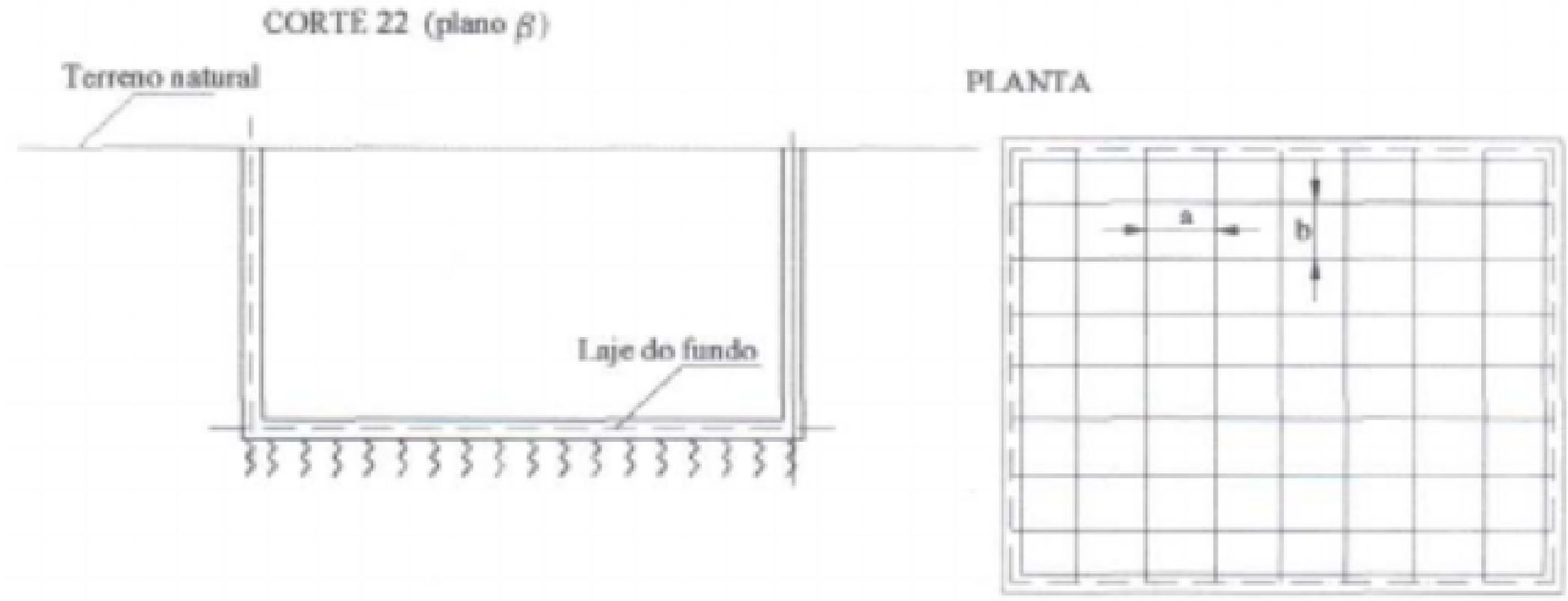


Em relação a laje do fundo como já foi escrito o funcionamento é de uma placa ou viga sobre base elástica e portanto as ações do peso próprio da água e da laje do fundo são anuladas praticamente pela reação do solo.

Restam assim as ações devido aos momentos transmitidos pelas paredes laterais e a ação do peso da parede como pode ser visto na figura abaixo em que o peso da parede foi considerado como uma reação uniforme no solo.

É bom notar que para efeito de verificação da tensão no solo todos os efeitos devem ser considerados, mas para efeito de solicitação da laje apenas os momentos e o peso da parede.

Para calcular os esforços internos da laje do fundo pode-se imaginar um trecho de um metro de largura apoiada sobre base elástica. Outro tipo de solução é empregar uma grelha equivalente (como indicado na figura abaixo) e considerar em cada nó uma mola na direção vertical com constante igual ao produto do coeficiente de recalque multiplica do pela área contida entre as barras da grelha, ou seja axb.

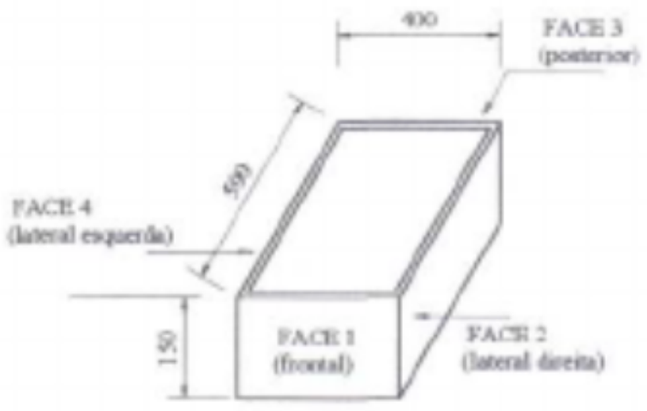


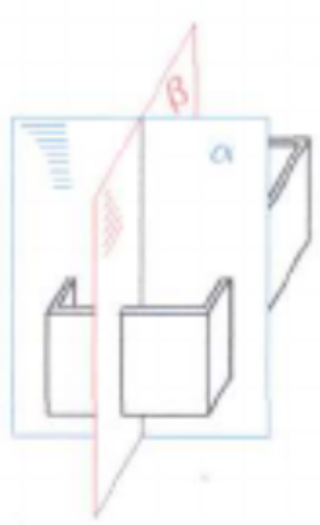
Na prática...

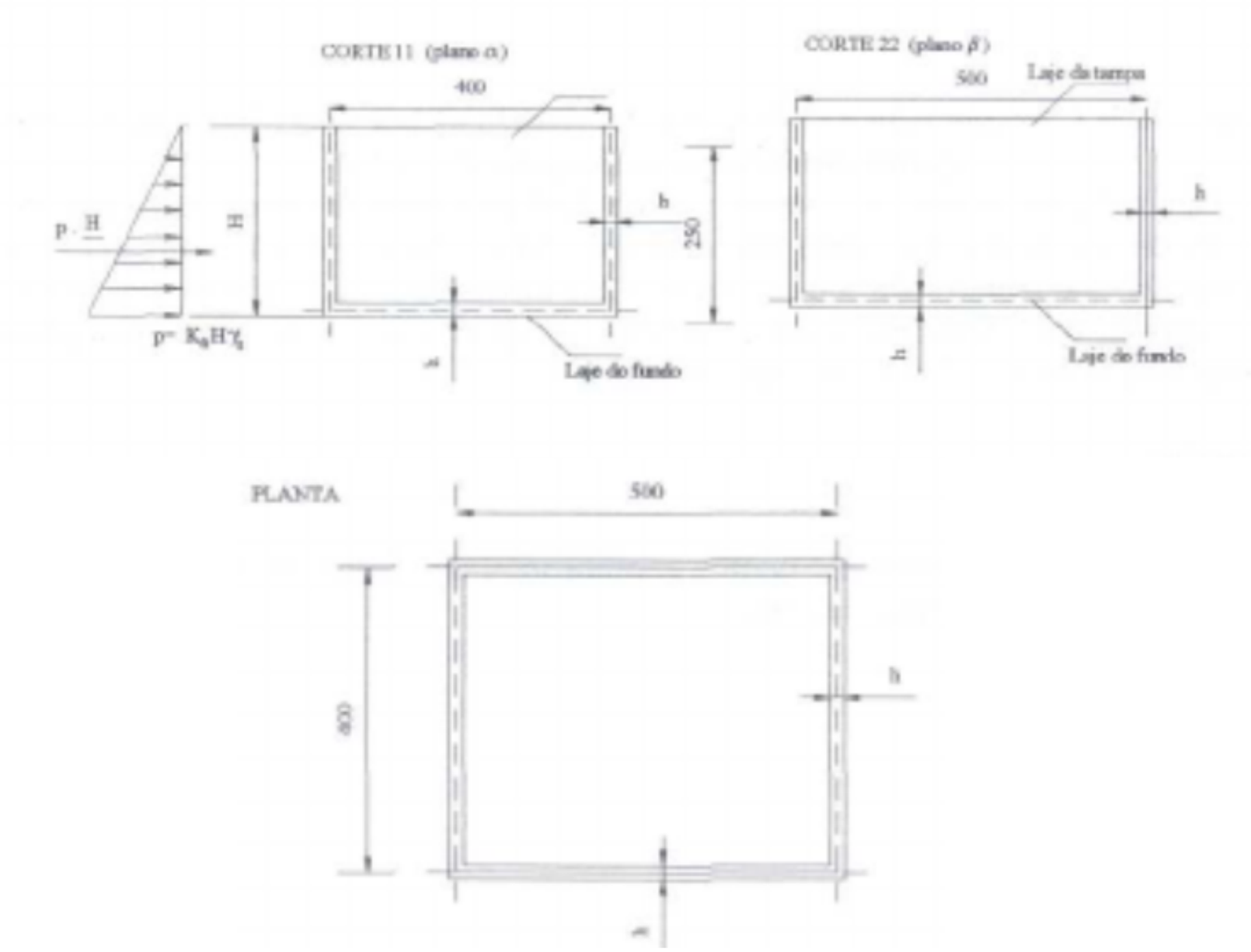
Calcular a piscina cujos elementos geométricos são dados na figura abaixo.

Considerar ainda como dados os seguintes valores:

Fck= 20 MPa
Cobrimento= 2,5 cm
Aço - CA50
Revestimento 5 kN/m²
Solo
Ys=1,8tf/m³
Ka=0,33







Como a relação entre os lados das paredes (5/1,5 e 4/1,5) são maiores que dois a parede pode ser calculada como uma viga em balanço. Os momentos devido a cada ação isolada são dados por:

Passo 01: Momento fletor devido ao esforço da água

M(água) = Ea x (H / 3)
Ea = γ x K x H x (H / 2) = 1000 x 1 x 1,5 x (1,5 / 2) = 1.125 kgf/m
M(água) = 1.125 x (1,5 / 3) = 562,5 kgf.m/m

Em que:
M(água) = momento fletor gerado pela carga da água
Ea = empuxo ativo
γ = densidade (água = 1000 kgf/m³)
K = empuxo ativo (água = 1)
H - altura

Passo 02: Momento fletor devido ao esforço da solo

M(solo) = Ea x (H / 3)
Ea = γ x K x H x (H / 2) = 1800 x 0,33 x 1,5 x (1,5 / 2) = 668,25 kgf/m
M(água) = 668,25 x (1,5 / 3) = 334,13 kgf.m/m

Em que:
M(solo) = momento fletor gerado pela carga da água
Ea = empuxo ativo
γ = densidade (água = 1800 kgf/m³)
K = empuxo ativo (solo = 1/3 = 0,33)
H - altura

Passo 03: Dimensionamento da armadura (parede)

Existem 3 possibilidades de combinação de carga em relação a parede:
1) Apenas atuar a carga do solo (piscina vazia)
2) Apenas atuar a carga da água (piscina cheia, sem aterro por fora)
3) Atuar a carga da água + solo (caso mais comum)

Vamos analisar cada um dos casos:
No caso da da piscina cheia e aterrada, os esforços se anulam, portanto, este não é o nosso pior caso.
Quando temos, ou solo, ou água atuando isoladamente, percebemos que o momento gerado pelo esforço do solo atuando contra a parede é menor do que o caso em que apenas a água atua.

Portanto vamos dimensionar a parede apenas para o esforço da água

Mk(água) = 562,5 kgf.m
Md(água) = 787,5 kgf.m = 7,875kN

Adotaremos a princípio a espessura da parede de 12cm.

$$KMD = \frac{M_d}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$A_s = \frac{M_d}{(KZ) \cdot d \cdot f_s}$$

Quadro 3.1 Valores para cálculo de armadura longitudinal de seções retangulares para concretos at
a classe C50.

KMD	KX	KZ	ε_c	ε_s
0,0100	0,0148	0,9941	0,1502	10,000
0,0200	0,0298	0,9881	0,3068	10,000
0,0300	0,0449	0,9820	0,4704	10,000
0,0400	0,0603	0,9759	0,6414	10,000
0,0500	0,0758	0,9697	0,8205	10,000
0,0550	0,0836	0,9665	0,9133	10,000
0,0600	0,0916	0,9634	1,0083	10,000
0,0650	0,0995	0,9602	1,1056	10,000
0,0700	0,1076	0,9570	1,2054	10,000
0,0750	0,1156	0,9537	1,3077	10,000
0,0800	0,1238	0,9505	1,4126	10,000
0,0850	0,1320	0,9472	1,5203	10,000
0,0900	0,1403	0,9439	1,6308	10,000
0,0950	0,1485	0,9406	1,7444	10,000
0,1000	0,1569	0,9372	1,8611	10,000
0,1050	0,1654	0,9339	1,9810	10,000
0,1100	0,1739	0,9305	2,1044	10,000
0,1150	0,1824	0,9270	2,2314	10,000
0,1200	0,1911	0,9236	2,3621	10,000
0,1250	0,1998	0,9201	2,4967	10,000
0,1300	0,2086	0,9166	2,6355	10,000
0,1350	0,2175	0,9130	2,7786	10,000
0,1400	0,2264	0,9094	2,9263	10,000
0,1450	0,2354	0,9058	3,0787	10,000
0,1500	0,2445	0,9022	3,2363	10,000
0,1550	0,2536	0,8985	3,3391	10,000
0,1600	0,2630	0,8948	3,5000	9,8104
0,1650	0,2723	0,8911	3,5000	9,3531
0,1700	0,2818	0,8873	3,5000	8,9222
0,1750	0,2913	0,8835	3,5000	8,5154
0,1800	0,3009	0,8796	3,5000	8,3106
0,1850	0,3106	0,8757	3,5000	7,7662
0,1900	0,3205	0,8718	3,5000	7,4204
0,1950	0,3305	0,8678	3,5000	7,0919
0,2000	0,3405	0,8638	3,5000	6,7793
0,2050	0,3506	0,8597	3,5000	6,4814
0,2100	0,3609	0,8556	3,5000	6,1971
0,2150	0,3714	0,8515	3,5000	5,9255
0,2200	0,3819	0,8473	3,5000	5,6658
0,2250	0,3925	0,8430	3,5000	5,4170
0,2300	0,4033	0,8387	3,5000	5,1785
0,2350	0,4143	0,8343	3,5000	4,9496
0,2400	0,4253	0,8299	3,5000	4,7297
0,2450	0,4365	0,8254	3,5000	4,5181
0,2500	0,4479	0,8208	3,5000	4,3144
0,2509	0,4500	0,8200	3,5000	4,2778

bw = 100cm
d = 12 - 2,5 - (6,3/10/2) = 9,185cm = 0,09185m

KMD = 7,875 / (1 x (0,09185²) x (20.000 / 1,4) = 0,06534

KZ = 0,9602

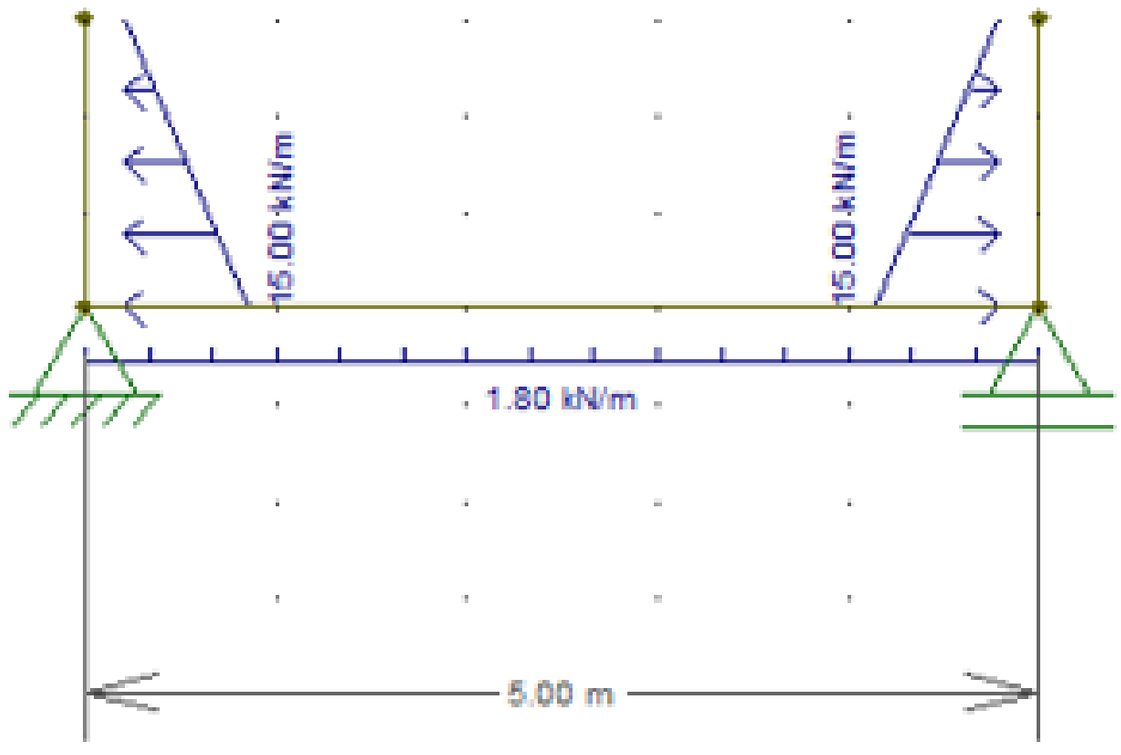
As = 7,875 / (0,9602 x 0,09185 x (50/1,15)) = 2,05cm²/m

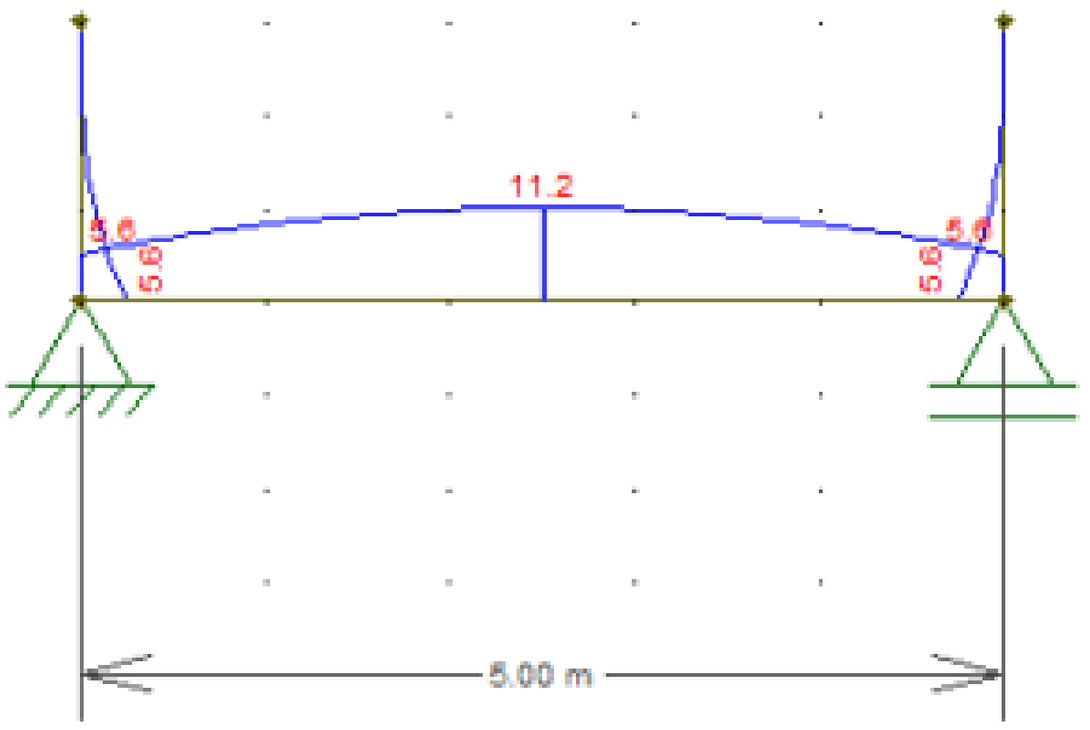
ϕ 6,3mm c/ 15cm

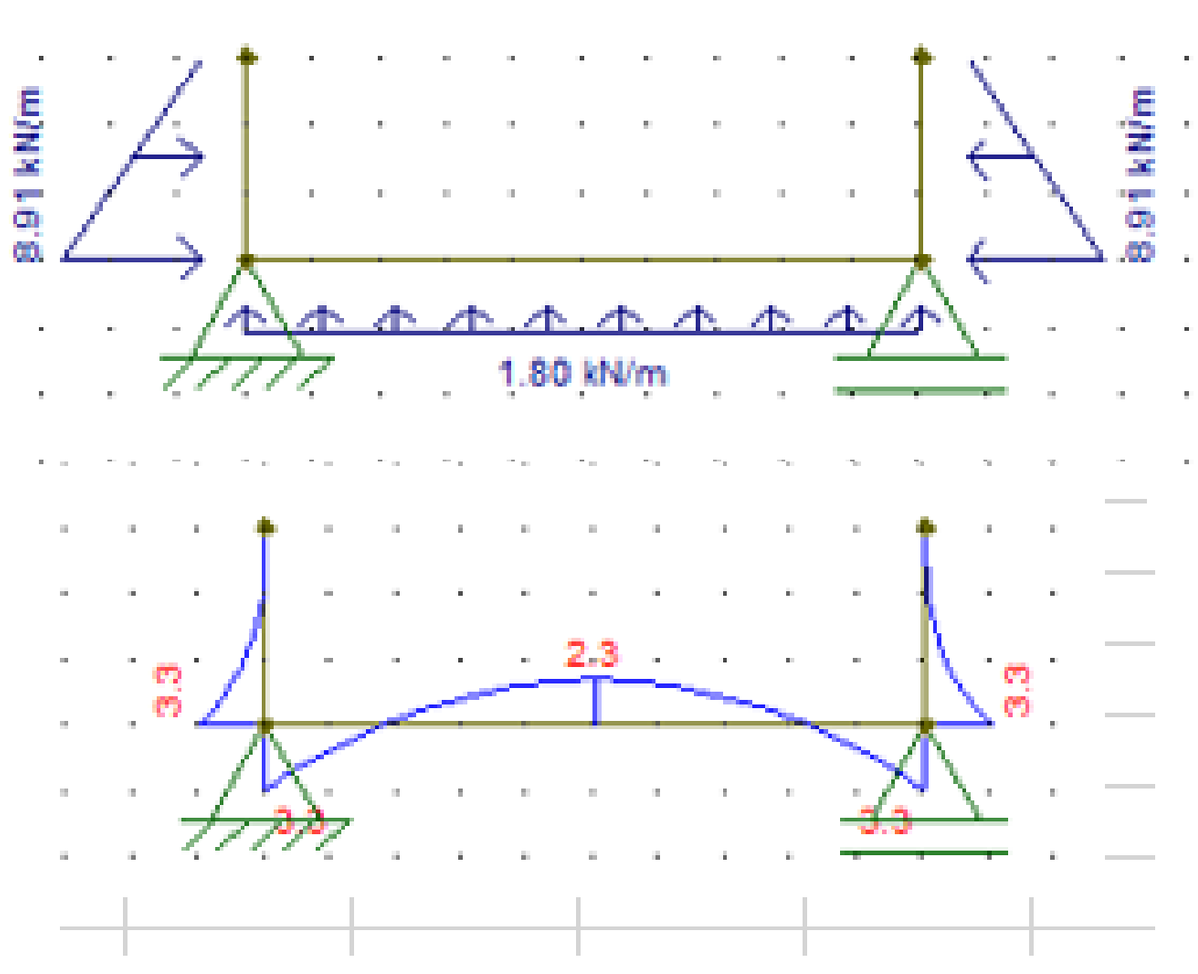
Passo 04: Dimensionamento da armadura (laje do fundo)

Laje de fundo engastada as paredes com três hipóteses principais:
1) Somente empuxo hidrostático da água atuando
2) Somente empuxo hidrostático do solo atuando
3) Atuando empuxo hidrostático tanto da água quanto do solo (não considerado)

Para a laje de fundo lançaremos no FTOOL.







Momento fletor máximo negativo = 11,2 kN.m / m
Md = 1,4 x 11,2 = 15,68 kN.m / m

KMD = 15,68 / (1 x (0,09185²) x (20.000 / 1,4) = 0,13

KZ = 0,9166

As = 15,68 / (0,9166 x 0,09185 x (50/1,15)) = 4,28cm²/m

ϕ 8,0mm c/ 10cm

Momento fletor máximo negativo = 3,3 kN.m / m
Md = 1,4 x 3,3 = 4,62 kN.m / m

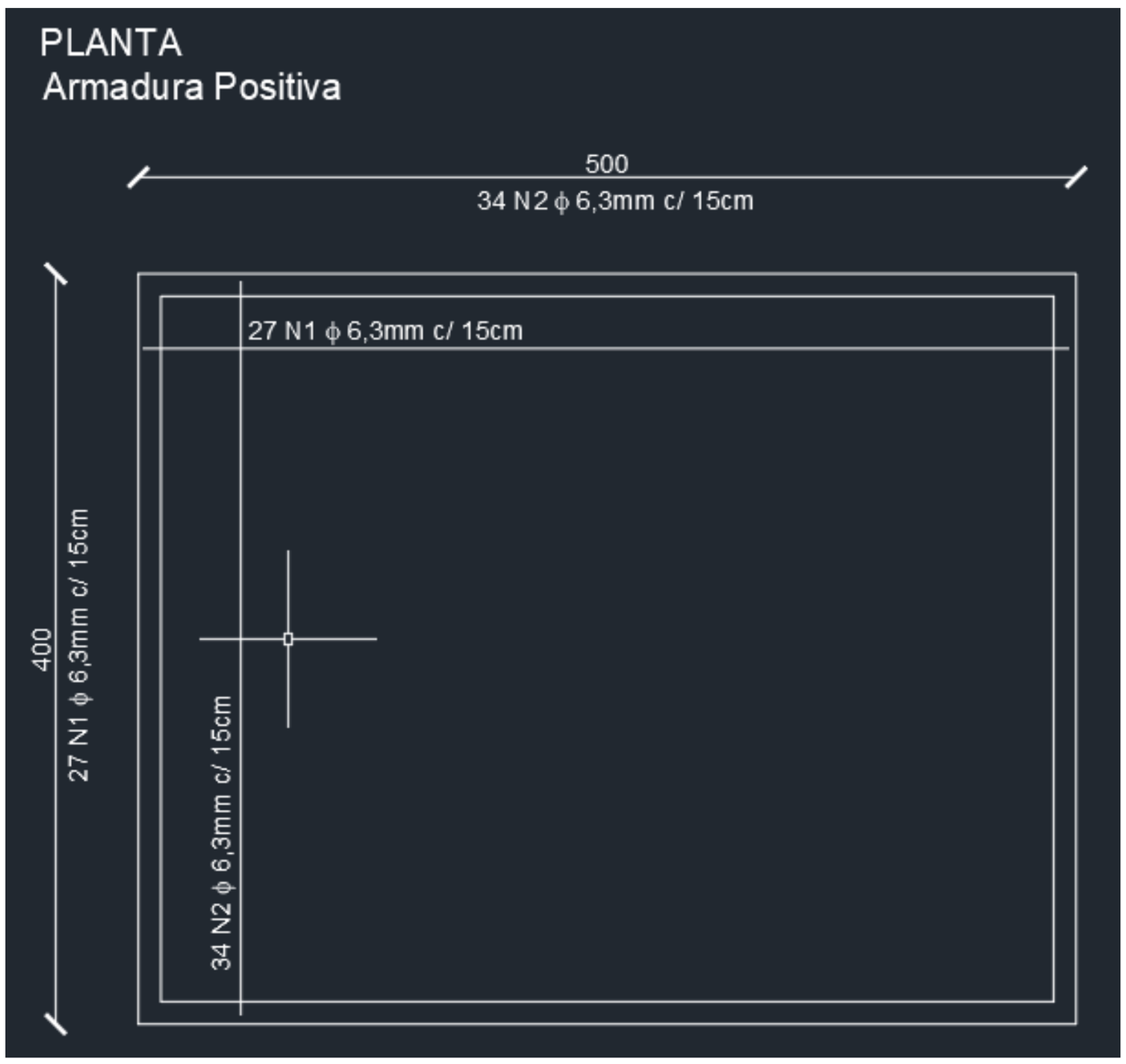
KMD = 4,62 / (1 x (0,09185²) x (20.000 / 1,4) = 0,038

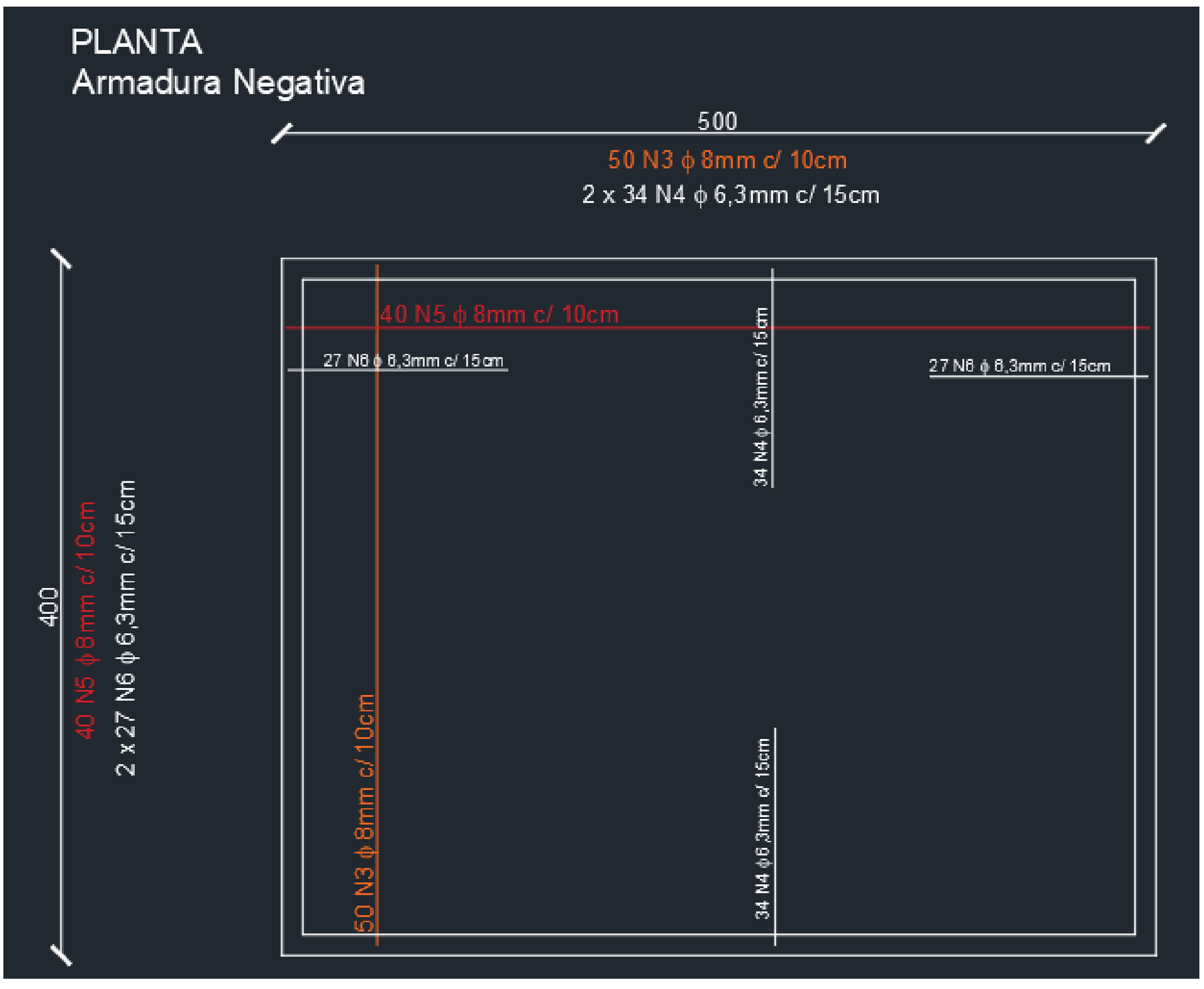
KZ = 0,9759

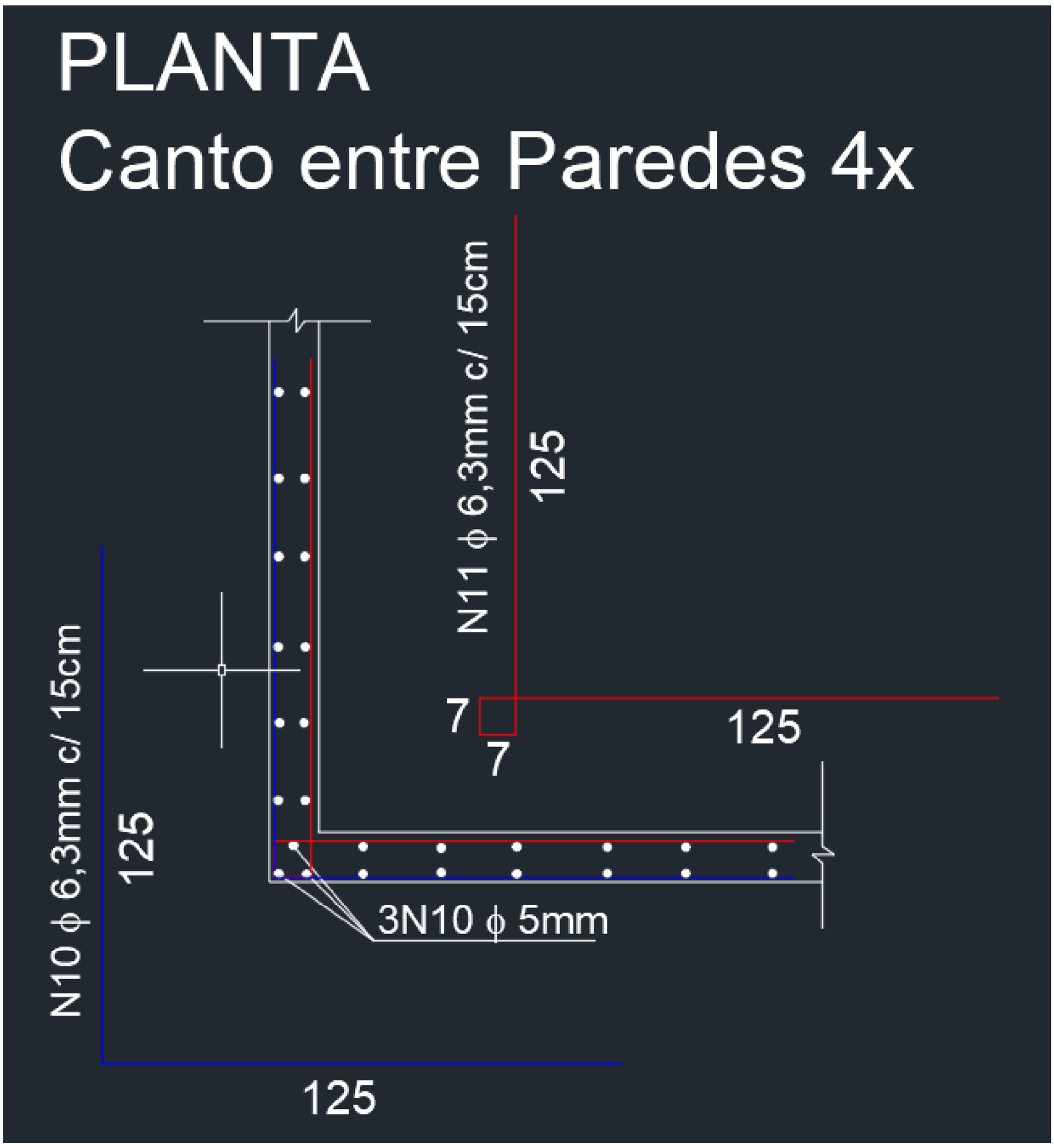
As = 4,62 / (0,9759 x 0,09185 x (50/1,15)) = 1,18cm²/m
As,mín = (0,15 / 100) x 100 x 12 = 1,8cm²/m

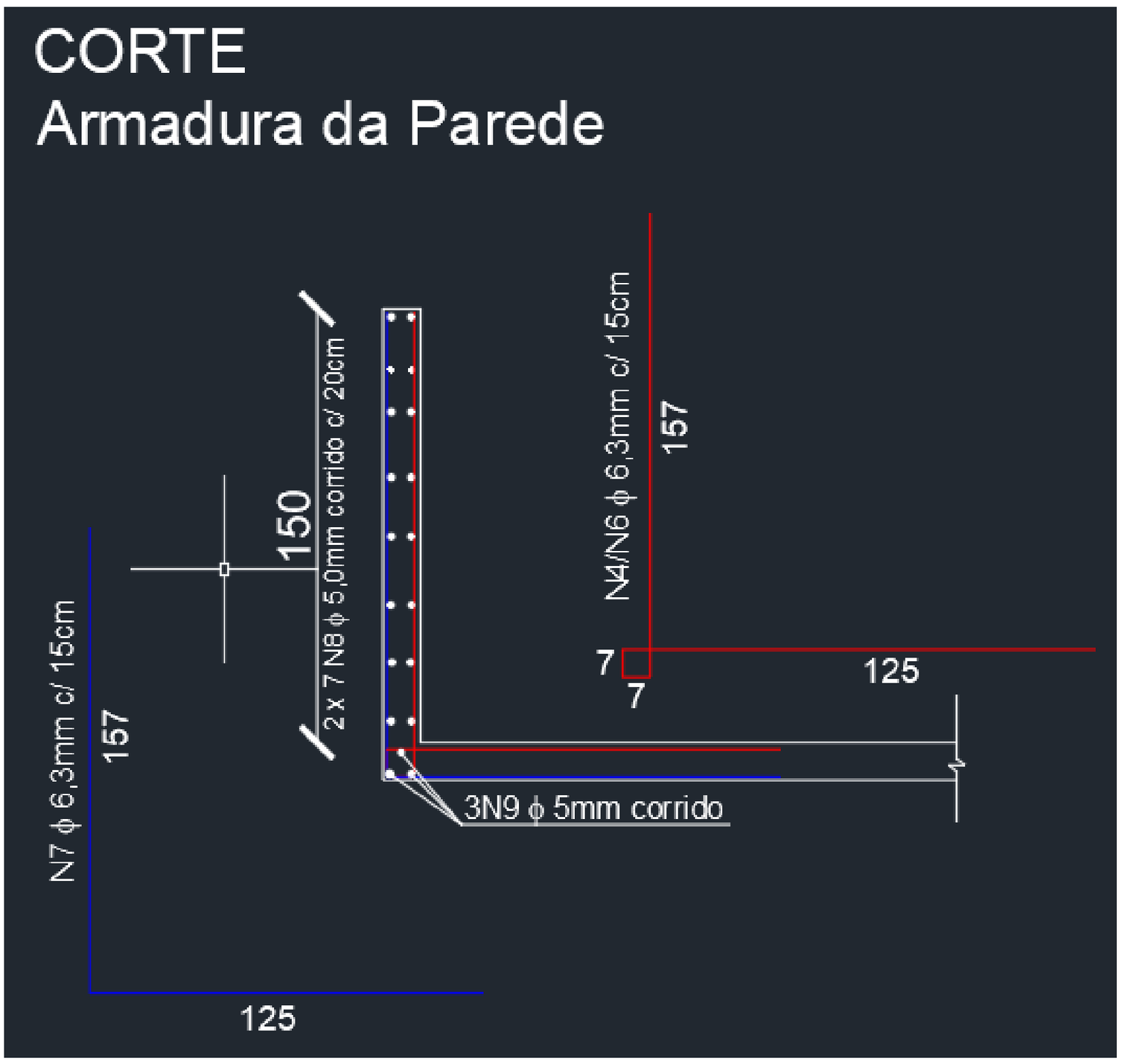
ϕ 6,3mm c/ 15cm (Adotado)

Passo 05: Detalhamento






PLANTA
Canto entre Paredes 4x
N11 ϕ 6,3mm c/ 15cm
125
7
7
125
N10 ϕ 6,3mm c/ 15cm
125
125
3N10 ϕ 5mm


CORTE
Armadura da Parede
N7 ϕ 6,3mm c/ 15cm
157
150
2 x 7 N8 ϕ 5,0mm corrido c/ 20cm
N4/N6 ϕ 6,3mm c/ 15cm
157
7
7
125
125
3N9 ϕ 5mm corrido

Referências

RESERVATÓRIOS PARALELEPIPEDICOS E PISCINAS - LIVRO 3 - ROBERTO CHUST CARVALHO / ANTÔNIO DE FARIA